

IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA
NAUKOWO-TECHNICZNA

TRANSPORT KOLEJOWY 2021

PRZESZŁOŚĆ
TERAŻNIEJSZOŚĆ
PRZYSZŁOŚĆ





NASZA MISJA

Kreowanie bezpiecznych i konkurencyjnych warunków świadczenia usług transportu kolejowego

NASZA WIZJA

Nowoczesny i otwarty urząd dbający o wysokie standardy wykonywania usług na rynku transportu kolejowego

Warszawa 2021
978-83-65709-64-6

Urząd Transportu Kolejowego
Al Jerozolimskie 134
02-305 Warszawa
www.utk.gov.pl

dr inż. Ignacy Góra
Prezes
Urzędu Transportu
Kolejowego



Szanowni Państwo,

rok 2021 jest rokiem szczególnym: decyzją Komisji Europejskiej został uznany Europejskim Rokiem Kolei. Wykształcone kadry to jeden z filarów bezpieczeństwa systemu kolejowego, dlatego dla Urzędu Transportu Kolejowego tak ważna jest promocja zawodów kolejowych i prac naukowych związanych z koleją.

Celem Konferencji naukowej organizowanej przez Urząd Transportu Kolejowego jest przede wszystkim popularyzowanie wiedzy na temat kolei wśród uczniów, studentów i doktorantów. Dla kilkudziesięciu uczestników była wyjątkową okazją na zaprezentowanie swoich referatów, badań i pomysłów.

Efektom Konferencji jest ta publikacja prezentująca zgłoszone referaty i prace. Dotyczą one różnych obszarów kolejnictwa: od zagadnień sterowania ruchem kolejowym z wykorzystaniem nowoczesnych systemów transmisyjnych (w tym ETCS i GSM-R), tematów związanych z taborem kolejowym od etapu projektowania i produkcji do eksploatacji, po problemy dostępności, zarówno infrastruktury, jak i pojazdów kolejowych. Duże zainteresowanie czwartą edycją konferencji Konferencją jest dowodem, że takie spotkania są potrzebne i mają sens. Udział w wydarzeniu zorganizowanym przez UTK pozwolił wszystkim spojrzeć na tematy związane z koleją z wielu perspektyw, umożliwił wymianę doświadczeń i prezentację dobrych praktyk kolejowych, a wykorzystana technologia wideokonferencji pozwoliła wszystkim zainteresowanym na bezpieczne uczestnictwo.

Do rozwoju kolei nie wystarczą dobre chęci czy dopływ funduszy europejskich. Potrzebni są ludzie, którzy będą tworzyć kolej nowoczesną i przyjazną klientom. Do tworzenia urządzeń poprawiających bezpieczeństwo i komfort podróżowania potrzebni są ludzie z wizją i pasją.

Dziękuję Komitetowi Programowemu i Komitetowi Naukowemu za zaangażowanie w przygotowanie i przeprowadzenie Konferencji. Życzę interesującej lektury oraz wielu twórczych inspiracji i już dziś zapraszam na kolejną edycję Konferencji naukowej Przeszłość – Teraźniejszość – Przyszłość.

Z poważaniem

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'I. Góra', written over a horizontal line.

OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWO – TECHNICZNA
TRANSPORT KOLEJOWY 2019
PRZESZŁOŚĆ – TERAŹNIEJSZOŚĆ - PRZYSZŁOŚĆ

KOMITET PROGRAMOWY

Kamil Wilde	Alicja Kozłowska
Małgorzata Kalata	Piotr Szczepaniak
Joanna Marcinkowska	Marcin Trela
Katarzyna Szadkowska	Grzegorz Prusik
Paweł Rafalski	Przemysław Skubisz
Krzysztof Kulka	Tomasz Frankowski
Piotr Combik	Gabriela Turczyńska
Karol Kłosowski	Krzysztof Plewa
Jan Siudecki	Maciej Kokot

KOMITET NAUKOWY

dr inż. Ignacy Góra - Prezes Urzędu Transportu Kolejowego
dr hab. Zbigniew Tucholski, prof. PAN - Polska Akademia Nauk, Przewodniczący
prof. dr hab. inż. Andrzej Chudzikiewicz - UTH w Radomiu
dr inż. Wojciech Gamon - Politechnika Śląska
dr hab. inż. Jerzy Wojciechowski, prof. UTH Rad. – UTH w Radomiu
dr inż. Marzena Graboń - Akademia WSB
dr hab. inż. Jakub Młyńczak, prof. P.Ś. - Politechnika Śląska
dr inż. Aleksander Drzewiecki - Koleje Śląskie
dr hab. inż. Grzegorz Zając, prof. P.K. - Politechnika Krakowska
dr inż. Paweł Rolek
dr inż. Zbigniew Kędra - Politechnika Gdańska
dr inż. Tomasz Kuminek - Urząd Transportu Kolejowego
dr inż. Andrzej Kochan - Politechnika Warszawska

SPIS TREŚCI

1. ABSTRAKTY	9
2. URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM NA STACJI DĘBLIN NA PRZESTRZENI LAT	10
3. PROCES REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ NA ZIEMIACH POLSKICH W II RP ORAZ OBECNIE	11
4. ROZWIĄZANIA ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DWORCACH KOLEJOWYCH, KTÓRYMI ZARZĄDZAJĄ POLSKIE KOLEJE PAŃSTWOWE S.A. 12	
5. ZASTOSOWANIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW RAMS ORAZ FMEA DO ANALIZY WPŁYWU ZDARZEŃ LOSOWYCH NA POJAZDY KOLEJOWE.....	13
6. POKAZAĆ KOMUNIKACJĘ PUBLICZNĄ WSZYSTKIM PASAŻEROM TO POKAZANIE JEJ W PIERWSZEJ KOLEJNOŚCI OSOBOM NIEWIDOMYM.....	14
7. TABOR PIĘTROWY, NIEWYKORZYSTANY POTENCJAŁ POLSKIEJ KOLEI.....	16
8. WYKORZYSTANIE METOD KOMPUTEROWYCH DO ZAPROJEKTOWANIA WYBRANEGO PODZESPOŁU W POJEŹDZIE SZYNOWYM	18
9. MAPA ZDARZEŃ KOLEJOWYCH W ROLI INNOWACYJNEGO PROJEKTU WSPOMAGAJĄCEGO SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM REGIONALNEGO PRZEWOŹNIKA KOLEJE ŚLĄSKIE SP. Z O.O.	20
10. NOWOCZESNE SYSTEMY TRANSMISYJNE W SRK, PRZYSZŁOŚĆ A TERAŹNIEJSZOŚĆ NA PODSTAWIE PORÓWNANIA I OPISU TECHNOLOGII MPLS-TP	21
11. MODELE POWIĄZAŃ KOMPUTEROWYCH STACYJNYCH URZĄDZEŃ SRK Z PÓLSAMOCZYNNYMI I SAMOCZYNNYMI BLOKADAMI LINIOWYMI.....	23
12. KONCEPCJA SCENTRALIZOWANEGO LEU W SYSTEMIE ERTMS/ETCS POZIOM 1	25
13. ROZBUDOWA KOLEJOWYCH REJONÓW PRZEŁADUNKOWYCH JAKO POTRZEBA GOSPODARCZA ORAZ WSPÓŁCZESNE WIELOBRANŻOWE WYZWANIE PROJEKTOWE	26
14. URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI.....	28

15. ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ.....	29
16. ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH.....	30
17. PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE.....	31
18. PRZESZŁOŚĆ, TERAŹNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ KOLEI NA PODSTAWIE HISTORII I PLANÓW DOTYCZĄCYCH LINII KOLEJOWEJ NR 97 SKAWINA - ŻYWIEC.....	32
19. ROLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO W OBSŁUDZE PORTÓW LOTNICZYCH W POLSCE.....	34
20. REFERATY.....	35
21. ZMIANY URZĄDZEŃ SRK NA STACJI DĘBLIN NA PRZESTRZENI LAT.....	36
22. PROCES REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ NA ZIEMIACH POLSKICH W II RP ORAZ OBECNIE.....	40
23. ROZWIĄZANIA ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DWORCACH KOLEJOWYCH, KTÓRYMI ZARZĄDZAJĄ POLSKIE KOLEJE PAŃSTWOWE S.A.	56
24. ZASTOSOWANIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW RAMS ORAZ FMEA DO ANALIZY WPŁYWU ZDARZEŃ LOSOWYCH NA POJAZDY KOLEJOWE.....	68
25. POKAZAĆ KOMUNIKACJĘ PUBLICZNĄ WSZYSTKIM PASAŻEROM TO POKAZANIE JEJ W PIERWSZEJ KOLEJNOŚCI OSOBOM NIEWIDOMYM.....	83
26. TABOR PIĘTROWY JAKO NIEWYKORZYSTANY POTENCJAŁ POLSKICH KOLEI.....	97
27. WYKORZYSTANIE METOD KOMPUTEROWYCH DO ZAPROJEKTOWANIA WYBRANEGO PODZESPOŁU W POJEŹDZIE SZYNOWYM.....	107
28. MAPA ZDARZEŃ KOLEJOWYCH W ROLI INNOWACYJNEGO PROJEKTU WSPOMAGAJĄCEGO SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM REGIONALNEGO PRZEWOŹNIKA KOLEJE ŚLĄSKIE SP. Z O.O.	122
29. NOWOCZESNE SYSTEMY TRANSMISYJNE W SRK, PRZYSZŁOŚĆ A TERAŹNIEJSZOŚĆ NA PODSTAWIE PORÓWNANIA I OPISU TECHNOLOGII MPLS-TP.....	135

30. MODELE POWIĄZAŃ KOMPUTEROWYCH STACYJNYCH URZĄDZEŃ SRK Z PÓLSAMOCZYNNYMI I SAMOCZYNNYMI BLOKADAMI LINIOWYMI.....	155
31. KONCEPCJA SCENTRALIZOWANEGO LEU W SYSTEMIE ERTMS/ETCS POZIOM 1	182
32. ROZBUDOWA KOLEJOWYCH REJONÓW PRZEŁADUNKOWYCH JAKO POTRZEBA GOSPODARCZA ORAZ WSPÓŁCZESNE WIELOBRANŻOWE WYZWANIE PROJEKTOWE	191
33. URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI 210	
34. ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	222
35. ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH.....	231
36. PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE.....	250
37. PLAKATY	254
38. URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI	255
39. ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ	257
40. ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH.....	259
41. PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE.....	262
42. PRZESZŁOŚĆ, TERAŻNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ KOLEI NA PODSTAWIE HISTORII I PLANÓW DOTYCZĄCYCH LINII KOLEJOWEJ NR 97 SKAWINA - ŻYWIEC.....	264
43. ROLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO W OBSŁUDZE PORTÓW LOTNICZYCH W POLSCE	266





ABSTRAKTY

URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM NA STACJI DĘBLIN NA PRZESTRZENI LAT

Damian Pliwka, Emilia Stelliga

Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. Gen. F. Kleeberga w Dęblinie

Stacja kolejowa Dęblin została otwarta prawie 150 lat temu jako część Drogi Żelaznej Nadwiślańskiej łączącej najważniejsze rosyjskie twierdze na terenie Królestwa Polskiego z twierdzami na Wołyniu. W czasach współczesnych jako stacja węzłowa stała się ważnym elementem polskiej sieci kolejowej, a w ostatnich latach przeszła gruntowną modernizację. Najważniejsza zmiana dotyczy utworzenia Lokalnego Centrum Sterowania – jednego z trzech obok Lublina i Pilawy nadzorujących w czasie rzeczywistym ruch na linii Warszawa-Lublin. Jest to kolejny etap ewolucji systemów sterowania ruchem kolejowym.

Stosowane jeszcze w latach dziewięćdziesiątych mechaniczne kluczowe urządzenia SRK zostały z czasem zastąpione scentralizowanymi i przekaźnikowymi, wykorzystywanymi do roku 2019. Uruchomienie LCS Dęblin oznacza natomiast wprowadzenie do eksploatacji jeszcze bardziej nowoczesnych komputerowych systemów sterowania ruchem, wspomaganych przez systemy sterowania urządzeniami dodatkowymi. Wpłyne to na ilość nastawni i poziom zatrudnienia, w znaczący sposób zmienią się także sposoby diagnostyki urządzeń, formy telekomunikacji oraz typy napędów i liczników osi.

Wszystkie te zmiany gwarantują zapewnienie bezpieczeństwa podróżnych na najwyższym, przewidywanym przez przepisy polskie i unijne poziomie oraz umożliwią zmniejszenie kosztów eksploatacji linii i zwiększenie komfortu pracy pracowników PLK.



PROCES REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ NA ZIEMIACH POLSKICH W II RP ORAZ OBECNIE

mgr inż. Filip Janowiec

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Lądowej

Budowa linii kolejowych wiąże się z szeregiem czynności administracyjnych, technicznych oraz logistycznych. Od ich prawidłowego przebiegu, a także wykonania w założonym czasie i przy określonych środkach finansowych, uzależnione jest powodzenie całej inwestycji. W niniejszym referacie zostaną scharakteryzowane najważniejsze etapy budowlanego procesu inwestycyjnego w kontekście budowy linii kolejowych (dróg żelaznych) na ziemiach polskich. Uwaga zostanie skupiona na uwarunkowaniach polityczno-ekonomicznych panujących w latach 20-tych XX wieku (po odzyskaniu przez Polskę niepodległości) oraz obecnej sytuacji w kraju.

Zakres prac budowlanych, związanych z odbudową, zniszczonych podczas wojny, linii kolejowych, a także odważne planowanie nowych inwestycji infrastrukturalnych w latach 20-tych XX wieku można porównać z zakresem obecnie zakreślonych działań w Polsce w ramach programów inwestycyjnych: m.in. „Krajowym Programem Kolejowym do roku 2023” lub projektów kolejowych związanych z budową Centralnego Portu Komunikacyjnego. Jednym z kluczowych czynników prawidłowego wykonania państwowych oraz prywatnych linii kolejowych (II RP) oraz bieżących przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej zależy od należytego zrozumienia obowiązujących procedur administracyjnych, wymogów techniczno-ekonomicznych, a także sprawnego zarządzania i utrzymywania wybudowanych linii.

Celem referatu jest porównanie dwóch, odmiennych, sytuacji panujących na ziemiach polskich wraz z analizą uwarunkowań mających wpływ na prawidłową realizację robót budowlanych, jak i funkcjonowanie kolei. Poczynione obserwacje z zrealizowanych inwestycji kolejowych w II RP mogą posłużyć jako zalecenia do planowanych, a także trwających, inwestycji w ramach narodowych programów kolejowych, pozwalające na zminimalizowanie potencjalnych błędów podczas budowy lub modernizacji linii kolejowych w Polsce.

ROZWIĄZANIA ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DWORCACH KOLEJOWYCH, KTÓRYMI ZARZĄDZAJĄ POLSKIE KOLEJE PAŃSTWOWE S.A.

mgr Ewa Wójcik
Akademia WSB

Zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w przestrzeni publicznej, to jedno z priorytetowych współczesnych wyzwań dla wielu podmiotów państwowych i poza państwowych zajmujących się bezpieczeństwem i porządkiem publicznym. Do takiej przestrzeni publicznej należą m.in. dworce kolejowe. Liczba osób korzystających z przestrzeni dworcowej stale zwiększa się (z wyłączeniem okresu stanu epidemii COVID-19). Przede wszystkim na dworcu pasażer rozpoczyna podróż oraz ją kończy. Jednak na dworcach kolejowych przebywają nie tylko podróżni. Współczesne dworce łączone są z zaleriami handlowymi oraz innymi usługami. Powoduje to, że wymagają one bieżącego monitorowania i skutecznego reagowania na zagrożenia pojawiające się w przestrzeni dworcowej.

Przedmiotem referatu jest analiza i ocena rozwiązań organizacyjnych oraz systemów zabezpieczenia technicznego mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa na dworcach kolejowych zarządzanych przez Polskie Koleje Państwowe S.A. Bezpieczeństwo to dotyczy pasażerów oraz innych osób przebywających na dworcach, a także infrastruktury kolejowej. Wiodącą rolę w zapewnieniu tego bezpieczeństwa pełni Biuro Bezpieczeństwa PKP S.A., w którego strukturze funkcjonuje Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych PKP S.A. (CBDK), które całodobowo monitoruje zagrożenia na wszystkich zarządzanych dworcach kolejowych. Natomiast do wykorzystywanych przez nie systemów należą m.in.: system monitoringu wizyjnego (CCTV), system kontroli dostępu (SKD), system sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN), system monitorowania promieniowania jonizującego (sondy dozymetryczne). Analiza i ocena rozwiązań organizacyjnych oraz systemów zabezpieczenia technicznego mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa na dworcach kolejowych prowadzona jest na przykładzie zdarzeń i zagrożeń, które miały miejsce na przestrzeni ostatnich lat w Polsce. Na przykład w 2020 roku zanotowano:

Awarie techniczne, uszkodzenia infrastruktury dworca	Celowe dewastacje	Inne sytuacje nadzwyczajne	Zagrożenia terrorystyczne	Pozostawione bagaże, pakunki bez opieki	Zgony	Zdarzenia pożarowe	Udzielenie pomocy medycznej	Ujawnione przestępstwa i wykroczenia	Ćwiczenia	Suma
868	60	545	4	791	18	143	1 043	105	4	3 581

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW RAMS ORAZ FMEA DO ANALIZY WPŁYWU ZDARZEŃ LOSOWYCH NA POJAZDY KOLEJOWE

Inż. Kornelia Kufeld

Politechnika Śląska

Głównym przeznaczeniem wskaźników RAMS jest badanie niezawodności, dostępności, podatności na utrzymanie oraz bezpieczeństwa pojazdu kolejowego. Bierze się pod uwagę wszystkie możliwe usterki pojazdu, poza tymi wynikającymi z przyczyn losowych. Ma to swoje uzasadnienie – analizujemy pojazd jako system, na który mamy wpływ. Jeśli analiza RAMS czy też FMEA wykaże konieczność poprawy jakiegoś aspektu, można to zrobić „od ręki”. Zdarzenia losowe mają, choć wykraczają poza zakres tak ujętego systemu, znaczący wpływ na pojazd i obniżają wszystkie jego wskaźniki. Nie powinny być zatem pomijane, szczególnie, że kolej to system naczyń połączonych, w którym wszystkie elementy oddziałują na siebie nawzajem. Należy się im przyjrzeć, stosując odpowiednią metodykę.

Poniższy referat będzie prezentacją wniosków płynących z projektu inżynierskiego autorki, w którym to przedstawiono analizę uszkodzeń losowych grupy dziesięciu lokomotyw za pomocą dostosowanej do tego celu metodyki RAMS i FMEA. Wykazano, że wykorzystanie tych narzędzi w celu analizy uszkodzeń losowych może prowadzić do konstruktywnych wniosków, a co za tym idzie, do poprawy dostępności i bezpieczeństwa taboru w przyszłości.

POKAZAĆ KOMUNIKACJĘ PUBLICZNĄ WSZYSTKIM PASAŻEROM TO POKAZANIE JEJ W PIERWSZEJ KOLEJNOŚCI OSOBOM NIEWIDOMYM

Piotr Jeremicz

Politechnika Warszawska Wydział Transportu

Mimo obecnych zmian jakie zachodzą w społeczeństwie transport szynowy nadal funkcjonuje. Kolejni pasażerowie, zmęczeni monotonią przebywania w jednym miejscu, decydują się na podróże do pracy, rodziny bądź na krótkie wakacje. Mimo spadków, jakie można było zanotować w zeszłym roku, nasze wymagania związane z punktualnością i dokładnością informacji pasażerskiej nie zmieniły się. Nadal, podczas planowania podróży szukamy rozkładów jazdy, a gdy udamy się już w stronę peronu kolejowego chcemy wiedzieć czy nie spędzimy na nim zbyt wiele czasu.

Informacja pasażerska jest istotnym elementem świadczenia usług transportowych jakim jest przewóz osób. Dostępna informacja pasażerska to taka, z której pasażer może skorzystać niemal w dowolnym momencie. Nawet gdy wymaga asysty ze strony syntezatora głosowego, który przeczyta informacje znajdujące się na ekranie. Dostępność danych jest zagadnieniem związanym z szerszym pojęciem niż tylko możliwość znalezienia rozkładu jazdy. Dostępność to możliwość skorzystania z danej usługi przez wszystkie osoby, a szczególnie te, które posiadają szczególne potrzeby w transporcie publicznym.

Będąc twórcą aplikacji mobilnej, obsługującej system informacji pasażerskiej Warszawskiego Transportu Publicznego, zaimplementowałem funkcję asystenta głosowego Voice Over, który informuje osoby niewidome o najbliższych przystankach, rozkładzie jazdy bądź utrudnieniach na konkretnej linii. Wszystkie te dane zostały udostępnione przez ZTM oraz M. St. Warszawa w celu propagowania nurtu jakim są otwarte dane w sieci.

Referat, który pragnę wygłosić zaprezentuje źródło motywacji do zaimplementowania funkcji dostępności. Pokaże drogę jaką przeszedłem przez ostatnie miesiące i wytłumaczy czym są narzędzia dostępności zaimplementowane na urządzeniach mobilnych. Te wszystkie zagadnienia przedstawiają dowody potwierdzające tezę, że dostęp do danych w ramach tworzenia Systemu Dynamicznej Informacji Pasażerskiej, jest istotnym elementem każdego systemu transportowego.

Brak odpowiednich danych ogranicza rozwój informacji pasażerskiej, a te dane są potrzebne, aby twórcy mogli pokazywać pasażerom to co oni pragną zobaczyć.

TABOR PIĘTROWY, NIEWYKORZYSTANY POTENCJAŁ POLSKIEJ KOLEI

Paweł Gajos, Michał Knefel

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

Wagony piętrowe w Polsce są obecnie eksploatowane w bardzo małej ilości. Obecnie wykorzystuje je dwóch przewoźników: Koleje Mazowieckie i Polregio. Pierwszy z nich korzysta z nowoczesnego taboru piętrowego zbudowanego przez firmy PESA Bydgoszcz oraz Bombardier Transportation. Natomiast spółka Polregio eksploatuje starsze konstrukcje wykonane przez firmę VEB Waggonbau Görlitz. Wagony o oznaczeniu Bdhpumn są obecnie wyłączone ze służby głównie ze względu na przestarzałą konstrukcję oraz ze względu na przejęcie połączeń między regionalnych przez spółkę PKP Intercity. Do niedawna na szlakach kolejowych można było też spotkać zespoły wagonowe typu Bipa tego samego producenta, który produkował je w latach 60-tych XX wieku. Obecnie nie są one eksploatowane ze względu na ich wiek.

Polskie przedsiębiorstwa ciągle odczuwają skutki kryzysu ekonomicznego oraz zaległości inwestycyjnych w nowy tabor sprzed ponad 20 lat. Aktualnie, na odbudowę przez przewoźników swoich parków taborowych, inwestuje się duże nakłady na zakup tradycyjnych pojazdów typu EZT oraz SZT, a także hybrydowych zespołów trakcyjnych. Przewoźnicy chętnie inwestują środki w modernizację swojego parku taborowego w celu poprawienia parametrów jazdy pojazdów oraz zwiększenie komfortu podróżnych. Jednak pomimo zalet jakie oferują piętrowe zestawy wagonów, czy to w systemie „push-pull” z wagonem sterującym, czy w postaci pojedynczych wagonów, a nawet piętrowych EZT takich jak czeskie zespoły serii 471 [1] ich zastosowanie w pracy przewozowej pominięto przez ostatnie kilkanaście lat w planach rozwoju parku taborowego. Wyjątek stanowi jedynie spółka Koleje Mazowieckie, która w ostatnich latach zakupiła 59 wagonów dwupiętrowych.

Autorzy podczas przygotowania referatu zagłębili się w historię związaną z piętrowymi pojazdami szynowymi eksploatowanymi na terenie Polski i świata. W referacie przytoczono historyczne jak i obecne przykłady zastosowań pojazdów tego typu oraz ich niespotykane w innych pojazdach parametry techniczne oraz eksploatacyjne. Przedstawiono również korzyści jakie płyną z eksploatacji wielopokładowych pojazdów szynowych oraz podano konkretne przykłady zastosowań tych pojazdów w Polsce.

- [1] R. Rusak, “Piętrowy elektryczny zespół trakcyjny serii 471 kolei ČD,” *TTS Tech. Transp. Szyn.*, vol. 11, pp. 76–80, 2004.

WYKORZYSTANIE METOD KOMPUTEROWYCH DO ZAPROJEKTOWANIA WYBRANEGO PODZESPOŁU W POJEŹDZIE SZYNOWYM

inż. Tomasz Szklarz

Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Studenckie Koło Naukowe „C. A. D”. Obecnie student Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej.

W referacie omówiono wyniki uzyskanych badań nad doborem stopu odlewniczego aluminium do wykonania wybranej części pojazdu szynowego w ramach wykonanego projektu inżynierskiego przez autora na Wydziale Transportu i Inżynierii Lotniczej Politechniki Śląskiej.

Ciągłe doskonalenie podzespołów wykorzystywanych w taborze szynowym wymaga stosowania komputerowego wspomaganie projektowania. Metody te znalazły uznanie w budownictwie (BIM), motoryzacji, elektrotechnice i innych działach przemysłu. Systemy CAD dynamicznie się rozwijają od lat 60. XX wieku, a wcześniej komputery były wykorzystywane do wspomaganie rozwiązywania problemów inżynierskich, naukowych, a nawet gospodarczych poprzez systemy CAS. Przez to proces projektowania i wytwarzania jest szybszy oraz tańszy w przeliczeniu na jednostkowy wyrób.

W referacie omówiono aspekty teoretyczne i doświadczalne dot. doboru stopu odlewniczego aluminium do wykonania wybranej części wykorzystywanej w pojazdach szynowych. Omówiono i przedstawiono zagadnienia związane z procesem produkcyjnym tj. odlewanie w formach stałych pod ciśnieniem z obróbką wykańczającą.

Do części badawczej wykorzystano normę dot. stopów odlewniczych aluminium. PN- EN 1706:2011P oraz inne opracowania literaturowe i normatywne na podstawie których opracowano założenia służące do weryfikacji modelu wybranej części. W dalszej części pracy wykorzystano Autodesk Inventora Professional wraz z Autodesk Inventor Nastran jako oprogramowanie sprawdzające dany materiał, co zostało omówione w referacie.

W rezultacie opracowano schemat postępowania służący do doboru materiału inżynierskiego do wykonania tłoka silnika lokomotywy SM42 z wykorzystaniem analiz wytrzymałościowych oraz metody elementów skończonych. Algorytm ten opracowano na podstawie uzyskanych danych eksperymentalnych oraz analizy literaturowej w zakresie tematyki projektu inżynierskiego.

Słowa kluczowe: stopy odlewnicze aluminium, metoda elementów skończonych, CAD, CAE, tabor szynowy.

MAPA ZDARZEŃ KOLEJOWYCH W ROLI INNOWACYJNEGO PROJEKTU WSPOMAGAJĄCEGO SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM REGIONALNEGO PRZEWOŹNIKA KOLEJE ŚLĄSKIE SP. Z O.O.

Katarzyna Gawlak

Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Transportu Kolejowego

Implementacja IV Pakietu Kolejowego niesie za sobą wiele wyzwań dla podmiotów rynku kolejowego. Budowanie systemu zarządzania bezpieczeństwem (SMS) oraz zapewnienie jego prawidłowego funkcjonowania w oparciu o nowe wymagania nakłada na przewoźników kolejowych z jednej strony nowe obowiązki, ale również pobudza do wprowadzenia nowych rozwiązań i narzędzi wspomagających kwestie związane z zarządzaniem czynnikiem ludzkim, analizą zdarzeń i wydarzeń kolejowych czy pogłębieniem wymiany informacji z innymi podmiotami rynku kolejowego.

Innowacyjność i poszukiwanie nowych rozwiązań jest kluczowym elementem ciągłego doskonalenia SMS przewoźników kolejowych. Z tego względu wspieranie posiadanych systemów rozwiązaniami informatycznymi daje szerokie i zupełnie nowe możliwości prezentacji i analizy danych gromadzonych w różnych obszarach funkcjonowania spółki. Taka sytuacja ma również miejsce w przypadku niezwykle istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa informacji dotyczących zdarzeń i wydarzeń na sieci kolejowej. Kartograficzne przedstawienie danych, które dotychczas przechowywane były głównie w formie tabelarycznej, tworzy zupełnie nowy potencjał dla ich dalszej analizy. Tak jak ma to miejsce w Kolejach Śląskich, Mapa może być stopniowo implementowana do różnych procesów w ramach SMS, w tym związanych z szkoleniem i bieżącym informowaniem pracowników o miejscach newralgicznych z punktu widzenia bezpieczeństwa czy wymianą informacji z podmiotami zewnętrznymi.

NOWOCZESNE SYSTEMY TRANSMISYJNE W SRK, PRZYSZŁOŚĆ A TERAŹNIEJSZOŚĆ NA PODSTAWIE PORÓWNANIA I OPISU TECHNOLOGII MPLS-TP

Bałdyga Łukasz, Gutkowski Maciej, Urbanek Jan

Politechnika Warszawska,

Koło Naukowe Nowoczesnych Technik Sterowania Ruchem Kolejowym "BALISA"

Aktualnie prowadzone działania modernizacyjne infrastruktury kolejowej i idące za tym powszechne stosowanie nowoczesnych technik sterowania ruchem kolejowym, powoduje coraz większe obciążenie sieci telekomunikacyjnych. Ta sytuacja wymusza potrzebę budowy coraz bardziej rozwiniętych połączeń sieciowych wykorzystujących łącza światłowodowe. We współczesnych sieciach teletransmisyjnych stosuje się różne rodzaje transmisji pomiędzy urządzeniami SRK. Stosuje się wymiennie np. Ethernet, SDH, RS czy magistrale CAN. Jednakże stosowanie wielu sieci, często już o przestarzałych technologiach powoduje problemy przy realizacji różnych projektów. Wymusza to ograniczenia w infrastrukturze, większe koszty czy ograniczone przepustowości. Poniższy artykuł skupia się na opisie i porównaniu różnych technologii stosowanych w transmisji danych oraz opisie technologii MPLS-TP jako rozwiązania dla nowoczesnych sieci transmisyjnych.

MPLS-TP zostało zdefiniowane przez IETF jako technologia warstwy sieciowej w sieciach transportowych. Jest to następcą sieci T-MPLS. Celem tej technologii jest osiągnięcie cech SONET/SDH zorientowanych na połączenie, wysoki poziom dostępności i jakości usług. MPLS-TP zapewnia także szerokie możliwości operacyjne, administracyjne i konserwacyjne. W dzisiejszym świecie znacząca większość ruchu telekomunikacyjnego odbywa się poprzez komutację pakietów. Protokół MPLS oraz jego nowsza i ulepszona wersja MPLS-TP stosowany jest w wielu miejscach. Stosuje się go w sieciach szkieletowych i lokalnych, sieciach mobilnych (LTE i EVDO), usługach dostarczanych przez publicznych usługodawców oraz prywatne przedsiębiorstwa lub standard Ethernet w sieciach LAN i WAN. Powodem stosowania MPLS są znaczące zalety względem starszego protokołu TDM. Mimo tego, aktualnie w transporcie kolejowym (np. w SONET czy SDH), najczęściej stosowanym protokołem jest właśnie TDM. Skutkuje to wieloma nieoptymalnymi rozwiązaniami i prowadzi do mniej efektywnej pracy komunikacji kolejowej. Sieć MPLS-TP powinna umożliwić wdrożenie technologii

MPLS do sieci transportowych. Zapewni to działanie w sposób podobny do wykorzystywanych obecnie technologii w transporcie. Pozwoli także obsługiwać usługi transportu pakietowego o podobnym stopniu przewidywalności jak w istniejących sieciach transportowych.

MODELE POWIĄZAŃ KOMPUTEROWYCH STACYJNYCH URZĄDZEŃ SRK Z PÓLSAMOCZYNNYMI I SAMOCZYNNYMI BLOKADAMI LINIOWYMI

Mateusz Madej

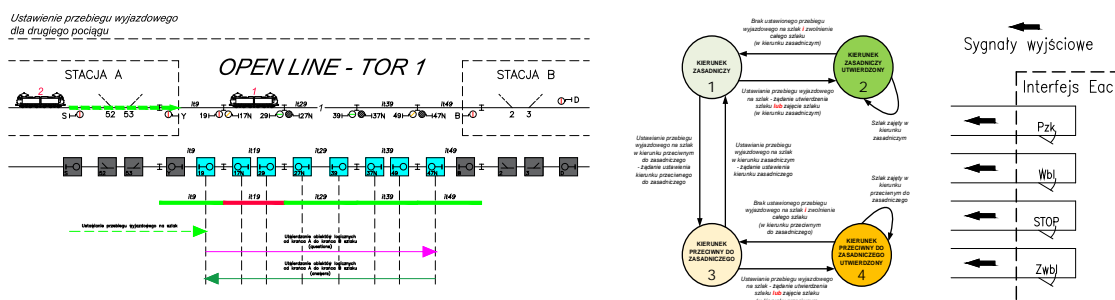
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Alstom / Bombardier Transportation (Rail Engineering) Polska Sp. z o.o.

Celem artykułu jest przedstawienie modeli powiązań komputerowych stacyjnych urządzeń srk z różnymi typami blokad liniowych, jakie są stosowane na sieci PKP (Eap, C, Poz i TC, Eac) oraz w innych krajach (OPEN LINE). Systemy półsamoczynnych blokad liniowych wymagają odrębnych procedur z zakresu projektowania powiązań względem systemów samoczynnych blokad liniowych. Wynika to głównie z zupełnie różnych filozofii ich działania.

Brak przepisów standaryzujących realizację powiązań blokad liniowych z stacyjnymi usrk sprawia trudności w wykonywaniu projektów na realnych obiektach. Ponadto występująca konkurencja na rynku kolejowym w połączeniu z płytkimi wymaganiami formalnymi dotyczącymi tworzenia powiązań i interfejsów powoduje generację projektów o bardzo złożonej strukturze prowadzącej do zbędnej nadmiarowości.

W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz z zakresu zasad działania blokad liniowych, które mogą zostać powiązane z stacyjnymi usrk. Opracowano grafy stanów oraz projekty interfejsów, które mogą zostać wykorzystane jako pewna koncepcja możliwych rozwiązań ułatwiających oraz optymalizujących realizację kolejnych nietypowych powiązań na nowych inwestycjach kolejowych związanych z rewitalizacją urządzeń srk i podnoszących poziom bezpieczeństwa prowadzenia ruchu.



Rys. 1 Przykład opracowanej sekwencji pracy i grafu stanów dla blokady typu OPEN LINE oraz fragmentu projektu interfejsu dla blokady typu Eac
Źródło: opracowanie własne

Słowa kluczowe: sterowanie ruchem kolejowym, interfejs, powiązanie, model, blokada liniowa

KONCEPCJA SCENTRALIZOWANEGO LEU W SYSTEMIE ERTMS/ETCS POZIOM 1

inż. Dobromir Jasiński

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

W niniejszym artykule poruszono zagadnienie scentralizowanego kodera LEU (ang. *Lineside Electronic Unit*) wykorzystywanego w systemie ERTMS/ETCS poziom 1 (ang. *European Rail Traffic Management System / European Train Control System*). Wytłumaczono czym jest scentralizowany koder LEU i dlaczego to rozwiązanie daje większe możliwości od klasycznego podejścia. Przytoczono także ogólną zasadę działania powyższego kodera i sposobu jego współpracy z Eurobalisą przełączalną. W dokumencie zostały także zestawione ze sobą sposoby jego współpracy i powiązania z systemem zależnościowym sterowania ruchem kolejowym, zarówno w podejściu klasycznym jak i scentralizowanym. Opisano również różnice pomiędzy scentralizowanym oraz zdecentralizowanym koderem LEU w możliwościach diagnostycznych oraz zarządczych.

ROZBUDOWA KOLEJOWYCH REJONÓW PRZEŁADUNKOWYCH JAKO POTRZEBA GOSPODARCZA ORAZ WSPÓŁCZESNE WIELOBRANŻOWE WYZWANIE PROJEKTOWE

Łukasz Tomaszewski

Politechnika Warszawska

Kolejowe rejony przeładunkowe to złożone obiekty techniczne na sieci transportowej, stanowiące koncentrację infrastruktury na styku dwóch systemów kolejowych. Ich znaczenie gospodarcze determinowane jest rodzajem i skalą przewożonych ładunków oraz wzrostem znaczenia transportu intermodalnego. Zauważa się przy tym pewien trend rozwojowy związany nie tylko z intensyfikacją popytu rynku europejskiego i podażą towarów przy wykorzystaniu korytarzy transportowych, lecz również pomysłem aktywowania Nowego Jedwabnego Szlaku, na którym również Polska ma szansę stać się ważnym punktem na mapie Europy. Istotnym obszarem rozwojowym, wynikającym z konieczności sprostania wyzwaniom gospodarczym staje się potrzeba fundamentalnej analizy funkcjonowania kolejowych rejonów przeładunkowych oraz identyfikacja potencjalnych czynników ograniczających ich przepustowość w ruchu kolejowym. W systemach tych dochodzi bowiem do styku interesów wielu grup podmiotów, począwszy od przewoźników i spedytorów przez właścicieli terminali, aż do wydolności układów torowych zarządców infrastruktury kolejowej.

Na tle powyższego, zadaniem artykułu jest również zwrócenie uwagi na fakt, że głównym czynnikiem ograniczającym przepustowość kolejowych rejonów przeładunkowych jest nie tyle potencjalny brak optymalizacji technologii ich pracy (bo ta wynika ze sposobu zarządzania ruchem oraz dostępności rozwiązań technicznych) i stan infrastruktury, lecz sama przestarzałość funkcjonujących w ich obszarze systemów technicznych. W ruchu kolejowym problem ten należy rozpatrywać absolutnie całościowo z uwzględnieniem komplementarności wszystkich branż wiodących tj. torowej, sterowania ruchem kolejowym i telekomunikacji, elektroenergetyki kolejowej (sieć trakcyjna i potrzeb nietrakcyjnych), obiektowej oraz pozostałych branż towarzyszących. Zdefiniowana wielobranżowość sprawia, że rozbudowa i modernizacja infrastruktury rejonu przeładunkowego na styku dwóch systemów kolejowych stanowi współcześnie duże wyzwanie projektowe nie tylko z punktu widzenia skali trudności obiektowej, lecz również z poziomu liczności i złożoności wymagań formalno – prawnych (w tym

dotyczących interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej), które w istocie kształtują proces projektowy oraz późniejszą realizację robót budowlanych.

URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Krzysztof Dulęba, dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad.

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk) stanowią ogół elementów technicznych umożliwiających bezpieczny i płynny ruch pociągów po liniach kolejowych. Ze względu na rozwój transportu kolejowego oraz próby optymalizacji kosztów i czasu transportu, wdrażane są nowe układy wymagające jednoczesnej modernizacji urządzeń sterowania ruchem. Urządzenia te przeszły szereg zmian technologicznych, począwszy od urządzeń mechanicznych ręcznych i scentralizowanych, poprzez rozwiązania przekaźnikowe, aż do najnowszych rozwiązań komputerowych i hybrydowych (przekaźnikowo-komputerowych). Jednak podstawowym celem stosowania urządzeń srk jest zawsze zapewnienie bezpieczeństwa w procesie transportowym. Uczestniczenie kolei polskich w interoperacyjności kolei europejskich wymusza w najbliższej przyszłości wyznaczenie strategii rozwoju sieci kolei dużych prędkości również w Polsce.

W Polsce za linie dużych prędkości uznajemy system infrastruktury umożliwiający prowadzenie regularnego i planowanego ruchu pociągów o prędkości co najmniej 200 km/h. Ze względu na regulacje prawne i warunki zawarte w instrukcjach PKP Polskich Linii Kolejowych, aby taki ruch mógł zaistnieć spełnione muszą być określone warunki, a najważniejszym jest wyposażenie i uruchomienie Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami (ETCS) przynajmniej poziomu pierwszego.

ETCS jest zunifikowanym systemem sterowania ruchem kolejowym kompatybilnym na terenie różnych państw Europy. Stanowi część większego Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS), a jego zadaniem jest optymalizacja transportu kolejowego poprzez redukcję obowiązków spowodowanych przekraczaniem granic państw oraz wdrożeniem kabinowych systemów sterowania ruchem kolejowym. Istnieją trzy różne poziomy sterowania systemu ETCS. Na terenie Polski głównym odcinkiem użytkowym wyposażonym w urządzenia pierwszego poziomu jest Linia Kolejowa nr 4, znana również jako Centralna Magistrala Kolejowa, natomiast docelowo na najważniejszych liniach kolejowych w Polsce ma być wdrażany system ETCS poziomu drugiego.

ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ

Agata Dzienisz, Julia Szulta

Politechnika Gdańska

Na przestrzeni ostatnich kilku lat można zauważyć silną tendencję, która ma na celu wyprowadzenie ruchu samochodowego głównie z dużych miast, takich jak: Gdańsk, Warszawa, Kraków i inne. W ramach działań, które mają na celu zniechęcenie ludzi do poruszania się transportem indywidualnym, wprowadza się m.in.: płatne parkingi, a ulice są przebudowywane w taki sposób, aby były bardziej przyjazne dla pieszych i rowerzystów. W związku z czym, wzrasta popyt na transport zbiorowy, zwłaszcza na ten oferowany przez przewoźników kolejowych. Na terenie aglomeracji trójmiejskiej, są to Szybka Kolej Miejska, PolRegio, czy Pomorska Kolej Metropolitalna. Niestety, działania mające na celu właśnie wyprowadzenie ruchu z centrów miast, często nie idą w parze z poprawą jakości istniejącej infrastruktury peronowej oraz wykorzystywanego taboru. Przez co korzystanie z transportu kolejowego jest dla potencjalnych pasażerów niewygodne i niekomfortowe, zwłaszcza dla osób niepełnosprawnych. Sprawia to, że ludzie stosunkowo niechętnie sięgają po ten środek transportu. Sytuacja ta jest w szczególności zauważalna na liniach, które nie były objęte programem modernizacyjnym lub rewitalizacyjnym. W niniejszym artykule zostaną przedstawione zalety oraz wady infrastruktury kolejowej, które zniechęcają podróżnych do korzystania z kolei. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na miejsca, w których występuje brak odpowiedniej dostępności do infrastruktury dla osób w starszych, czy posiadających problemy ruchowe, a także na brak odpowiedniego systemu przekazywania informacji istotnych dla podróżnych, co bywa w szczególności problematyczne dla osób z wadą słuchu lub z zagranicy. W referacie omówione zostaną przykłady dobrej dostępności do infrastruktury peronowej, by porównać dobrze i źle przystosowane perony do współczesnych uwarunkowań. Praca zawiera również subiektywne spostrzeżenia Autorów na podstawie wieloletniego korzystania z usług kolei na wskazanych trasach.

ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH

inż. Marcin Orłowski, Przemysław Barszcz

Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK

Przejazdy kolejowo - drogowe występujące na skrzyżowaniu dwóch środków transportowych są krytycznym elementem zarówno ruchu drogowego, jak i kolejowego. Stawiane wymagania mają sprostać przede wszystkim aspektom bezpieczeństwa każdego środka transportu, ale również wygodzie użytkowników w trakcie podróżowania. Strategicznym elementem mającym duże znaczenie na oba te sposoby poruszania się na lądzie, jest więc sama konstrukcja rozwiązań, łączących technologie drogowe i kolejowe.

W celu poznania, jakie doświadczenia empiryczne stoją za konkretnym rozwiązaniem, należy zapoznać się z najważniejszymi elementami konstrukcyjnymi. Obecnie na rynku polskim, jak i zagranicznym możemy wyróżnić wiele typów, a nawet wiele rozwiązań, które są w fazie eksperymentalnej, bądź w użytku pilotażowym. Każde z rozwiązań, charakteryzuje się więc innymi właściwościami, budową, zasadami eksploatacji. Również wykonawcy np. modernizacji linii kolejowych muszą stawić czoła technologii zabudowy takiej konstrukcji, a także zagwarantować możliwość prawidłowego utrzymania przez zarządcę infrastruktury na kolejne lata. Nie bez znaczenia jest też szacunkowy koszt takiej inwestycji, który musi być kalkulowany i rozpatrywany w perspektywie długoterminowej. Tworząc kosztorys dla tego typu infrastruktury trzeba uwzględnić właściwe wykonanie, odpowiednią trwałość oraz utrzymanie jej w dobrym stanie eksploatacyjnym. Niniejszy referat ma więc na celu sprawdzenie, jakie rozwiązania z rodzimego rynku, jak i europejskiego mają największe szanse na zastosowanie na placach budowy, którymi są obecnie modernizowane linie kolejowe w Polsce. Praca przybliży również schemat techniczny konstrukcji nawierzchni przejazdów kolejowo-drogowych, a także pomoże wykazać ich charakterystykę, związaną z przygotowaniem do zabudowy, zabudową jak i dalszym użytkowaniem.

PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE

Dorota Zawadzka, Jan Strojny

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

W referacie przedstawiono różnice pomiędzy systemem zasilania napięciem prądu stałego stosowanym w Polsce oraz prądu przemiennego używanym w większości państw europejskich. Zestawione zostały wady i zalety obu rozwiązań, ich parametry oraz infrastruktura niezbędna do prawidłowego działania systemu.

Obecnie m. in. w Polsce do zasilania sieci trakcyjnej stosowany jest prąd stały o napięciu 3 kV. W większości krajów Europy używany jest prąd przemienny o napięciu 25 kV i częstotliwości 50 Hz. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość rozwijania większych prędkości przez pociągi (ponad 250 km/h), pozwala ono również na używanie pojazdów o mocy nawet 20 MW, a z zastosowaniem prądu stałego wynosi ona maksymalnie 6 MW. W przypadku prądu przemiennego przewód zasilający może mieć mniejszy przekrój ze względu na mniejsze natężenie płynącego prądu, wymaga to jednak zastosowania dodatkowego przewodu ochronnego. Infrastruktura potrzebna do zasilenia obu systemów różni się. Przy prądzie stałym stosowane są podstacje zasilające oraz kabiny sekcyjne. Zasilanie odbywa się dwustronnie. Jedna podstacja może zasilać koniec jednej początek następnej sekcji, w celu wyeliminowania spadków napięcia. Odległość między podstacjami wynosi 10 - 30 km. W przypadku prądu przemiennego podstacje mogą być od siebie oddalone o 20 - 70 km. Co kilkanaście kilometrów wymagane są transformatory odsysające, które wymuszają przepływ prądu przez przewód powrotny w większym stopniu niż przez szyny jezdne, zmniejszając spadki napięciaw obwodzie.

Podsumowując, system zasilania sieci trakcyjnej prądem przemiennym pozwala na uzyskanie większych prędkości pojazdów oraz zmniejszone straty energii elektrycznej. Wymaga jednak stosowania transformatorów w kilkukilometrowych odległościach. W porównaniu do systemu zasilania kolejowej sieci trakcyjnej prądem stałym potrzebne jest użycie większej ilości przewodów, jednak o mniejszym przekroju.

PRZESZŁOŚĆ, TERAŹNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ KOLEI NA PODSTAWIE HISTORII I PLANÓW DOTYCZĄCYCH LINII KOLEJOWEJ NR 97 SKAWINA - ŻYWIEC

Karol Zasadziński

Politechnika Warszawska, Studenckie Koło Naukowe „Balisa”

"W każdym momencie czasu kryje się przeszłość, teraźniejszość i przyszłość.

W każdym momencie czasu kryje się wieczność."

Andrzej Sapkowski

Europejski Rok Kolei to idealny czas na rozważenie pozycji transportu szynowego nie tylko w roku 2021 ale przez cały okres istnienia kolei. Kolejnictwo na terenie Polski powstawało jako jedno z pierwszych na świecie, dlatego ma w sobie pełno historii i perspektywiczne plany na daleką przyszłość. Referat skupia się na linii kolejowej nr 97, będącej częścią Galicyjskiej Kolei Transwersalnej powstałej już w 1884 roku. Jej bogata historia ilustruje całą sieć polskich kolei wraz ze wzlotami i upadkami. Jej potencjał to przedstawienie szansy dla transportu kolejowego w całym kraju.

Malowniczo położona linia kolejowa w Beskidach pomiędzy podkrakowską Skawiną a Żywcem to przede wszystkim inwestycja pozwalająca złączyć wschód z zachodem ówczesnych Austro-Węgier. Ponadto była ważna z punktu widzenia ekonomicznego, gdyż obsługiwała browar i hutę. Została poprowadzona przez gęste, górskie lasy by umożliwić dodatkowo pozyskanie ważnego surowca – drewna. Z czasem linia kolejowa zaczęła pełnić istotną rolę w turystyce zapewniając połączenie kolejowe do wielu górskich miejscowości. Tory i zabytkowe dworce na linii 97 pamiętają przejeżdżające tamtędy parowozy, prowadzone działania wojenne, katastrofy kolejowe. Uptywający czas nie służył stanowi infrastruktury, który uległ znacznemu pogorszeniu, tak iż ważna ówczesnie linia przestała działać. Obecnie przeżywa drugą młodość, jest modernizowana, wracają na nią istotne w skali kraju połączenia. Staje się istotna dla ludzi mieszkających w pobliżu. Przed linią z tak bogatą historią stają nowe problemy. Przyszłość pod znakiem pojazdów autonomicznych, mogących zepchnąć kolej na drugi plan.

Referat opierając się na jednej z linii w systemie generalizuje problematykę transportu szynowego na cały kraj. Niemagistralna linia zмага się z wyzwaniami przed którą stało lub stoi całe polskie kolejnictwo. Bogatsi o wielkie doświadczenie z przeszłości jesteśmy w stanie budować kolej przyszłości, z której wszyscy byliby dumni zgodnie

z myślą Sapkowskiego i tytułem konferencji „Transport Kolejowy: Przeszłość –
Teraźniejszość – Przyszłość”.

ROLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO W OBSŁUDZE PORTÓW LOTNICZYCH W POLSCE

Wojciech Sawicki

Politechnika Krakowska

W proponowanym temacie chciałbym zająć się zestawieniem zarówno istniejącej jak i planowanej siatki połączeń transportu kolejowego, wykorzystywanego do obsługi portów lotniczych na terenie Polski. Planowane utworzenie Centralnego Portu Lotniczego, a także wykorzystywana do jego obsługi kolejowa sieć połączeń, może zupełnie zrewolucjonizować sposób transportu do portów lotniczych.

Przeprowadzona na potrzeby referatu analiza porównawcza, zestawi stan transportu kolejowego z przeszłości, teraźniejszości a także pokaże perspektywę rozwoju w przyszłości. Analizując koncepcje rozwoju sieci połączeń warto zastanowić się nad decyzyjnością podróżnych co do wyboru środka transportu przy planowanej podróży transportem lotniczym. Intrygujący jest fakt planowanego rozwoju sieci kolejowej w przyszłości wykorzystywanej do obsługi CPL.

W referacie porównam aktualny udział kolei w obsłudze portów lotniczych a także przedstawię plany związane ze zmianą hierarchii przepustowości lotnisk w Polsce.

REFERATY

ZMIANY URZĄDZEŃ SRK NA STACJI DĘBLIN NA PRZESTRZENI LAT

Damian Pliwka, Emilia Stelliga

Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. Gen. F.Kleeberga w Dęblinie

Stacja kolejowa Dęblin to duża stacja węzłowa znajdująca się w powiecie ryckim, w województwie lubelskim. Została otwarta prawie 150 lat temu jako część Drogi Żelaznej Nadwiślańskiej, łączącej najważniejsze rosyjskie twierdze na terenie Królestwa Polskiego z twierdzami na Wołyniu. W czasach współczesnych stała się ważnym elementem polskiej sieci kolejowej, a w ostatnich latach przeszła gruntowną modernizację. Posiada kilka grup torowych, z których można wyróżnić tory do obsługi składów pasażerskich oraz grupę torów towarowych mających charakter przelotowy. W środkowej części stacji znajduje się lokomotywnia wyposażona w obrotnicę. Linie kolejowe wchodzące w skład stacji Dęblin to linia nr 7 Warszawa Wschodnia – Dorohusk, linia nr 26 Łuków – Radom, łącznica nr 579 Stawy – Dęblin oraz linia nr 770 łącząca rozjazdy R11 i R273 w obrębie samej stacji.

Bezpieczeństwo ruchu pociągów na każdej stacji zależy w dużej mierze od zastosowanych urządzeń **sterowania ruchem kolejowym (srk)**. Najstarszym rodzajem urządzeń stacyjnych są **urządzenia mechaniczne kluczowe**, w których przestawianie zwrotnic, wykolejnic, a pierwotnie także sygnałów na sygnalizatorach kształtowych dokonywane jest z wykorzystaniem siły człowieka. W urządzeniach mechanicznych kluczowych zwrotnice i wykolejnice nastawiane są dźwigniami znajdującymi się bezpośrednio przy nich i zamykane zamkami kluczowymi.

W **urządzeniach mechanicznych scentralizowanych** przestawianie rozjazdów realizowane jest również ręcznie, przez przesunięcie dźwigni, która umieszczona jest na nastawni, oraz linek pędniowych połączonych poprzez dźwignie i naprężacze z urządzeniami na torach. Układy tego typu są nadal powszechnie wykorzystywane w Polsce.

Urządzenia przekaźnikowe zalicza się do mechanizmów elektrycznych. Ten rodzaj urządzeń sterowania ruchem kolejowym został wprowadzony, aby uprościć i ułatwić obsługę. W przeciwieństwie do powyżej opisywanych urządzeń mechanicznych, ludzką siłę zastąpiono w nich mechanizmami sterowanymi elektrycznie. Ich działanie polega na połączeniu obwodów elektrycznych między nastawnią a urządzeniami srk

np. napędami zwrotnicowymi oraz semaforami. Dyżurny prowadzi obsługę wszystkich urządzeń z pulpitu kostkowego w punkcie nastawczym. Podstawowym elementem wykrywającym przejeżdżające nad nim koło pojazdu jest czujnik torowy. Jest on umieszczany w miejscu podziału toru na odcinki objęte kontrolą niezajętości. Z czujnikami współpracują liczniki osi, informujące o liczbie osi pociągów a w konsekwencji o zajętości toru.

W urządzeniach komputerowych wszystkie zadania zależnościowe realizowane są programowo. Komputer współpracuje ze specjalnym systemem, którym operuje dyżurny. Stan sytuacji ruchowej widoczny jest na ekranach komputerów w postaci wykresów i danych. System musi obowiązkowo spełniać wysokie wymagania dotyczące bezpieczeństwa. Pod względem sterowania wyróżnia się w nim trzy poziomy sterowania: stanowisko operatora, komputery i urządzenia zewnętrzne.

W latach 90 XX wieku stacja w Dęblinie wyposażona była w urządzenia mechaniczne kluczowe. Była podzielona na Dęblin i Dęblin Towarowy i posiadała dziewięć okręgów nastawczych. Ilość ta spowodowana była dużą liczbą urządzeń w obrębie stacji. W tamtym czasie istotną zaletą tego rozwiązania - oprócz pewności przestawienia napędów, jaką ono standardowo oferuje - był brak uzależnienia od zasilania urządzeń sterujących prądem. Konieczność ciągłego ręcznego przestawiania urządzeń wymagała jednak długiego czasu układania dróg przebiegów oraz zatrudniania dużej liczby pracowników - na nastawniach stacji Dęblin pracowało ich wtedy około stu.

Na przestrzeni lat stacja Dęblin była na bieżąco modernizowana i została wyposażona w urządzenia mechaniczne scentralizowane i częściowo w urządzenia przekaźnikowe. Okręg nastawczy tworzyły wtedy trzy nastawnie oznaczone Db, Db4 i Dt, nadal podzielone na Dęblin i Dęblin Towarowy. Proces sterowania ruchem w obrębie stacji uległ ułatwieniu dzięki zastosowaniu linek pędniowych i naprężaczy, a liczba pracowników potrzebnych do obsługi urządzeń spadła do czterdziestu. Układając drogę przebiegu w tych urządzeniach dyżurny ruchu musiał oddzielnie dla każdego rozjazdu przestawić go w położenie dla danej drogi przebiegu, aby móc dać sygnał na semaforze. Niestety, nadal do obsługi potrzebna była siła fizyczna i okazało się, że linki mają skłonność do pęknięcia pod wpływem obciążenia. W przypadku urządzeń przekaźnikowych ich zastosowanie wymusiło uruchomienie punktu legalizacji przekaźników, a ich wymiana na bieżąco, zgodnie z harmonogramem była pracochłonna i pociągała za sobą wysokie koszty utrzymania.

W 2017 roku rozpoczęto gruntowną modernizację stacji Dęblin, która była jednym z etapów robót prowadzonych na całym odcinku od Warszawy do Lublina. Prawdziwą rewolucją w sterowaniu ruchem na stacji Dęblin była budowa **Lokalnego Centrum Sterowania (LCS)**, jednego z trzech obok Pilawy i Lublina na linii Warszawa - Lublin, które docelowo ma przejąć nadzór nad ruchem pociągów w czasie rzeczywistym na odcinku od Garwolina do Puław. Stacje Dęblin oraz Dęblin Towarowy po przebudowie układu torowego stały się jedną stacją z jednym okręgiem nastawczym sterowanym ze stanowiska dyżurnego ruchu. W LCS Dęblin zostały zabudowane cztery stanowiska sterownia ruchem: miejscowe stanowisko obsługi stacji Dęblin, stanowisko obsługi obszaru LCS na odcinku Garwolin – Dęblin, stanowisko obsługi obszaru na odcinku Dęblin – Puławy oraz stanowisko rezerwowe służące do obsługi całego odcinka objętego obszarem LCS-u w czasie awarii. Docelowo obszar ten będzie sterowany z dwóch niezależnych stanowisk, a do obsługi będzie potrzebnych około piętnastu dyżurnych ruchu.

W ramach modernizacji stacji zabudowane zostały zupełnie nowe komputerowe urządzenia **srk** typu ESTW L90 produkcji Thales. Stacja została wyposażona w rozpruwalne napędy zwrotnicowe typu L826H a kontrolę niezajętości torów i rozjazdów stanowi system AzLM. Podczas ustawiania drogi przebiegu, napędy zwrotnicowe przestawiają się automatycznie, po przełożeniu się do docelowego położenia przebieg utwierdza się i wyświetla na zielono. System pozwala na wykluczenie ewentualnych błędów Sz (sygnałów zastępczych), więc ryzyko wjazdu pociągu na drogę przebiegu maleje. Wszystkie czynności wykonywane przez dyżurnych ruchu rejestrowane są w systemie, co umożliwia ich podgląd. W nastawni zostały również zabudowane urządzenia systemu Lokalnego Centrum Sterowania LCS, Centrum Utrzymania i Diagnostyki (**CUiD**) oraz Centrum Sterowania Radiowego (**RBC**). Do CUiD przesyłane będą informacje o występowaniu usterek w liniowych urządzeniach srk, w tym systemów przejazdowych.

Głównymi celami modernizacji było ułatwienie i zwiększenie efektywności obsługi sterowania ruchem pociągów, uzyskanie pełnego bezpieczeństwa prowadzenia pociągów, oraz zwiększenie dozwolonej prędkości na linii. Dodatkowo korzystnym skutkiem zastosowania nowych, praktycznie bezobsługowych urządzeń zewnętrznych srk będzie zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska wynikającego z prac konserwacyjnych (np. smarowania urządzeń). Docelowo linia nr 7 będzie wyposażona w system bezpiecznej kontroli jazdy pociągów ETCS poziomu 2 kompatybilny z systemami sterowania w całej

Unii Europejskiej, oparty na ciągłej, dwukierunkowej transmisji danych. Dzięki niemu informacje o zajętości toru będą przekazywane bezpośrednio do komputera umieszczonego w lokomotywie. W przyszłości planowana jest rozbudowa LCS-u o włączenie do zdalnego sterowania odcinka Łuków - Dęblin linii kolejowej nr 26 Łuków - Radom.

Podsumowując: na stacji Dęblin na przestrzeni ostatnich lat doszło do wielu zmian systemu sterowania ruchem kolejowym. Proces ten trwa, zmiany następują etapami wraz z postępem technicznym i zmierzają do ułatwienia obsługi urządzeń srk i zwiększenia ich funkcjonalności, a w efekcie zwiększenia bezpieczeństwa ruchu kolejowego oraz ograniczenia pracy ludzi, których zastępują nowe, bardziej precyzyjne i wygodniejsze systemy. Prędkość pociągów na zmodernizowanym odcinku zwiększyła się do 160 km/h. Wprowadzane zmiany prowadzą również do ograniczenia prac związanych z utrzymaniem urządzeń, w efekcie czego minimalizują się koszty utrzymania całej linii. Obserwując obecny rozwój techniczny i wyobrażając sobie systemy kolejowe za kilka lub kilkanaście lat oraz możemy być pewni, że nastąpi jeszcze większy rozwój zapewniający wygodę i oszczędność obsługi systemów automatyki kolejowej.

Pełni optymizmu z zainteresowaniem czekamy na dalsze postępy i realizacje.

PROCES REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWY INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ NA ZIEMIACH POLSKICH W II RP ORAZ OBECNIE

mgr inż. Filip Janowiec

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii Lądowej

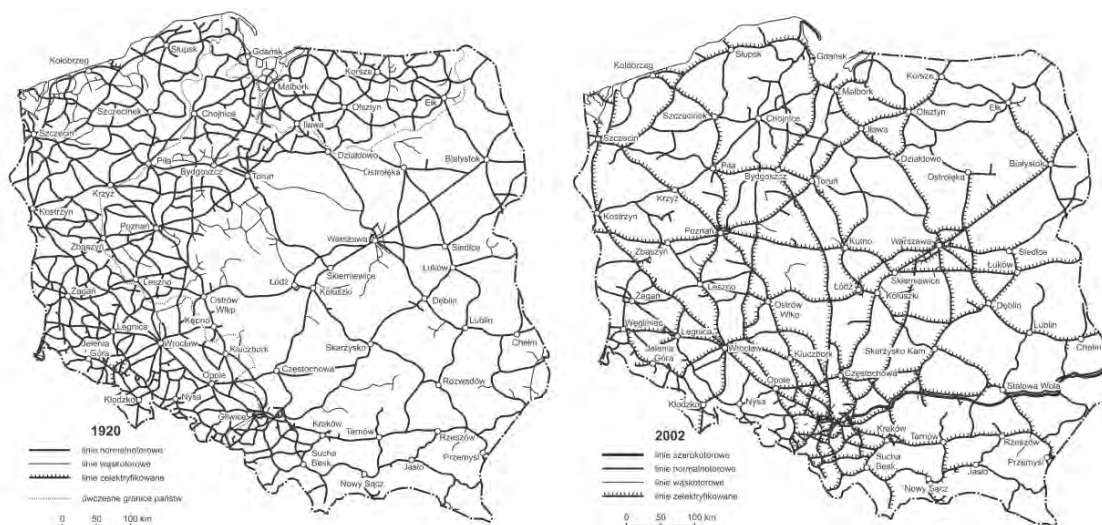
1. Wstęp

Stan infrastruktury kolejowej w Polsce od kilku lat ulega stopniowemu polepszaniu [1]. Istniejące linie kolejowe oraz stacje są systematycznie remontowane lub modernizowane. Planuje się również nowe szlaki kolejowe, będące uzupełnieniem istniejącej już sieci. Równoległe do prac budowlanych prowadzone są modernizacje taboru przewoźników kolejowych, a także dostosowywane są dworce kolejowe [2]. Wszystkie te działania mają doprowadzić do usprawnienia funkcjonowania istniejącego systemu kolei, zapewnienia większych prędkości handlowych, jak również polepszeniu wskaźnika punktualności oraz bezpieczeństwa poruszających się pociągów.

Głównym czynnikiem warunkującym obecnie realizowane programy inwestycyjne na polskiej sieci kolejowej zarządzanej przez spółkę PKP PLK S.A. są fundusze pozyskane z środków Unii Europejskiej. Finansowanie przedsięwzięć budowlanych wiąże się z pewnymi rygorami. Obecnie realizowany „Krajowy Program Kolejowy do roku 2023” wymaga od inwestora rozliczenia środków finansowych do roku 2023r [3]. Prowadzi to zatem do wzmożonych działań Inwestora podczas prawidłowej realizacji inwestycji budowlanych, tak aby zachować należytego standardu wykonania prac przy jednoczesnym dochowaniu założonych terminów. Niezwykle ważnym jest aby zrozumieć i optymalnie zarządzać budowlanym procesem inwestycyjnym powiązany z realizacją linii kolejowych.

Obecne natężenie przedsięwzięć budowlanych na liniach kolejowych można porównać do innego okresu w dziejach Polski. Podobnie zakrojoną działalność inwestycyjną można zaobserwować podczas odbudowy linii kolejowych po I wojnie światowej, a także realizacji przedsięwzięć związanych z łączeniem systemów kolei pozyskanych od zaborców. Jak pokazała historia, nie wszystkie z założonych planów zostało dotrzymany. Udało się jednak odbudować wiele spośród zniszczonych linii, większość z istniejących szlaków dostosowano do jednego systemu kolei, a państwo polskie wzbogaciło się o nowe połączenia kolejowe, kluczowe dla tworzącej się gospodarki

II RP [4]. Na rysunku nr 1 przedstawiono infrastrukturę kolejową w latach 20-tych XX wieku oraz w roku 2002.



Rysunek 1. Infrastruktura kolejowa na ziemiach Polski w roku 1920 oraz 2002.

Źródło: [4].

Analiza oraz obserwacja poczynionych działań może wskazać obecnym interesariuszom (władzom państwowym, inwestorowi, uczestnikom procesu budowlanego) potencjalne ryzyka mogące się zrealizować podczas trwania inwestycji, a także sposoby ich mitygacji. Przegląd realizacji przedsięwzięć z lat 20-tch XX wieku powinien być odniesiony do kontekstu ówczesnych czasów, uwzględniając uwarunkowania prawne, ekonomiczne oraz sytuację kraju.

W pracy zostaną scharakteryzowane warunki panujące podczas lat 20-tych XX wieku, a także zostanie podjęta próba zbadania ich przełożenia na realizację inwestycji kolejowych w tym czasie. Historyczne otoczenie polityczno-ekonomiczne będzie porównane z obecnie istniejącymi uwarunkowaniami oddziałującymi na projekty realizowane w ramach „Krajowego Programu Kolejowego do roku 2023”.

2. Budowlany proces inwestycyjny

Prawidłowe zrozumienie budowlanego procesu inwestycyjnego jest kluczowe do wykonania zamierzenia budowlanego w założonym budżecie, przy dochowaniu przyjętego terminu zakończenia prac budowlanych i oddaniu obiektu do eksploatacji. Istnieją różne opisy tego procesu, uzależnione od stosowanej metodyki. Klasyfikacja oraz wyszczególnienie poszczególnych etapów budowlanego procesu inwestycyjnego może wiązać się bezpośrednio z typem badanego przedsięwzięcia budowlanego, bądź jego

oryginalnymi cechami [5]. Spośród wielu proponowanych sposobów opisu budowlanego procesu inwestycyjnego można przyjąć podział zawierający 3 fazy, obejmujące najważniejsze grupy działań [6]:

- Przygotowanie inwestycji do wykonania (badanie potrzeb, analizy ekonomiczne, studium wykonalności inwestycji, prace projektowe etc.);
- Realizację inwestycji (budowa oraz wykonanie prac budowlano-montażowych);
- Użytkowanie (prawidłowa eksploatacja obiektu budowlanego, bieżące utrzymanie, remonty, etc.).

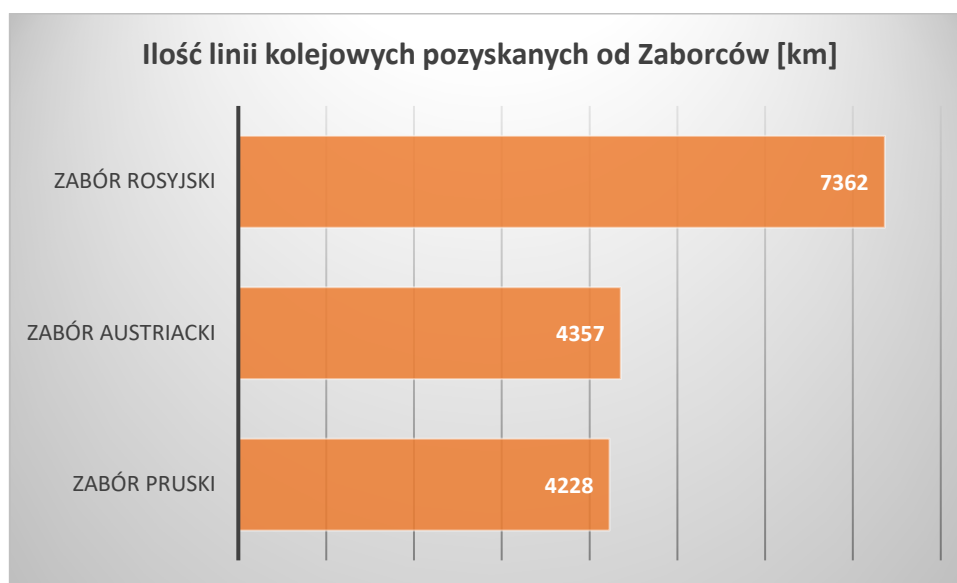
Wydaje się oczywistym, że w każdej z wymienionych faz budowlanego procesu inwestycyjnego należy dochować możliwie dużej staranności. Jak wykazują dotychczasowe doświadczenia, najbardziej istotnym z omawianych faz jest przygotowanie inwestycji do wykonania [4]. Liczne prace wskazują, iż poczynienie dodatkowych nakładów pracy przy planowaniu przedsięwzięcia na jego początku pozwoli na uniknięcie większej ilości negatywnych skutków (opóźnienia prac czy przekroczenie budżetu), które mogą mieć wpływ na dalsze jego fazy [7]. Podobnie, od jakości dostarczonych rozwiązań projektowych zależeć będzie powodzenie prac związanych z realizacją inwestycji, a ta z kolei będzie miała przełożenie na wieloletnie użytkowanie w prawidłowym stanie technicznym obiektu.

Budowlany proces inwestycyjny jest podstawowym przedmiotem badań z zakresu inżynierii przedsięwzięć budowlanych. Analizy poszczególnych faz, a także procesów towarzyszących, działań interesariuszy czy zachodzących interakcji doprowadziły do ukształtowania się ogólnego terminu związanego z jego prawidłową realizacją, poprzez zdefiniowanie zjawiska zarządzania przedsięwzięciami budowlanymi [7]. Przez kilkadziesiąt lat badań, ich efekty zebrano, łącząc je w różne strategie zarządzania przedsięwzięciami budowlanymi. Często, strategie te, dostosowane są do lokalnych uwarunkowań prawno-ekonomicznych państwa, na terenie którego, jest realizowana inwestycja (instrukcje, normy, standardy)[8]. Równie często zarządzanie przedsięwzięciami budowlanymi, odnoszone jest do szerszego pojęcia jakim jest zarządzanie projektami lub przedsięwzięciem inwestycyjnym. W ramach tej klasyfikacji stosuje się różne metodyki zaproponowane przez organizacje pozarządowe działające m.in. na rynku zarządzania (PMBOK czy PRINCE2) [9].

Niezależnie od przyjętego sposobu zarządzania przedsięwzięciami budowlanymi należy dążyć do tego aby założone cele – realizacja obiektu budowlanego przy założonych środkach i określonym czasie – zostały wykonane.

3. Przedsięwzięcia budowy infrastruktury kolejowej w II RP

Zakończenie działań wojennych w roku 1918, a następnie podpisanie Traktatu Wersalskiego w roku 1919 doprowadziło do ustabilizowania granic oraz podmiotowości państwa polskiego. Wraz z odzyskaniem przez Polskę niepodległości zaborcy przekazali na rzecz II RP infrastrukturę kolejową będącą w ich dotychczasowym zarządzie: linie kolejowe, tabor oraz infrastrukturę pasażerską i techniczną. Odziedziczone systemy kolei nie nadawały się do prawidłowej eksploatacji, a główną przyczyną złego stanu technicznego były działania wojenne, w tym przeprowadzony w roku 1920 najazd bolszewików [4]. Z ówczesnych opracowań wynika, iż jedynie na 7 177 km spośród 15 947 km normalnotorowych linii kolejowych można było prowadzić ruch kolejowy. Pozostała część, tj. ok 55% istniejącej infrastruktury musiała zostać odbudowana, bądź doprowadzona do odpowiedniego stanu technicznego. Na rysunku nr 2 przedstawiono ilość linii kolejowych normalnotorowych pozyskanych od zaborców.



Rysunek 2. Ilość linii kolejowych pozyskanych od Zaborców.

Źródło [4].

Pierwsze inwestycje kolejowe w II RP były podyktowane działaniami obronnymi i zasadniczo wiązały się z odbudową zniszczonych linii na potrzeby przerzutu wojska. Oprócz uzyskania przejezdności kolejnych tras, podejmowano czynności dążące

do usystematyzowania standardu technicznego linii kolejowych. Głównym efektem prowadzonej standaryzacji, określonym podczas pierwszych działań naprawczych sieci kolejowej na ziemiach II RP, było dostosowanie rozstawu szyn kolejowych do prześwitu normalnego, wynoszącego 1435 mm [10].

Duże zróżnicowanie techniczne infrastruktury kolejowej, poczynione zniszczenia wojenne, a także łączenie trzech odmiennych systemów kolejowych (pruskiego, austriackiego oraz rosyjskiego) wymagało od władz państwowych konkretnych, ukierunkowanych działań inwestycyjnych. W tym celu powołano w roku 1919 Ministerstwo Kolei Żelaznych, działające przy Rządzie RP. Głównym zadaniem ministerstwa w pierwszych latach działalności było określenie parametrów techniczno-eksploatacyjnych tworzącej się sieci kolejowej w Polsce, zdefiniowanie potrzeb transportowych kraju, jak również wytyczenie dalszych kierunków rozwoju linii kolejowych. Pierwszy rządowy plan budownictwa kolejowego z roku 1919 zakładał budowę 16 nowych linii o długości około 3 370 km linii kolejowych, głównie na terenach Królestwa Polskiego (b. zabór rosyjski) oraz Galicji (b. zabór austriacki) [11].

Ambitne plany inwestycyjne wymagały usystematyzowania czynności, co przełożyło się na uchwalenie licznych ustaw lub rozporządzeń regulujących prace budowlane na liniach kolejowych. Do najważniejszych aktów prawodawstwa można zaliczyć między innymi [4]:

- Ustawa w sprawie przejęcia kolei zbudowanych przez b. władze okupacyjne pod zarządem Ministerstwa Kolei Żelaznych z dnia 14 grudnia 1920;
- Ustawa o udzielaniu koncesyj na koleje żelazne prywatne z dnia 14. października 1921r.;
- Przepisy techniczne projektowania i budowy kolei żelaznych użyteczności publicznej znaczenia ogólnego z dnia 10 marca 1923r.;
- Przepisy techniczne o budowie i eksploatacji silnikowych dróg żelaznych normalnotorowych III rzędu i wąskotorowych użytku publicznego.

Określono także główne zarysy polityki transportowej kraju uchwalając: przepisy przewozowe, przepisy ruchu, przepisy gospodarki parowozowej czy też przepisy gospodarki wagonowej. Dynamiczny rozwój kolei niósł ze sobą ewolucję ministerstwa, które w roku 1924 zostało przemianowane na Ministerstwo Kolei, a w roku 1926 resort przyjął nazwę Ministerstwa Komunikacji. Wraz z zmianami nazewnictwa ministerstwo

otrzymywało nowe kompetencje w zakresie funkcjonowania poszczególnych gałęzi transportu II RP. Wobec dużego spektrum działalności ministerstwa zdecydowano powołać wyspecjalizowane, państwowe przedsiębiorstwo kolejowe, będące pod nadzorem Ministra Komunikacji. Na podstawie Rozporządzenia Prezydenta Rzeczypospolitej z dnia 24 września 1926 roku utworzono przedsiębiorstwo „Polskie Koleje Państwowe”, które przejęło nadzór nad infrastrukturą kolejową kraju, w tym miało bezpośredni udział w decydowaniu o dalszych przedsięwzięciach związanych z budową linii kolejowych (państwowych oraz prywatnych) [12].

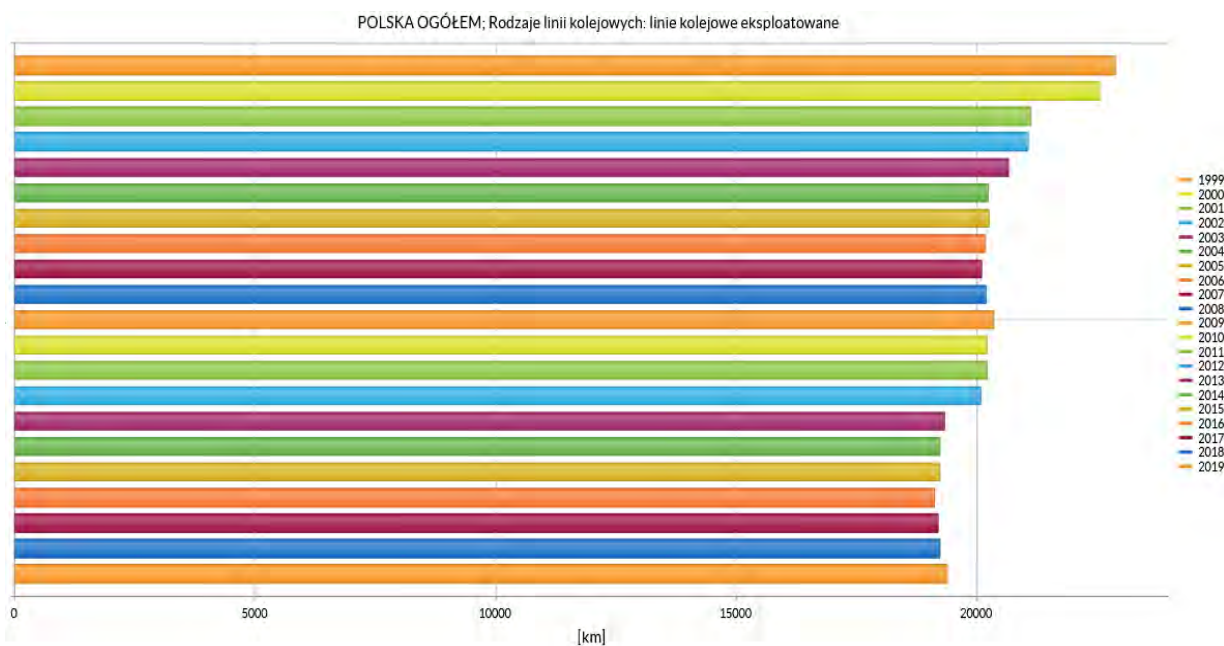
Można przyjąć, iż w roku 1926 uwarunkowania polityczno-ekonomiczne Polski w zakresie przebudowy sieci kolejowej były stosunkowo stabilne. Kraj posiadał sprecyzowane przepisy techniczne, określono procedury administracyjne budowy oraz eksploatacji linii kolejowych, a także ujednolicono parametry eksploatacyjne sieci kolejowej [13]. Zgodnie z poczynionym założeniem, państwowe linie kolejowe miały być zarządzane przez przedsiębiorstwo Polskie Koleje Państwowe, natomiast prywatne linie kolejowe budowano i eksploatowano na podstawie, udzielnych przez władze państwowe, koncesji. Równoległe do ustanawiania przepisów kolejowych w kraju rozwijały się przedsiębiorstwa branżowe, które dostarczały materiały, sprzęt oraz wyspecjalizowane kadry techniczno-inżynierskie wypełniając bieżące potrzeby funkcjonowania polskiej kolei.

Tak przyjęty sposób funkcjonowania kolei w II RP, pomimo pewnych zmian, utrzymał się do czasów II wojny światowej. Planowano i realizowano budowę nowych odcinków oraz łącznic, elektryfikowano istniejące tory czy też dostosowywano układ stacji do nowobudowanych linii kolejowych. Plany rozwoju kolei z roku 1928 zakładały budowę 17 nowych linii kolejowych na łączną długość 2 496 km. Plany te, podobnie jak określone w 1919 inwestycje, nie zostały w pełni zrealizowane. Realnym efektem prac w latach 20-tych i 30-tych XX wieku było wybudowanie 1 770,5 km linii normalnotorowych, doprowadzając ogólny stan sieci kolejowej do poziomu 18 313 km eksploatowanych, normalnotorowych linii, będących pod zarządem Polskich Kolei Państwowych w roku 1938 [4].

4. Obecne programy budowy oraz modernizacji linii kolejowych w Polsce

Obecny układ infrastruktury kolejowej w Polsce był kształtowany przez dynamiczne zmiany w historii Polski obejmujące kolejno: okres II Wojny Światowej (1939-1945), czasy funkcjonowania Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej (1945 – 1989) oraz transformację

ustrojową, której jednym z ważniejszych aspektów była restrukturyzacja przedsiębiorstwa Polskie Koleje Państwowe w roku 2001. Szczyt rozwoju kolei na ziemiach Polskich datuje się na lata 1979-1985, kiedy to ilość eksploatowanych linii kolejowych przekraczała 24 350 km w skali całego kraju. Liczba ta systematycznie malała, aż do roku 2016 kiedy to osiągnięto najmniejszą długość eksploatowanych linii normalnotorowych w powojennej Polsce – 19 132 km. Stanowiło to 78,57% stanu z lat 80- tych XX wieku [14]. Na rysunku nr 3 przedstawiono dynamikę zmian eksploatowanej infrastruktury kolejowej w latach 1999 - 2019.



Rysunek 3. Zmiany eksploatowanej infrastruktury kolejowej w latach 1999 – 2019.

Źródło [14].

Restrukturyzacja narodowego zarządcy infrastruktury kolejowej doprowadziła do podziału przedsiębiorstwa Polskie Koleje Państwowe i oddania linii kolejowych pod zarząd wydzielonej spółki państwowej „PKP Polskie Linie Kolejowe”. Jej zadaniem jest nadzór nad realizacją inwestycji oraz bieżące utrzymanie linii kolejowych w Polsce. Pozostała część infrastruktury (dworce, sieć trakcyjna, sieci zewnętrzne, itp.) została przekazana innym spółkom-córkom wchodzącym w skład grupy PKP. PKP Polskie Linie Kolejowe posiada obecnie ok 94% wszystkich eksploatowanych w Polsce linii kolejowych. Pozostałe 6% znajduje się pod zarządem mniejszych podmiotów gospodarczych (przewoźników kolejowych, spółek grupy PKP, towarzystw historycznych, etc.) [15].

Od czasów II RP zasadniczym zmianom uległo postrzeganie linii kolejowych oraz procesu ich budowy. Najważniejsze różnice można zaobserwować w ustanowionym prawodawstwie budowlanym, w szczególności dedykowanych ustawach. Podstawą obecnie realizowanych przedsięwzięć budowlanych jest oparcie procedur o przepisy uchwalonego w roku 1994 prawa budowlanego [16]. Ustawa prawo budowlane uporządkowuje wszelkie znane obiekty budowlane oraz wskazuje niezbędne czynności wymagane do prawidłowej ich realizacji. Do scharakteryzowanych obiektów zaliczono poszczególne elementy infrastruktury kolejowej, tj. linie kolejowe, obiekty obsługi pasażerskiej czy też obiekty inżynieryjne. Oprócz tego, scharakteryzowano najważniejsze parametry techniczne poszczególnych obiektów budowlanych, a także wskazano organy kompetentne do szczegółowego określenia przepisów wykonawczych każdego z nich.

Wedle przepisów prawa budowlanego określono uczestników procesu budowlanego, tj. osoby (instytucje) posiadające pewne prawa i obowiązki z zakresu realizacji inwestycji. Ustawa definiuje następujących uczestników procesu budowlanego, przydzielając im następujące kompetencje [16]:

- Inwestora – odpowiedzialnego za cały proces inwestycyjny;
- Projektanta – odpowiedzialnego za sporządzenie projektu budowlanego;
- Kierownika budowy – odpowiedzialnego za prowadzenie budowy i zgodność wykonanych prac z przepisami technicznymi;
- Inspektora nadzoru inwestorskiego – odpowiedzialnego za nadzór nad realizacją prac i kontrolującego wykonywane roboty budowlane;

Dla uczestników procesu budowlanego powołano szereg instytucji wspomagających ich prawidłowe funkcjonowanie oraz wzajemne egzekwowanie działań. Podzielono kompetencje organów administracyjnych na szczeble gminne, powiatowe, wojewódzkie i ogólnokrajowe. Stworzono system weryfikacji umiejętności inżynierów budownictwa w oparciu o udzielane uprawnienia budowlane (prace projektowe i kierowanie robotami). Wydano także szczegółowe rozporządzenia techniczne specyfikujące ogólne wymagania dla obiektów kolejowych.

Oprócz uregulowania budowlanego procesu inwestycyjnego, w obecnym prawodawstwie odnajduje się szereg przepisów towarzyszących, związanych bezpośrednio z funkcjonowaniem kolei. Przepisy te dotyczą szczegółowych warunków technicznych linii kolejowych będących w zarządzie spółki PKP Polskie Linie Kolejowe, bądź otoczenia linii kolejowych. Do najważniejszych z nich można zaliczyć m.in. [17]:

- Ustawę o transporcie kolejowym;
- Ustawę o ochronie przyrody;
- Standardy techniczne PKP PLK;
- Instrukcje wewnętrzne PKP PLK.

Wewnętrzny kontekst funkcjonowania kolei w Polsce musiał zostać uaktualniony o regulacje Unii Europejskiej, do której Polska wstąpiła w roku 2004. Implikowało to m.in. realizację Decyzji nr 1692/96 Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 lipca 1996 [18], która włączyła polską sieć kolejową do programu „TEN-T”. Program ten zakłada stworzenie transeuropejskiej sieci transportowej, uwzględniającej wszystkie gałęzie transportu, w tym transport kolejowy, celem kompleksowej obsługi terenu UE. Polskie linie kolejowe zostały włączone w główne osie transportowe, łącząc je w tzw. „korytarze transportowe”. Na terenie Polski znajdują się 2 z 9 opracowanych korytarzy: „Bałtyk – Adriatyk” oraz „Morze Północne – Bałtyk”. Oba korytarze przedstawiono na rysunku nr 4, kolorem czerwonym zaznaczono korytarz „Bałtyk – Adriatyk”, niebieskim „Morze Północne – Bałtyk”.



Rys. 4 – Korytarze sieci TEN-T w Polsce

Źródło: [www.gov.pl].

Lista zmian wprowadzonych przez prawodawstwo Unii Europejskiej jest liczna i trudna do szczegółowego opisu w niniejszej pracy. Należy jednak wspomnieć,

iz u podstaw polityki transportowej kraju leżą kompleksowe opracowania, na podstawie których realizowane są obecnie programy rozwoju kolei w Polsce. Opis wybranych opracowań wraz z krótką charakterystyką przedstawiono w tabeli nr 1 [3].

Tabela 1 – Wybrane opracowania polskiej polityki transportowej kraju

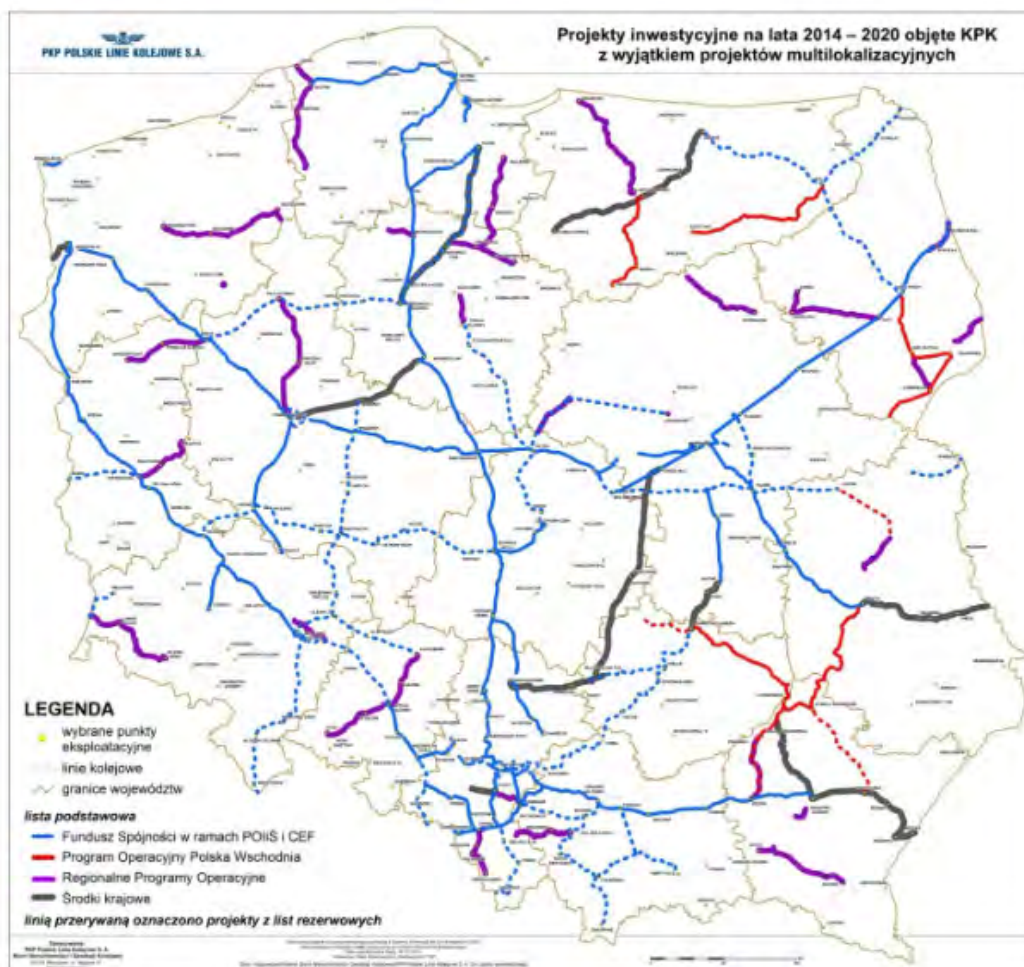
Źródło: [3]

Nazwa opracowania	Opis zawartości dokumentu
Master plan dla transportu kolejowego w Polsce do 2030 roku [1].	Strategiczny dokument z 2008 roku przedstawiający ogólny stan rynku transportowego w Polsce: historię kolejnictwa, obecny stan infrastruktury, plany rozwojowe oraz kierunki możliwych działań.
Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju – Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności.	Kompleksowa strategia, zakładająca jako główny cel dążenie do poprawy jakości życia Polaków. Związana jest z konkurencyjnością gospodarki, równoważenia potencjału rozwojowego regionów Polski oraz efektywności i sprawności państwa.
Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 roku).	Określa cele i kierunki rozwoju transportu poprzez zwiększenie dostępności terytorialnej, poprawy bezpieczeństwa uczestników ruchu i efektywności sektora transportowego w Polsce.
Biała Księga opublikowana 28 marca 2011r. przez Komisję Europejską.	Przedstawia docelowy i pożądaný obraz konkurencyjnego systemu transportu w Unii Europejskiej.

Efektom wdrożonej polityki transportowej są programy modernizacji polskiej kolei. Pierwszy z nich „Wieloletni Program Inwestycji Kolejowych do roku 2013” został przyjęty w roku 2011, a jego zakończenie przypadło na koniec roku 2015. Program obejmował w swojej ostatecznej wersji 140 projektów inwestycyjnych, na które zaplanowano 24,9 mld zł, głównie z środków Unii Europejskiej [19].

Kontynuacją przebudowy polskiej kolei jest obecnie realizowany „Krajowy Program Kolejowy do roku 2023”. Jego budżet wynosi obecnie 75,7 mld zł, przy znacznym finansowaniu z środków Unii Europejskiej. W ramach Krajowego Programu Kolejowego planuje się wykonanie prawie 300 zadań inwestycyjnych, co przełoży się na modernizację

lub budowę 9 000 km linii kolejowych [3]. Plan inwestycji objętych obecnym Krajowym Programem Kolejowym przedstawiono na rysunku nr. 5.



Rys. 5 - Mapa inwestycji objętych „Krajowym Programem Kolejowym do roku 2023”

Źródło: [www.plk-sa.pl]

5. Porównanie uwarunkowań polityczno-ekonomicznych oraz procesu realizacji przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej

Sytuacja funkcjonowania kolei na ziemiach Polski w latach 20-tych XX wieku oraz obecnie może być porównywalna. Skala inwestycji kolejowych w obu analizowanych przypadkach obejmowała swoim obszarem cały kraj. Prawidłowa realizacja programów inwestycyjnych w sposób istotny mogła mieć wpływ na całą gospodarkę kraju, z szczególnym uwzględnieniem szeregu branż, w których przewóz pasażerów i towarów jest kluczowym aspektem. W celu zbadania obu analizowanych okresów w historii Polski porównano najważniejsze aspekty uwarunkowań polityczno-ekonomicznych oraz procesu realizacji przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej. Pominięto oczywisty rozwój technologii robót budowlanych.

1. Porównanie uwarunkowań polityczno-ekonomicznych

Lata 20-ste XX wieku to czas kształtowania się prawodawstwa i ujednoczenia wielu procedur, w tym, dotyczących budownictwa kolejowego czy zmian w przepisach zaborców. Ówczesna polityka transportowa kraju obejmowała szereg łączących się ze sobą spraw, które zapewniały prawidłowe funkcjonowanie kolei. Oprócz inwestycji związanych z budową nowych linii kolejowych władze państwowe kładły nacisk na sprawną eksploatację, co z kolei przekładało się na dużą popularność tego środka transportu. Wzorem lat wcześniejszych (przed I wojną światową) dopuszczono do budowy i eksploatacji również prywatne podmioty. Pozwoliło to na rozwój sieci kolejowej według rynkowych zasad, co w konsekwencji umożliwiło optymalne kształtowanie tras, zarówno pod względem opłacalności czasu, jak i pieniędzy [4].

Obecną sytuację polityczno-ekonomiczną reguluje szereg aktów prawnych różnego stopnia. Duży wpływ na kształtowanie polityki transportowej państwa mają kierunki rozwoju Unii Europejskiej zmierzające do ujednoczenia standardu infrastruktury kolejowej w państwach członkowskich. Na ten cel Unia Europejska zapewnia środki finansowe, będące podstawowym zabezpieczeniem obecnie realizowanego „Krajowego Programu Kolejowego”. Zarówno obecny program inwestycji kolejowych, jak i poprzedni, dotyczy w przeważającej większości projektów będących modernizacją lub remontem istniejących linii kolejowych. Brak w nich budowy nowych szlaków, bądź łącznic. Głównym inwestorem prowadzonych inwestycji jest państwowy zarządca narodowej sieci kolejowej, a udział inwestycji prywatnych jest znikomy [3].

Dla porównania obu analizowanych czasookresów przedstawiono w tabeli nr 2 wybrane parametry opisujące uwarunkowania polityczno-ekonomiczne.

Tabela 2 – Wybrane parametry opisujące uwarunkowania polityczno-techniczne budowy linii kolejowych w Polsce.

Źródło: [3, 4]

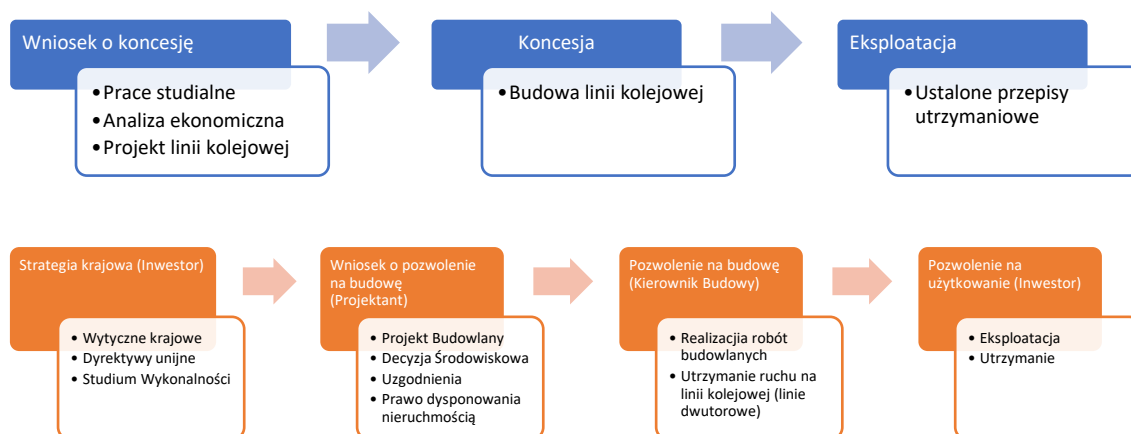
Parametr	Sytuacja w latach 20-tych XX wieku	Stan obecny
Inwestor	Prywatny oraz Publiczny	Publiczny
Finansowanie	Środki prywatne oraz publiczne	Środki publiczne (polskie i zagraniczne)
Prawodawstwo	Proste (kilka ustaw)	Złożone (ustawy, rozporządzenia, normy, wytyczne unijne)
Dominujący typ inwestycji	Budowa nowych linii	Modernizacja lub Przebudowa istniejących linii kolejowych
Planowany zakres robót	Około 4 000 km linii kolejowych	Około 9 000 km linii kolejowych

1.1. Porównanie procesu realizacji przedsięwzięć budowy infrastruktury kolejowej

Budowlany proces inwestycyjny w II RP nie był rozbudowany i nie posiadał usystematyzowanych procedur. Charakteryzował się dużą swobodą wyboru uczestników, odpowiedzialności projektantów czy inwestorów za powodzenie całego przedsięwzięcia. Zgodnie z obowiązującą ustawą, do wniosku o udzielenie koncesji na budowę linii kolejowej należało przedstawić prace studialne oraz założenia projektowanej linii obejmujące podstawowe dane techniczne wedle rozporządzenia i spodziewane efekty. Zgody na budowę linii kolejowej (w drodze wydania koncesji) udzielał Prezydent RP w randze ustawy, co powodowało możliwość wykupu gruntu oraz wykonania prac. Za prawidłowy przebieg inwestycji, wykonanie prac oraz eksploatację odpowiadał podmiot gospodarczy lub wskazana osoba. Do wykonania były prace obejmujące układ drogowy (nawierzchnię torową oraz roboty ziemne), obiekty inżynierskie, budynki towarzyszące i elementy sygnalizacji. [10]

„Krajowy Program Kolejowy do roku 2023” zawiera szczegółowy harmonogram inwestycji budowlanych ujęty w rocznych interwałach [19]. Zaplanowane przedsięwzięcia budowlane realizowane są w rygorze ustawy prawo budowlane, regulującej szczegółowo każdy aspekt wykonania prac, łącznie z ustaleniem odpowiedzialności każdego uczestnika procesu budowlanego. Nad prawidłowym przebiegiem prac, oprócz inwestora, nadzór pełni kilkanaście instytucji rządowych oraz zagranicznych (w tym przedstawiciele Unii Europejskiej). Prawidłowo wykonany projekt budowlany jest efektem pracy wykwalifikowanego Projektanta, natomiast za realizację robót budowlanych odpowiada profesjonalny kierownik budowy. Każdy z nich posiada stosowne uprawnienia budowlane, gwarantujące prawidłowe przygotowanie zawodowe. W ramach modernizacji lub przebudowy, oprócz standardowych prac, wykonuje się roboty związane z budową urządzeń SRK, prace elektroenergetyczne, teletechniczne oraz związane z siecią trakcyjną.

Budowlany proces inwestycyjny analizowanych czasookresów został schematycznie przedstawiony na rysunku nr 6. Kolorem niebieskim przedstawiono schemat dla lat 20- tych XX wieku, pomarańczowym schemat dla stanu obecnego. Na schemacie dla stanu obecnego wskazano również uczestnika procesu budowlanego odpowiedzialnego za odpowiednią jego fazę.



Rys. 6 – Schemat budowlanego procesu inwestycyjnego dla budowy linii kolejowych w latach 20-tych XX wieku oraz obecnie

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6,10,19]

6. Podsumowanie

Jednym z źródeł wiedzy wykorzystywanych przy planowaniu inwestycji jest analiza zrealizowanych przedsięwzięć budowlanych o podobnych parametrach [5].

Niewątpliwie stan infrastruktury kolejowej i jej rozwój w latach 20-tych XX wieku w Polsce można traktować jako sytuację podobną do obecnej. Duża kumulacja realizowanych przedsięwzięć na nie spotykaną wcześniej skalę, ambitne plany czy rygorystyczne harmonogramy. Wszystko to pozwala na porównanie charakterystyk obu sytuacji i próbę odczytania potencjalnych ryzyk lub szans dla realizowanego obecnie „Krajowego Programu Kolejowego do roku 2023”.

Autor przedstawił przegląd najważniejszych aspektów historycznych uwarunkowań polityczno-ekonomicznych, a także omówił wybrane cechy budowlanego procesu inwestycji. Przedyskutowane charakterystyki dają pobieżną informację, która powinna być należycie uszczegółowiona. Ogólne mechanizmy, bądź ukazane zależności, są niemożliwe do precyzyjnego porównania i wyciągania wniosków. Wymagane jest ich dalsze zbadanie, a zaprezentowany materiał stanowi przyczynek do kolejnych badań autora w tym zakresie.

7. Bibliografia

- [1] Raport roczny PKP PLK S.A. za rok 2019.
- [2] www.gov.pl – dostęp na dzień 4.05.2021r.
- [3] Uchwała Rady Ministrów nr 162/2015 z dnia 15 września 2015r. w sprawie ustanowienia Krajowego Programu Kolejowego do 2023 roku.
- [4] Taylor, Z. (2007). Rozwój i regres sieci kolejowej w Polsce. *Monografie-Polska Akademia Nauk. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego*.
- [5] Kasprowicz, T. (2007). Inżynieria przedsięwzięć budowlanych, [w:] *Metody i modele w inżynierii przedsięwzięć budowlanych*, red. naukowy Oleg Kapliński, Wyd. PAN KILiW, IPPT, 35-78.
- [6] Połoński, M. (Ed.). (2008). *Proces inwestycyjny i eksploatacja obiektów budowlanych*. Wydawnictwo SGGW.
- [7] Grzyl, B., & Kristowski, A. (2013). Proces kontroli kosztów w kolejnych fazach inwestycji budowlanej. *TTS Technika Transportu Szynowego*, 20.
- [8] Stokes, E., & Akram, S. (2010). *Zarządzanie przedsięwzięciem budowlanym*. Wydawnictwo POLTEXT.
- [9] Trzeciak, M., & Spatek, S. (2016). Zarządzanie ryzykiem w ramach metodyk tradycyjnych oraz zwinnych w zarządzaniu projektami. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, (93), 483-492.

-
- [10] Wasiutyński A. (1925). *Drogi Żelazne*, Wydawnictwa Naukowe Komisji Wydawniczej Towarzystwa Pomocy Studentów Politechniki Warszawskiej.
- [11] Stecewicz Józef: *Przyszły rozwój sieci kolejowej w Państwie Polskim*. Przegląd Techniczny, No 26/1922, Warszawa, dnia 27 czerwca 1922 r. Tom LX. s 181-184;
- [12] Koziarski, S. M. (1993). *Sieć kolejowa Polski w latach 1918-1992*. Państwowy Instytut Naukowy.
- [13] Rozporządzenie Ministra Kolei Żelaznych z dnia 10.III.1923r. nr V.1744/23/22 w sprawie przepisów technicznych projektowania i budowy kolei żelaznych znaczenia ogólnego.
- [14] www.stat.gov.pl – dostęp na dzień 4.05.2021r.
- [15] www.utk.gov.pl – dostęp na dzień 4.05.2021r.
- [16] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - *Prawo budowlane* (Dz.U. 2020.1333) tekst jednolity
- [17] Błażewski, M. (2014). Reglamentacja rozpoczęcia wykonania budowli kolejowych. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (368), 9-18.
- [18] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej (Dz.U. L 348 z 20.12.2013, str. 1–128);
- [19] Wieloletni Program Inwestycji Do Roku 2013 z perspektywą do roku 2015, z dnia 7 listopada 2011r.

ROZWIĄZANIA ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DWORCACH KOLEJOWYCH, KTÓRYMI ZARZĄDZAJĄ POLSKIE KOLEJE PAŃSTWOWE S.A.

mgr Ewa Wójcik

Akademia WSB

Pojęcie bezpieczeństwa ewaluowało na przestrzeni wieków, a niewątpliwie nowe spojrzenie w ostatnich latach na tę kwestię miały zamachy terrorystyczne z 11 września 2001 r., w wyniku których zginęło prawie trzy tysiące osób. Spowodowało to poczucie chaosu oraz braku bezpieczeństwa. Po Stanach Zjednoczonych również i Europę dotknęły zamachy w Madrycie i Londynie. W wyniku tychże wydarzeń w wielu krajach zmieniono procedury bezpieczeństwa, a w zasadzie zaostrzono je. Dodatkowo kryzys migracyjny w Europie stał się kolejnym dużym wyzwaniem dla służb. Zmiany w systemie bezpieczeństwa nie ominęły również Polski. Wprawdzie nasz kraj wydaje się być krajem wolnym od działań i zamachów terrorystycznych, jednakże spokój jest jedynie pozorny, ponieważ brak jest gwarancji całkowitego bezpieczeństwa i stale należy monitorować obszary narażone na zagrożenie terrorystyczne. Wydarzenia, które mają miejsce od początku XXI w., zmieniły sposób postrzegania bezpieczeństwa również w obszarze związanym z koleją. Dworce, stacje, pociągi to przestrzeń publiczna, do której – ze względu na swój charakter – mają dostęp wszyscy. Od lat ogromnym problemem z jakim zmagają się przedsiębiorstwa kolejowe to wypadki związane z niewłaściwym zachowaniem pieszych i kierujących przy przekraczaniu torów. Jednakże po wydarzeniach związanych z atakami terrorystycznymi stwierdzono, iż najbardziej narażonym na działanie tychże ataków obszarem kolejowym są dworce, a w szczególności te, które są usytuowane na ważnych węzłach komunikacyjnych i dużym natężeniu w ruchu pasażerów. Dworce często połączone są bezpośrednio z centrami handlowymi, centrami przesiadkowymi, oraz ciągami komunikacyjnymi łączącymi dwie strony miasta. Poza aktami wandalizmu, kradzieżami czy wybrykami chuligańskimi, coraz większe zagrożenie stanowi ryzyko ataków terrorystycznych.

PKP S.A. jako największy w Polsce zarządca dworców kolejowych zintensyfikowały swoje działania celem zmniejszenia ryzyka wystąpienia zdarzeń mających wpływ na bezpieczeństwo pasażerów, klientów czy też osób przebywających na dworcu. Wiodącą rolę w zapewnieniu tego bezpieczeństwa pełni Biuro Bezpieczeństwa PKP S.A.,

które realizuje zadania m.in. w zakresie wyznaczania standardów w zakresie bezpieczeństwa osób i mienia, ochrony fizycznej i zabezpieczeń technicznych w obszarze nieruchomości Spółki, w tym w szczególności na nieruchomościach dworców kolejowych i budynkach administracyjnych, przeprowadzania audytów i kontroli bezpieczeństwa w nieruchomościach Spółki, organizacja planowania oraz koordynacji zadań z zakresu zarządzania kryzysowego w Spółce oraz reprezentowania Spółki na posiedzeniach organów zarządzania kryzysowego administracji publicznej, koordynacji zadań z zakresu ochrony infrastruktury krytycznej zarządzanej przez Spółkę oraz koordynacji i realizacji zadań związanych z ochroną przeciwpożarową w PKP S.A.¹ Biuro Bezpieczeństwa bierze udział w projektach modernizacji dworców, rozwija oraz wprowadza standardy systemów zabezpieczeń technicznych na nowo powstałych inwestycjach, a także uczestniczy w pracach Komisji Odbiorowych modernizowanych obiektów. Ponadto stworzyło oraz uaktualnia Wytyczne, które są załącznikiem do wewnętrznego dokumentu „Dobre Praktyki w inwestycjach i eksploatacji infrastruktury pasażerskiej. Wytyczne do projektowania, wykonywania robót budowlanych i eksploatacji”. Do sprawnego realizowania powierzonych zadań powołano wydziały, które funkcjonują w ramach Biura Bezpieczeństwa, są to m.in.:

1. Wydział Bezpieczeństwa Nieruchomości i Zarządzania Kryzysowego, w tym:
Zamiejscowy Zespół ds. Bezpieczeństwa Nieruchomości i Ochrony Przeciwpożarowej w Gdańsku, Katowicach, Krakowie, Poznaniu, Warszawie i Wrocławiu,
2. Wydział Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych (CBDK), w tym:
Zamiejscowe Wieloosobowe Stanowisko Pracy ds. Zabezpieczeń Technicznych w Gdańsku, Katowicach, Krakowie, Poznaniu, Warszawie i Wrocławiu
3. Wydział ds. Zabezpieczeń Technicznych.

Biuro Bezpieczeństwa na bieżąco prowadzi analizę i ocenę rozwiązań organizacyjnych oraz systemów zabezpieczenia technicznego mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa na dworcach kolejowych, analiza ta prowadzona jest na przykładzie zdarzeń i zagrożeń, które miały miejsce na przestrzeni ostatnich lat w Polsce.

¹ Uchwała Nr 558 Zarządu PKP S.A. z dnia 8 grudnia 2020 roku, *Regulamin organizacyjny PKP S.A.*

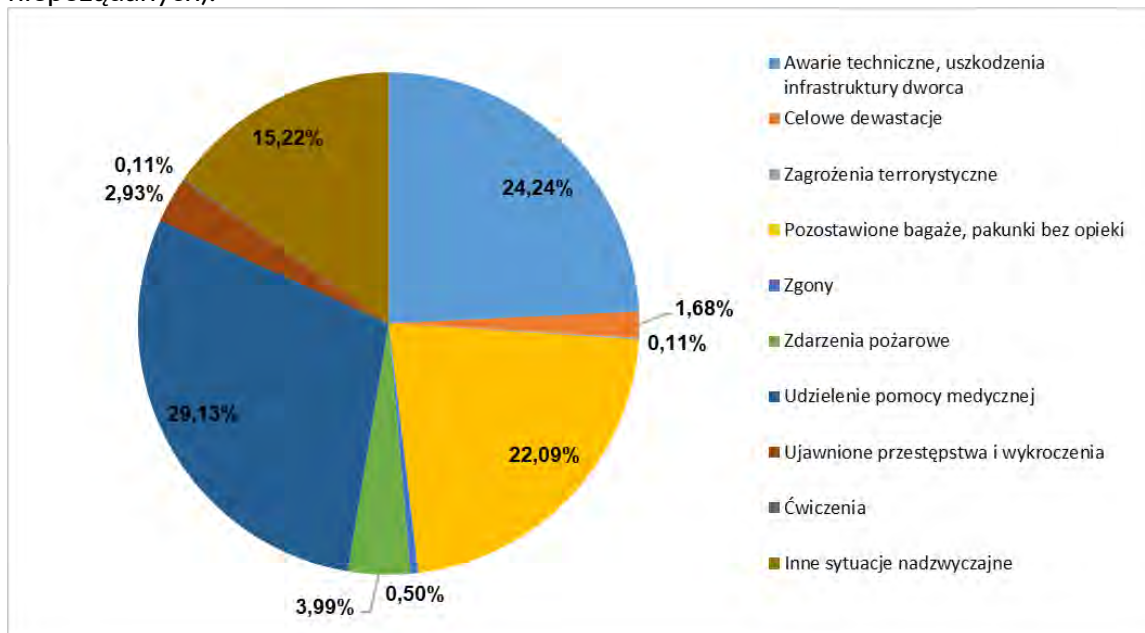
Rejestr wszystkich zdarzeń na dworcach i innych nieruchomościach PKP S.A. prowadzi Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych PKP S.A. W 2020 r. ujawniono **3581** zdarzeń mających wpływ na bezpieczeństwo, w tym:

- awarie techniczne, uszkodzenia infrastruktury dworca – **868**,
- celowe dewastacje – **60**,
- zagrożenia terrorystyczne – **4**,
- pozostawione bagaże, pakunki bez opieki – **791**,
- zgony – **18**,
- zdarzenia pożarowe – **143**,
- udzielenie pomocy medycznej – **1 043**,
- ujawnione przestępstwa i wykroczenia – **105**
- ćwiczenia – **4**.
- inne sytuacje nadzwyczajne (np. ewakuacja dworca, przejazdy i obecność kibiców, osoby zaginione i poszukiwane, podejrzane zachowania, próby samobójcze, osoby postronne na torowisku, cudzoziemcy, użycie środków przymusu bezpośredniego, nieuprawnione wtargnięcie do pomieszczeń) – **545**.

Ponadto odnotowano **14 120** zdarzeń w obszarze: obecność osób niepożądanych. Są to głównie przypadki osób bezdomnych, nietrzeźwych lub pod wpływem środków odurzających oraz sprawcy wykroczeń porządkowych.²

² Materiał wewnętrzny PKP S.A. Zestawienie zdarzeń zarejestrowanych przez Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych w 2020 r.

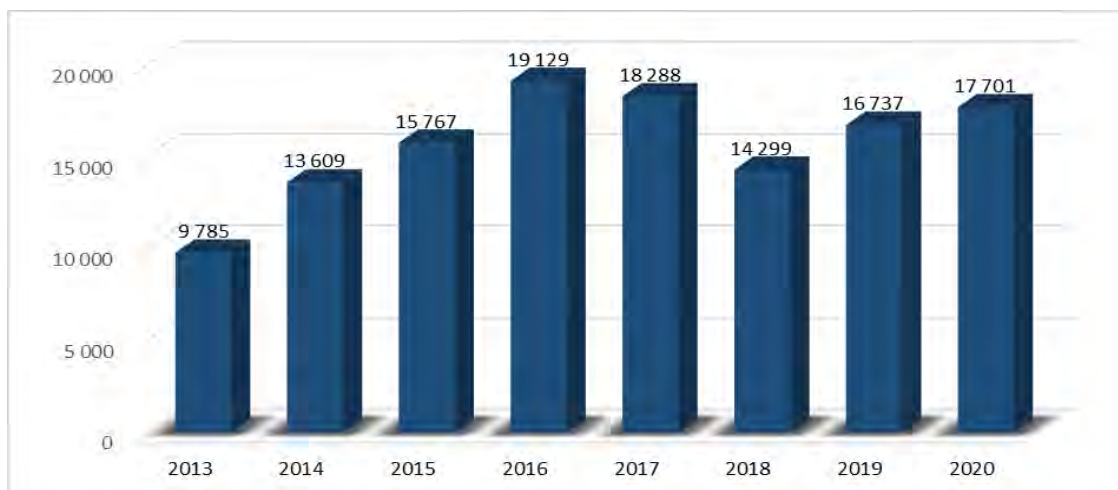
Rysunek 1. Procentowy udział kategorii we wszystkich zgłoszeniach zarejestrowanych w Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych (z wyłączeniem obecności osób niepożądanych).



Źródło: Materiały wewnętrzne PKP S.A. Zestawienie zdarzeń zarejestrowanych przez Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych w 2020 r.

Rejestry prowadzone przez CBDK, od początku jego funkcjonowania tj. 2013 r., pozwalają na długofalową analizę zdarzeń i sytuacji niebezpiecznych. Największą ilość zdarzeń niepożądanych odnotowano w 2016 r., co było niepokojące, ponieważ odnotowano duży wzrost w stosunku do 2015 r. tj. aż o 3 362 zdarzenia. Rok 2017 przyniósł niewielki spadek. Rok 2018 to nadal tendencja spadkowa. Ponowny wzrost zdarzeń nastąpił w latach 2019–2020.

Rysunek 2. Liczba zarejestrowanych w Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych zdarzeń w latach 2013 – 2020.



Źródło: Materiały wewnętrzne PKP S.A. Zestawienie zdarzeń zarejestrowanych przez Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych w latach 2013-2020

Na podstawie tych danych Spółka zdefiniowała najbardziej problematyczne obszary, które wymagały, bądź wciąż wymagają poprawy. Ponadto stworzono dokument Analiza bezpieczeństwa na obszarach kolejowych i w pociągach, w aspekcie zmian w polskim kolejnictwie, który był wstępem do przygotowania nowej Strategii działań zmierzających do poprawy stanu bezpieczeństwa na obszarach kolejowych i w pociągach. Porozumienie w sprawie przyjęcia dokumentu zostało podpisane przez Komendanta Głównego Policji, Komendanta Głównego Straży Granicznej, Komendanta Głównego Żandarmerii Wojskowej a spółkami kolejowymi³. Łącznie porozumienie podpisały 22 podmioty kolejowe. Analityczno-informacyjny charakter dokumentu ma za zadanie przybliżyć zainteresowanym stronom stan bieżący, zakres zadań i zmiany zachodzące w transporcie kolejowym na przestrzeni ostatnich lat, a także zmniejszyć liczbę wydarzeń negatywnych w dziedzinie bezpieczeństwa oraz osiągnąć porozumienie pomiędzy spółkami kolejowymi, a służbami mundurowymi. Synteza bezpieczeństwa na obszarach kolejowych i w pociągach oraz zmian w polskim kolejnictwie na przestrzeni ostatnich lat pozwoliła na zaobserwowanie zmian w odnotowywanych zagrożeniach w różnych obszarach bezpieczeństwa.

Wspomniane już Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych jest niewątpliwie ważnym elementem całej strategii. Pełni przede wszystkim rolę punktu kontaktowego Spółki w systemie zarządzania kryzysowego. Siedziba CBDK zlokalizowana jest z dala od głównych linii kolejowych i najważniejszych dworców, tak aby w przypadku sytuacji kryzysowych zapewnić ich ciągłość działania. CBDK po uzyskaniu informacji o zdarzeniach na dworcach odpowiednio reaguje, informując o nich właściwe służby (Policja, wojewódzkie centra zarządzania kryzysowego itd.), pion administracji nieruchomości PKP S.A., Centrum Zarządzania Ruchem Kolejowym PKP PLK S.A., Komendę Główną Straży Ochrony Kolei (których pion dyspozytorskie pełnią rolę głównych kanałów przepływu

³ Polskie Koleje Państwowe S.A., PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., PKP Energetyka S.A., TK Telekom sp. z o.o., PKP Intercity S.A., PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście sp. z o.o., PKP Cargo S.A., PKP Linia Hutnicza Szerokotorowa sp. z o.o., POLREGIO sp. z o.o., Koleje Wielkopolskie sp. z o.o., „Koleje Mazowieckie – KM” sp. z o.o., Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o., Szybka Kolej Miejska sp. z o.o. w Warszawie, CTL Logistics sp. z o.o., LOTOS Kolej sp. z o.o., „Łódzka Kolej Aglomeracyjna” sp. z o.o., Koleje Śląskie sp. z o.o., PKP TELKOL sp. z o.o., CARGO Master sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Obrotu Surowcami Wtórnymi „DEPOL” sp. z o.o., BARTEX sp. z o.o., Koleje Dolnośląskie S.A.

informacji w kolejowym systemie zarządzania kryzysowego). Do zadań CBDK należy w szczególności:

- bezpośrednie monitorowanie obszaru Warszawskiego Węzła Kolejowego (WWK) przy wykorzystaniu elektronicznych systemów zabezpieczeń oraz nadzór nad ciągłością działania pracy systemów bezpieczeństwa WWK, a także administrowanie systemem kontroli dostępu,
- całodobowe monitorowanie zagrożeń na terenach kolejowych, w tym szczególnie na worcach kolejowych na obszarze całego kraju,
- współpraca ze służbami oraz innymi organami publicznymi w zakresie wymiany informacji, w celu zapewnienia bezpieczeństwa w nieruchomościach PKP S.A.,
- współpraca z podmiotami kolejowymi oraz organami państwowymi w ramach systemu zarządzania kryzysowego,
- sporządzanie raportów i meldunków specjalnych na potrzeby PKP S.A. oraz sporządzanie dokumentacji działań podejmowanych przez CBDK.

Warszawski Węzeł Kolejowy, jako największy węzeł kolejowy w Polsce, został objęty szczególnym systemem bezpieczeństwa. Przede wszystkim, na przestrzeni ostatnich lat dokonano modernizacji, której celem była poprawa bezpieczeństwa WWK. Modernizację podzielono na 4 projekty:

- modernizacja budynku, w którym mieści się Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych,
- położenie światłowodów do przesyłu danych,
- montaż systemów monitoringu, kontroli dostępu, sygnalizacji włamań i napadów,
- przystosowanie dworca Warszawa Centralna do przepisów przeciwpożarowych.

W ramach modernizacji siedziby CBDK na sali operacyjnej powstała ściana graficzna, gdzie w całodobowym systemie zmianowym są monitorowane dworce należące do WWK.

Rysunek 3. Widok Sali operacyjnej Centrum Bezpieczeństwa Dworców Kolejowych.



Źródło: Materiały wewnętrzne PKP S.A. System bezpieczeństwa publicznego na dworcach kolejowych Warszawskiego Węzła Kolejowego (WWK), Warszawa 2017 r.

Dzięki położeniu światłowodów do przesyłu danych, sieć WWK jest całkowicie odseparowana od otwartej sieci internetowej. Systemem objęto 10 dworców, przystanek osobowy, tunel średnicowy oraz siedzibę CBDK.

Rysunek 4. Wykaz obiektów wchodzących w skład Warszawskiego Węzła Komunikacyjnego.



Źródło: Materiały wewnętrzne PKP S.A.

Warszawski Węzeł Komunikacyjny jest monitorowany przez system GEMOS, który jest platformą PSIM tzn. integruje w jednym miejscu wiele różnych systemów, które były montowane w różnym czasie i składają się z komponentów różnych producentów. System GEMOS informuje operatora o zdarzeniu wraz z możliwością dokonania podglądu z najbliższej kamery ulokowanej w jego zasięgu oraz w oparciu o procedury reagowania na zdarzenie podpowiada ścieżkę dalszego postępowania. Dzięki temu operator ma natychmiastowy dostęp do oglądu sytuacji oraz danych kontaktowych do odpowiednich służb, które należy zaangażować w obsługę zdarzenia.

System GEMOS pozwala na zarządzanie i monitorowanie:

1. monitoringu wizyjnego (CCTV),

Część kamer posiada tzw. analitykę obrazu: kamera sama analizuje zachowanie ludzi i na tej podstawie przekazuje do centrum monitoringu ewentualne alerty, np. pozostawiony bagaż, tłum, panika, wałęsanie się, naruszenie linii bezpieczeństwa (np. na peronie). W ramach projektu zamontowano nowe kamery na dworcach, na których dotąd nie było systemu monitoringu. Ponadto wykorzystano istniejące kamery (m. in. na dworcu Warszawa Centralna i Warszawa Wschodnia) i zintegrowano z nowym systemem. Wykorzystano ok. 300 dotychczasowych kamer i zamontowano ok. 850 nowych – w sumie w ramach systemu funkcjonuje więc ponad 1100 kamer CCTV. Zastosowano m.in. kamery obrotowe oraz kamery o bardzo wysokiej rozdzielczości do 29 megapikseli.

2. urządzeń przeciwpożarowych (SSP),

Elementy Systemu Sygnalizacji Pożarowej (SSP) zostały odwzorowane i naniesione na plany dworców. Każdy alarm wykryty przez detektory jest automatycznie wskazywany operatorowi systemu na planie. Pozwala to na szybką identyfikację zdarzenia i możliwość wysłania pracownika ochrony, w celu weryfikacji otrzymanego sygnału. W przypadku prowadzenia prac remontowych, które mogą powodować np. zadymienie i wzbudzenie czujek liniowych lub dymu, operator ma możliwość czasowego wprowadzenia w stan uśpienia wybranych elementów systemu, tak aby nie były generowane fałszywe alarmy.

3. nadzorowanego dostępu do newralgicznych pomieszczeń i obszarów (SKD),

System kontroli dostępu zainstalowany na obiektach objętych projektem został zaprojektowany w taki sposób, że nadawanie uprawnień i wydawanie kart dostępu

wszystkim użytkownikom odbywa się centralnie. Dzięki zarządzaniu centralnemu, a nie jak dotychczas lokalnemu dostęp do pomieszczeń newralgicznych został ograniczony, a za pomocą innych systemów bezpieczeństwa lepiej monitorowany. Wdrożony system kontroli dostępu w czasie rzeczywistym sygnalizuje na stosie alarmów zdarzenia takie jak np. zbyt długie otwarcie czy forsowanie drzwi. Z poziomu operatora możliwe jest zarządzanie pojedynczymi elementami systemu. Zgodnie z doraźnymi potrzebami możliwe jest całkowite zamknięcie drzwi, czy jednorazowe, czasowe otwarcie.

4. poziomu promieniowania (czujki dozymetryczne),

Na dworcu Warszawa Centralna i Warszawa Śródmieście znajdują się czujki dozymetryczne, które na bieżąco monitorują poziom promieniowania jonizującego.

5. sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN),

Newralgiczne pomieszczenia na dworcach zostały objęte Systemem Sygnalizacji Włamania i Napadu. Nieuprawnione wejście do danego pomieszczenia jest sygnalizowane w systemie GEMOS. Operatorzy CBDK mają możliwość natychmiastowej reakcji, podejmowania właściwych działań oraz podglądu miejsca zdarzenia z kamery CCTV.

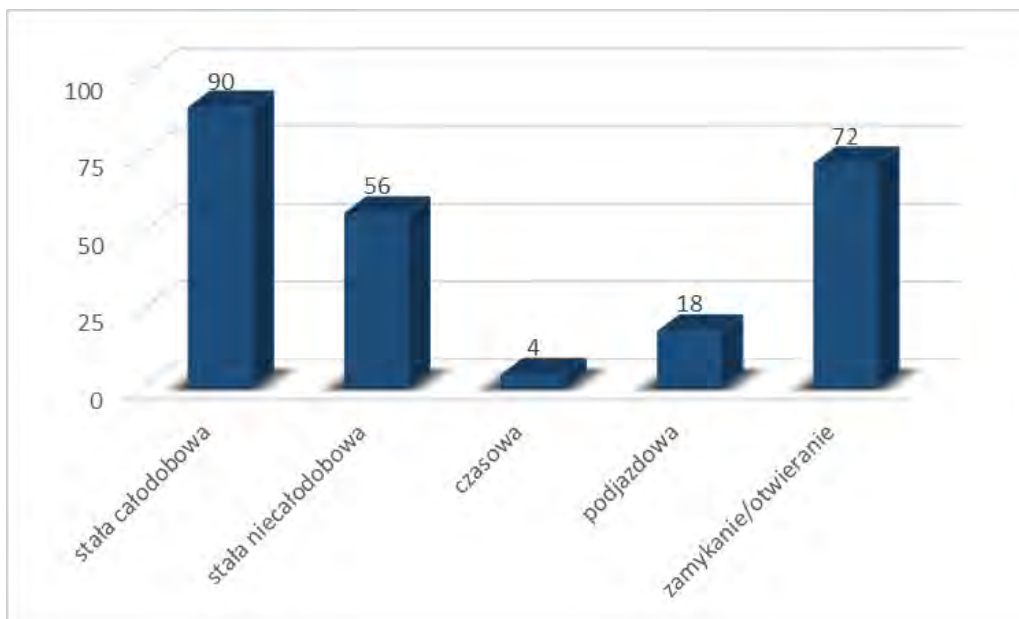
6. stacji pogodowych (meteo),

Na 10 obiektach zostały zainstalowane stacje pogodowe, które pozwalają na bieżące monitorowanie stanu pogody. Monitorowane są następujące parametry: temperatura zewnętrzna, wilgotność powietrza, opady deszczu, ciśnienie atmosferyczne, prędkość wiatru.

7. oraz innych zintegrowanych systemów i urządzeń.

Poza działaniami związanymi z Warszawskim Węzłem Komunikacyjnym, 240 dworców zostało objętych usługą ochrony fizycznej osób i mienia, wykonywanymi przez agencje ochrony.

Rysunek 5. Liczba chronionych dworców w podziale na formy ochrony.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów wewnętrznych PKP S.A.

Wyróżnia się następujące formy ochrony dworców kolejowych:

1. ochrona stała całodobowa – realizowana przez minimum jednego pracownika ochrony fizycznej, wpisanego na listę kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej, wspierana na żądanie pracownika ochrony lub przedstawicieli PKP S.A., grupą interwencyjną;
2. ochrona stała niecałodobowa – realizowana przez minimum jednego pracownika ochrony fizycznej, wpisanego na listę kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej, przez okres krótszy niż 24 godziny na dobę, wspierana na żądanie pracownika ochrony lub przedstawicieli PKP S.A., grupą interwencyjną;
3. ochrona czasowa – realizowana w określonych godzinach przez minimum jednego pracownika ochrony, wpisanego na listę kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej, wspierana na żądanie pracownika ochrony lub przedstawicieli PKP S.A. grupą interwencyjną; przedziały czasowe ochrony są płynne i mogą ulegać zmianom;
4. ochrona podjazdowa – realizowana przez minimum dwóch pracowników ochrony, wpisanych na listę kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej, polegająca na dokonywaniu obchodu obiektu chronionego trwającego minimum 20 minut w określonych odstępach czasowych lub o określonych godzinach w ciągu doby;
5. zamykanie i otwieranie dworca – usługa ta może być realizowana przez minimum jednego pracownika ochrony fizycznej, wobec którego nie wymaga się wpisu na listę

- kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej. W przypadku realizacji usługi przez pracownika ochrony fizycznej, który nie został wpisany na ww. listę, wymagane jest wyposażenie go w pilota antynapadowego, którego uruchomienie spowoduje przyjazd GI w czasie nieprzekraczającym 15 minut;
6. System Automatycznego Zamykania Dworca (SAZD) (dawniej: Bezkluczowy System Kontroli Dostępu /BSKD/) – forma ochrony polegająca na automatycznym lub dalnym zamykaniu i otwieraniu dworca przy pomocy zespołu urządzeń i systemów teleinformatycznych oraz na odbieraniu przez Agencje Ochrony sygnałów o konieczności podjęcia interwencji, przekazywanych przez CBDK lub Lokalne Centrum Zarządzania (LCZ), pracowników ochrony lub osoby postronnej, skutkujących przyjazdem grupy interwencyjnej (GI);
 7. monitoring systemów alarmowych – realizowany poprzez podłączenie systemu alarmowego zainstalowanego w obiekcie do Centrum Monitorowania Alarmów (CMA) Agencji Ochrony lub Lokalnego Centrum Zarządzania (LCZ) w PKP S.A. i świadczeniu przez Agencję Ochrony usługi całodobowego dozoru sygnałów wraz podejmowaniem reakcji na zdarzenia;
 8. Systemy zabezpieczenia technicznego – systemy wspomagające utrzymanie właściwego poziomu bezpieczeństwa na obszarach kolejowych, w tym:
 - a) PSIM - ang. Physical Security Information Management – kompleksowa platforma integrująca i zarządzająca urządzeniami i systemami bezpieczeństwa,
 - b) CCTV – system monitoringu wizyjnego, telewizji przemysłowej, który jest zainstalowany na ok. 200 dworcach,
 - c) SKD – System Kontroli Dostępu,
 - d) SSWiN – System Sygnalizacji Włamania i Napadu,
 - e) SSP – System Sygnalizacji Pożaru,
 - f) DSO – Dźwiękowy System Ostrzegawczy,
 - g) SOS – System łączności Alarmowej,
 - h) czujniki dozymetryczne,
 - i) zabezpieczenia mechaniczne⁴.

⁴ Uchwała Nr 539 Zarządu PKP S.A. z dnia 24 listopada 2020 roku, *Księga standardów wykonywania usługi ochrony fizycznej osób i mienia dla pracowników agencji ochrony obecnych na dworcach kolejowych i w innych nieruchomościach PKP S.A. (KOB – 9)*

W związku z zainstalowanymi systemami na dworcach tj. CCTV oraz central sygnalizacji pożarów, dedykowani pracownicy ochrony są zobowiązani do ich obsługi.

Aby zapewnić jak najwyższy poziom usługi PKP S.A. wymaga, aby pracownicy ochrony byli osobami niekaranymi, posiadającymi wpis na listę kwalifikowanych pracowników ochrony fizycznej. Ze względu na specyfikę ochraniających obiektów dworcowych wszystkie osoby skierowane do ochrony muszą posiadać aktualne badania lekarskie oraz brak jakichkolwiek ograniczeń psychofizycznych. Ponadto PKP S.A. wyklucza możliwość zatrudnienia osób, co do których wydane zostało orzeczenie o niepełnosprawności. Pracownicy ochrony muszą być gotowi do podjęcia działań interwencyjnych o charakterze ochronnym w przypadku zaistnienia stanu bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia albo uszkodzenia mienia.

W ciągu ostatnich lat liczba osób korzystających z przestrzeni dworcowej zwiększa się. Przede wszystkim to na dworcu pasażer rozpoczyna podróż, a także ją kończy. Ponadto na dworcach przebywają nie tylko osoby bezpośrednio korzystające z przewozów pasażerskich, czy też osoby je odprowadzające. Ale także klienci sklepów, które są coraz częściej wpisane w przestrzeń dworcową, a nowobudowane dworce posiadają coraz więcej powierzchni komercyjnych, częstokroć łączonej z galeriami handlowymi. W zamkniętej przestrzeni, szczególnie w godzinach szczytów komunikacyjnych, przebywa bardzo dużo osób. Tłum przemieszcza się od lub do wyjścia. Podjęcie spójnych działań przez spółki kolejowe oraz służby np. Policję, Straż Graniczną, Żandarmerię Wojskową pozwoli na zmniejszenie ryzyka zagrożenia terrorystycznego na obszarach kolejowych. Monitorowanie miejsc szczególnie podatnych i wymiana informacji między wszystkimi zainteresowanymi podmiotami pozwoli zbudować system bezpieczeństwa, który w sposób funkcjonalny będzie zapewniał bezpieczeństwo w przestrzeni publicznej.

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW RAMS ORAZ FMEA DO ANALIZY WPŁYWU ZDARZEŃ LOSOWYCH NA POJAZDY KOLEJOWE

inż. Kornelia Kufeld

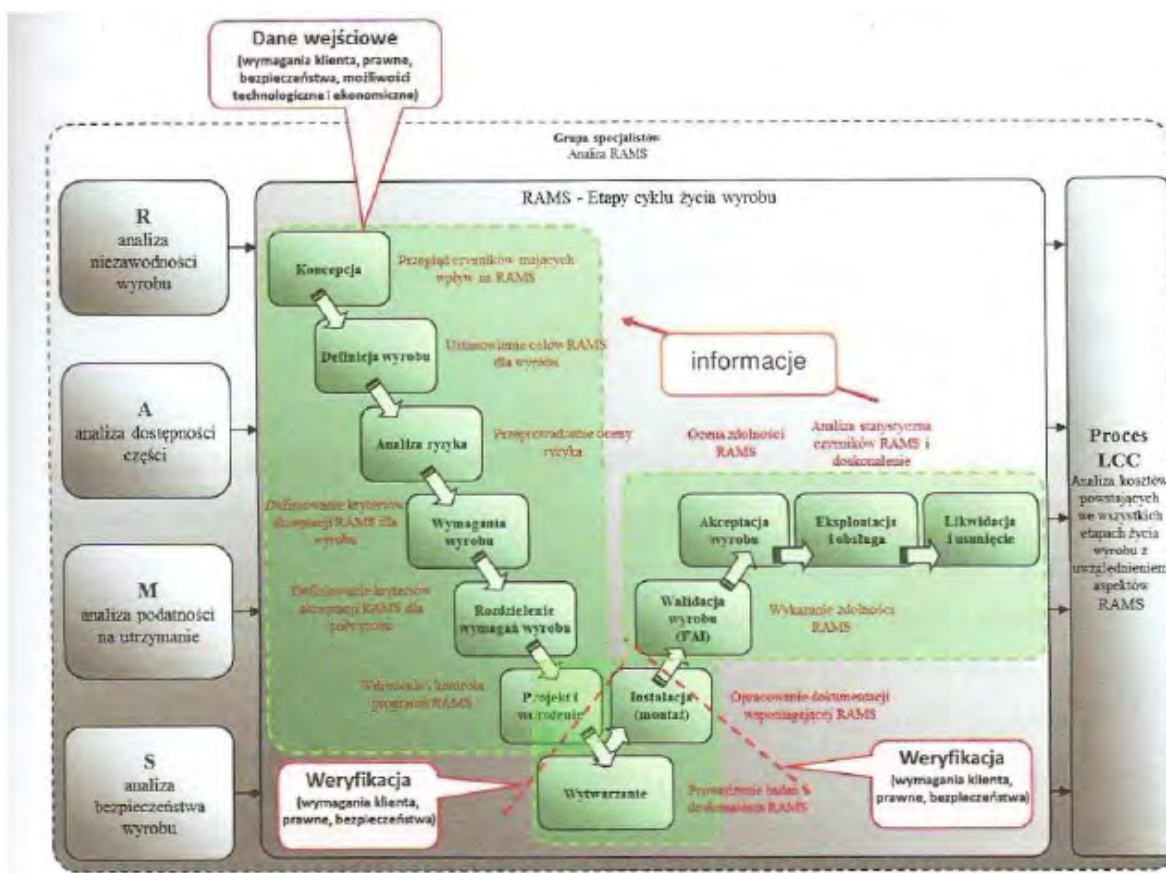
Politechnika Śląska

1. Analiza RAMS i FEMA w odniesieniu do lokomotyw

Nazwa metody pochodzi od akronimu: Reliability, Availability, Maintainability, Safety. Z angielskiego te słowa oznaczają kolejno: Niezawodność, Gotowość, Podatność na utrzymanie i Bezpieczeństwo. Definiuje się je jako:

- Niezawodność - spełnianie zadanych funkcji przez obiekt w określonym czasie i w określonych warunkach eksploatacji.
- Gotowość (również: Dostępność) - prawdopodobieństwo, że element będzie gotowy do podjęcia natychmiastowej pracy w zadanym momencie, przy założeniu, że okoliczności zewnętrzne to umożliwiają.
- Podatność na utrzymanie - przystosowanie do obsługi przeglądowej i rewizyjnej określonej w Dokumentacji Systemu Utrzymania, w celu odtworzenia wymaganych możliwości eksploatacyjnych pojazdu.
- Bezpieczeństwo - stan braku zagrożenia, czyli niedopuszczalnego ryzyka uszkodzeń. Norma PN-EN 50126 dookreśla bezpieczeństwo jako brak występowania zdarzeń mających katastrofalne skutki za równo dla środowiska, jak i użytkownika [1]. Poniższy schemat przedstawia składowe metody RAMS.

Metoda jest stosowana w celu przede wszystkim poprawy wskaźników wymienionych w jej nazwie, w trakcie cyklu eksploatacji pojazdów kolejowych. Możliwym skutkiem jest również obniżenie kosztów generowanych przez pojazd w cyklu życia, ale wymaga to z jednej strony wzajemnej komunikacji między przewoźnikiem eksploatującym pojazd, producentem i podmiotami odpowiedzialnymi za utrzymanie, z drugiej - dodatkowemu prowadzeniu analizy LCC (Life Cycle Cost). Obie analizy wymagają długiego zbierania danych i przeprowadzania ich na różnych etapach funkcjonowania pojazdu, co odwleka korzyści finansowe, jakie niesie za sobą RAMS. Stąd stosowanie ich jest zalecane głównie ze względu na poprawę bezpieczeństwa (na przykład rozporządzenie KE 455/2011 [2]). Poniższy rysunek przedstawia zastosowanie RAMS w cyklu życia pojazdu kolejowego.



Rysunek 1 Stosowanie analizy RAMS w cyklu życia pojazdu szynowego [3]

Początków RAMS należy dopatrywać się w analizach niezawodnościowych z lat 30. XX wieku z obszaru lotnictwa (popularnością zaczęły się cieszyć w latach 50.). Sama analiza RAMS pojawiła się pierwotnie w latach osiemdziesiątych. W latach dziewięćdziesiątych przekształciła się w swego rodzaju dziedzinę inżynierską (zyskując popularność najpierw na kolejach amerykańskich, później europejskich). Została zestandaryzowana przez Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki [4].

Współcześnie RAMS jest metodą opisaną w normie PN-EN 50126. Stosowanie analizy RAMS jest obowiązkowe dla podmiotów, które podporządkowały się standardowi IRIS (International Railway Industry Standard) [5]

Najczęstszymi wskaźnikami w analizie RAMS są [6]:

W zakresie niezawodności: MTBF - średni czas między uszkodzeniami; MDBF - średni dystans między uszkodzeniami; FPMK - liczba uszkodzeń na milion kilometrów; MDT - średni czas zdatności do używania.

W zakresie gotowości: AP - gotowość ze względu na czynności planowane; AN - gotowość ze względu na czynności nieplanowane; AO - gotowość operacyjna; FA - gotowość taboru.

W zakresie podatności na utrzymanie: MTTR - średni czas do przywrócenia; MTBM - średni czas pomiędzy planowanymi czynnościami utrzymania; MDBM - średni przebieg pomiędzy planowanymi czynnościami utrzymania; MTTM - średni czas działań utrzymaniowych (wszystkie wymienione można dodatkowo podzielić na czynności prewencyjne i korekcyjne); MUP - średni czas niezdatności do używania.

W zakresie bezpieczeństwa: MTBHF - średni czas między uszkodzeniami systemów krytycznych dla bezpieczeństwa; MTBSF - średni czas między uszkodzeniami stwarzającymi zagrożenia; H - stopień zagrożenia; TTRTS - czas przywrócenia do stanu bezpiecznego.

Nie ma potrzeby stosowania każdorazowo wszystkich wskaźników. Na etapie przygotowywania analizy należy dobrać najbardziej użyteczne w danym przypadku [6].

Metoda RAMS to analiza niezawodności systemu, w tym przypadku, pojazdu kolejowego. W przypadku zdarzenia losowego trudno jest mówić o tym, że to system (pojazd) zawiódł. Przyczyna tkwi w losowych okolicznościach zewnętrznych, na który sam system nie miał wpływu. Jednak zastosowanie metody RAMS do analizy zdarzeń losowych prowadzi do wniosków, które spełniają cele analizy RAMS - czyli poprawy bezpieczeństwa i oszczędności finansowych.

Analiza FMEA jest stosowana w znacznie szerszym zakresie niż RAMS. Pełna nazwa to Failure Mode and Effects Analysis, czyli Analiza przyczyn i skutków wad. Jest wysoce uniwersalna, dlatego ma zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, również w kolejnictwie jako standard zalecany przez IRIS. Analiza wywodzi się z amerykańskich programów wojskowych, a obecnie na rynku Europejskim reguluje ją norma PN-EN 60812 [5].

Analizy FMEA dokonuje się na podstawie przygotowanego arkusza, w którym określa się rodzaj wady, jej skutki i przyczyny. Należy skazać (w dziesięciostopniowej skali) dotkliwość skutków wystąpienia wady (Severity -S), częstotliwość jej występowania

(Occurance - O) oraz podatność wady na wykrycie (Detection - D). Iloczyn SxOxD o inaczeej wskaźnik RPN, czyli Risk Priority Number (Wskaźnik poziomu ryzyka). Określa on, która z wad jest najpoważniejsza, a więc wymaga najpilniejszej interwencji. Ma to kluczowe znaczenie w zarządzaniu ryzykiem, czyli w systemach SMS (Safety Management System) i MMS (Maintenance Management System). Konieczne jest określenie akceptowalności ryzyka, np. w sposób przedstawiony na poniższym rysunku [6].

Klasa ryzyka	Ryzyko R	Poziom ryzyka
1	$R \leq 120$	AKCEPTOWALNE
2	$120 < R \leq 150$	TOLEROWANE
3	$R > 150$	NIEAKCEPTOWALNE

Rys. 2 Poziomy akceptowalności ryzyka w branży kolejowej [6]

Poniższy rysunek przedstawia przykładowy arkusz analizy FMEA, zaproponowany w[7].

Failure Modes and Effects Analysis																
Przedmiot analizy FMEA:			Skład zespołu:							Koordynator:		Data:				
WAGON TOWAROWY																
Podsystem/ podzespół	Element	Rodzaj uszkodzenia	Skutki uszkodzenia	Severity	Przyczyny uszkodzenia	Occurrence	Metody wy- krywania	Detection	RPN	Zalecane działania	Odpowiedzialny, data	Wyniki działań				
												Podjęte działania	S	O	D	RPN
1. Układ biegowy	1.1 Zestaw kołowy	Plaskie miejsca na powierzchni tocznej koła	Wzrost hałasu tocznego		Zablokowanie zestawu kołowego podczas jazdy wagonu		Ocena wizualna stanu po- wierzchni tocznej									
		Nadmierne podcięcie obrzeża koła	Wykolejenie wagonu podczas przejazdu na łuku		Jazda po łukach o niewielkich promieniach		Oględziny wzrokowe, pomiarowych z wykorzystaniem sprawdzianu i narzędzi									
		Wykruszenia na po- wierzchni tocznej koła	Wzrost hałasu tocznego		Pęknięcie termiczne na powierzchni tocznej		Ocena wizualna stanu po- wierzchni tocznej									
		Pęknięcia obwodowe lub promieniowe na po- wierzchni wieńca koła	Pęknięcie wieńca koła, wykolejenie wagonu		Nadmierny wzrost obcią- żeń dyna- micznych zestawu kołowego		Ocena wizualna stanu technicz- nego koła									
		Pęknięcia obwodowe lub promie- niowe na powierzchni tarczy koła	Pęknięcie tarczy koła, wykolejenie wagonu		Przeciążenia termiczne spowodowane niewłaściwym działaniem hamulca		Ocena wizualna stanu technicz- nego koła									

Rys. 3 Przykładowy arkusz analizy FMEA dla pojazdu kolejowego [7]

W celu oceny poszczególnych wartości iloczynu SxOxD zbiera się zespół ekspercki i przeprowadza burzę mózgów. Na potrzeby pracy inżynierskie zastosowano propozycję

oceny tych wartości ujętą w artykule [8] (przeliczenie na FPMK to przeliczenia własne autorki referatu) i przedstawioną w poniższych tabelach:

Tabela 1
Skutek zagrożenia [8]

Skutek zagrożenia S	Punktacja
Skutki wystąpienia zagrożenia nie mają znaczenia dla poziomu bezpieczeństwa (bez kosztów).	1
Skutki wystąpienia zagrożenia mogą być niewielkie i mogą doprowadzić jedynie do nieznacznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. zakłócenia w prowadzeniu ruchu) lub / oraz kosztów: w poz. „2” do 10 000 euro i w poz. „3” do 50 000 euro.	2 3
Skutki wystąpienia zagrożenia mogą być dość znaczne i mogą prowadzić do obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. incydent, ranni itp.) lub / oraz kosztów: w poz. „4” do 100 000 euro, w poz. „5” do 250 000 euro, w poz. „6” do 500 000 tys. euro.	4 5 6
Skutki wystąpienia zagrożenia mogą być poważne i mogą doprowadzić do wystąpienia znacznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. wypadek kolejowy, ciężko ranni itp.) lub / oraz kosztów: w poz. „7” do 750 000 euro, w poz. „8” do 1 000 000 euro.	7 8
Skutki wystąpienia zagrożenia mogą być bardzo poważne i mogą doprowadzić do wystąpienia drastycznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. poważny wypadek kolejowy, ofiary śmiertelne itp.) lub / oraz kosztów: w poz. „9” do 2 000 000 euro, w poz. „10” powyżej 2 000 000 euro.	9 10

Tabela 2
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia [8]; opracowanie własne

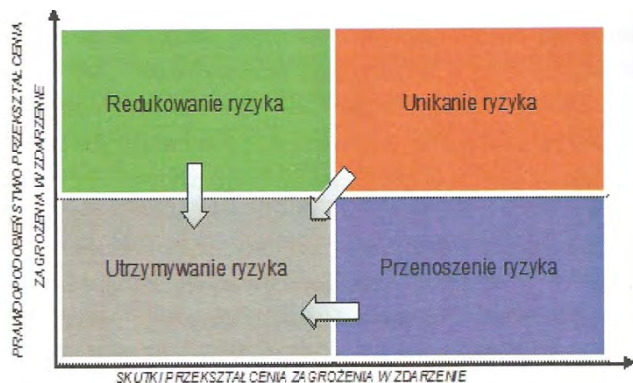
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia O	Częstotliwość (FPMK)	Punktacja
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia jest znikome, praktycznie nie wystąpi.	0,192	1
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia jest niewielkie. Przyczyny zagrożenia występują bardzo rzadko.	0,222	2
	0,263	3
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia jest średnie. Przyczyny zagrożenia występują sporadycznie, co jakiś czas.	0,4	4
	0,5	5
	0,667	6
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia jest wysokie. Przyczyny zagrożenia występują rzadko.	1	7
	1,33	8
Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia jest bardzo wysokie. Jest niemal pewne, że dane zagrożenie wystąpi.	2	9
	10	10

Tabela 3
Prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia [8]

Prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia D	Punktacja
Prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia jest bardzo wysokie. Ujawnienie przyczyny błędu jest pewne.	1
	2
Prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia jest wysokie. Stosowane środki kontroli pozwalają na ujawnienie przyczyny błędu. Zauważalne są symptomy wystąpienia przyczyny.	3
	4
Istnieje przeciętne prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia. Stosowane środki kontroli być może pozwolą na ujawnienie przyczyny błędu. Można ustalić i określić symptomy wskazujące na możliwość wystąpienia zagrożenia.	5
	6

Istnieje niskie prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia. Jest bardzo prawdopodobne, że stosowane środki kontroli nie pozwolą na ujawnienie przyczyny błędu. Ustalenie przyczyny błędu jest bardzo trudne.	7 8
Prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia jest znikome. Praktycznie niemożliwe jest ustalenie przyczyny błędu.	9 10

Strategia wyboru reakcji na ryzyko jest przedstawiona na poniższym rysunku.



Rys. 3 Wybór strategii reakcji na ryzyko [2]

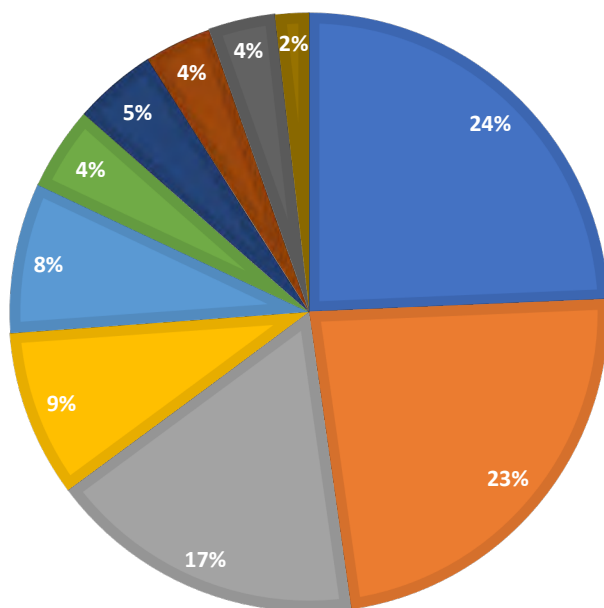
Po podjęciu działań naprawczych należy przeprowadzić analizę ponownie, by sprawdzić, czy ryzyko obniżyło się do akceptowalnego poziomu. Jeśli nie, należy podjąć kolejne działania.

2. Analiza przeprowadzona na potrzeby pracy

Analizie dotyczyła zdarzeń losowych, w których uczestniczyło 10 wybranych lokomotyw na przestrzeni 10 lat (lata 2009-2019). Po każdym zdarzeniu losowym była sporządzana ekspertyza techniczna, w której wskazywano uszkodzenia oraz ich przyczynę. Łącznie powstało 112 takich ekspertyz. Udział procentowy poszczególnych przypadków pokazuje poniższy rysunek:

PRZYCZYNY WSZYSTKICH USZKODZEŃ OPISANYCH W EKSPERTYZACH TECHNICZNYCH

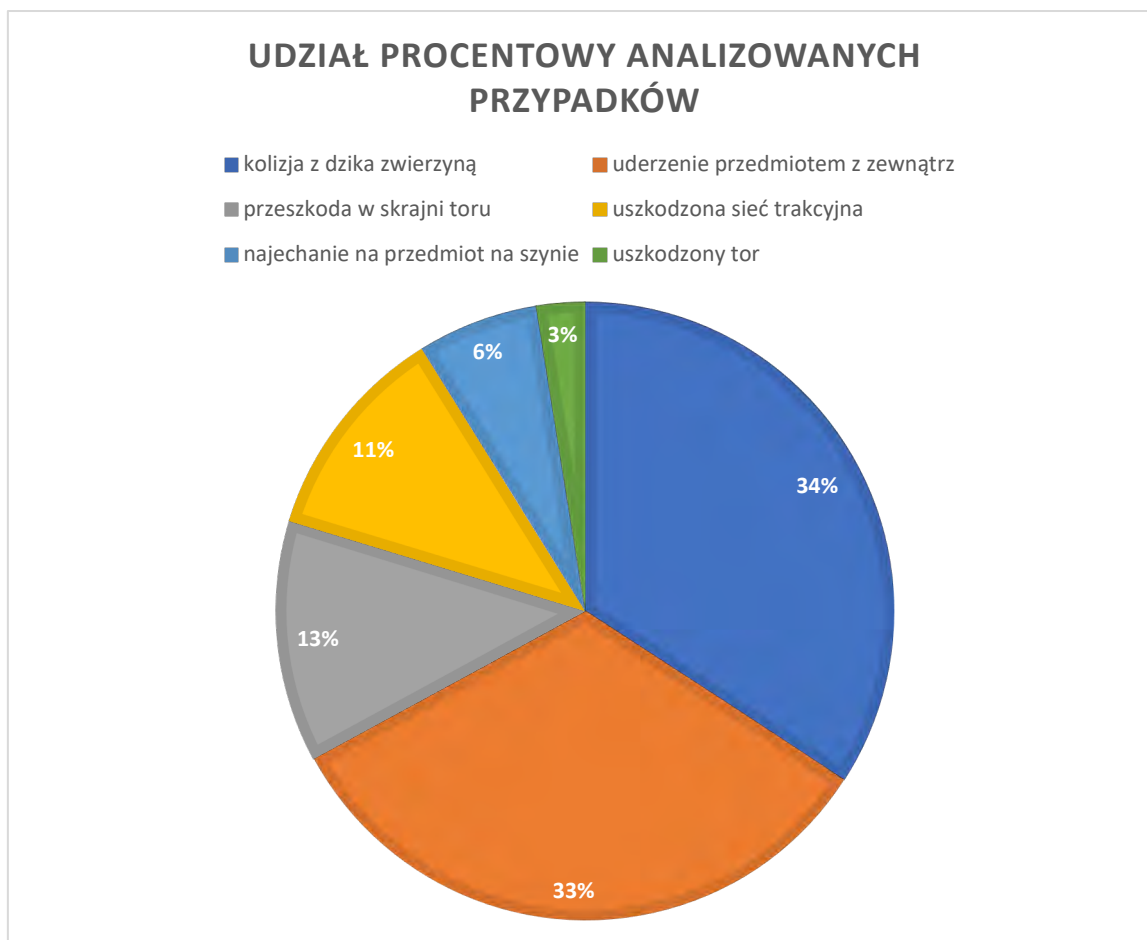
- kolizja z dziką zwierzyną
- uderzenie przedmiotem z zewnątrz
- błąd obsługi
- przeszkoda w skrajni toru
- uszkodzona sieć trakcyjna
- wypadek z innym pojazdem
- najechania na przedmiot na szynie
- wypadek z człowiekiem
- wykolejenie lub przejazd po torze nieprzygotowanym
- uszkodzony tor



Rysunek 4 Wykres przedstawiający procentowy udział przyczyn losowych uszkodzeń lokomotyw; opracowanie własne

Z dalszych analiz wykluczono zdarzenia spowodowane błędem obsługi (w głównej mierze były to zdarzenia obojętne dla bezpieczeństwa, mało znaczące, np. zerwanie podłokietnika) oraz wypadki podlegające postępowaniom organów zewnętrznych, takich jak Państwowa Komisja Badania Wypadków Kolejowych (wypadki z człowiekiem, z innym pojazdem, wykolejenia).

Po odjęciu wyżej wymienionych zdarzeń pozostało 79 ekspertyz. Udział procentowy pozostałych zdarzeń przedstawiono poniżej:



Rysunek 5 Udział procentowy analizowanych przypadków; opracowanie własne

Efektem przeprowadzonej analizy zawartości ekspertyz technicznych będzie opracowanie arkusza FMEA dla zdarzeń, który wykaże, jaki rodzaj zdarzeń wymaga interwencji i zastosowania środków zapobiegawczych/ochronnych. Założenia do przyjmowania wartości liczbowych składowych iloczynu $SxOxD$ w arkuszu FMEA dla zdarzeń:

1) skutki:

- a) wpływ na poszczególnych przyczyn na gotowość operacyjną A_0
- b) stosunek zdarzeń wywołujących zagrożenia do wszystkich wywołanych daną przyczyną (zdarzeń branych pod uwagę w MTBHF do wszystkich pranych pod uwagę w MTTF)
- c) MTTR dla poszczególnych przyczyn, który bierze również pod uwagę średnią ilość uszkodzeń przy poszczególnych zdarzeniach.

- d) Średnie RPN dla uszkodzanych części
- 2) występowanie - wynika wprost ze wskaźnika FPMK, zinterpretowanego przez pryzmat tabeli 2 „Występowanie zagrożenia”
 - 3) łatwość wykrycia - odnosi się do:
 - a) możliwości wykrycia zdarzenia przed jego wystąpieniem
 - b) średniej wartości tego składnika iloczynu dla uszkodzeń wywoływanych tymi przyczynami z FMEA dla uszkodzeń

W celu spełnienia powyższych założeń, obliczono wybrane wskaźniki analizy RAMS oraz sporządzono arkusz FMEA dla poszczególnych uszkodzanych części.

Wybrane wskaźniki RAMS dla poszczególnych zdarzeń obliczono na podstawie wzorów:

- Obszar niezawodności:

FPMK – liczba uszkodzeń na milion kilometrów

$$FPMK = \frac{n \cdot 1000000}{D_T} (1) [6]$$

n - liczba uszkodzeń

D_T - data uszkodzenia

MTBF (Mean Time Before Failure) – średni czas między uszkodzeniami

$$MTBF = MTTR + MTTF (2) [6]$$

MTTF (Mean Time to Failure) - średni czas między wystąpieniem uszkodzeń

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D_{Ai+1} - D_{Azi}}{n-1} (3) [9]$$

D_{Ai+1} - data kolejnego uszkodzenia

D_{Azi} - data uszkodzenia

n to liczba uszkodzeń

MTTR (Mean Time to Repair) – średni czas do przewrótca. Został przyjęty na podstawie doświadczeń serwisantów, z braku innych źródeł.

- Obszar podatności na utrzymanie:

MTBM (Mean Time Between Maintenance) - średni czas między planowanymi czynnościami utrzymania. Został obliczony na podstawie kryterium czasowego DSU.

MTTR (Mean Time to Restore) - średnim czas przywrócenia do użytkowania po rozpoczęciu zaplanowanej czynności utrzymania

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{Zi} - N_{Pi})}{n} (3) [6]$$

N_{Pi} - data wycofania z użytkowania

N_{Zi} - data przywrócenia do użytkowania

n - liczba uszkodzeń

- Obszar gotowości:

A_p - gotowość ze względu na czynności planowane

$$A_p = \frac{MTBM}{MTBM + MTTR} [\%] (4)[6]$$

A_n - gotowość ze względu na czynności nieplanowane

$$A_n = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} [\%] (5)[6]$$

A_o - gotowość operacyjna

$$A_o = 1 - [(1 - A_p) + (1 - A_n)] (6)[6]$$

- Obszar bezpieczeństwa:

MTBHF (Mean Time Before Hazardous Failure) – średni czas pomiędzy uszkodzeniami stwarzającymi zagrożenia.

$$MTBHF = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D_{Afi+1} - D_{Afi}}{n-1} (7)[6]$$

D_{Ai+1} - data kolejnego uszkodzenia stwarzającego zagrożenie

D_{Azi} - data uszkodzenia

n - liczba uszkodzeń

W celu obliczenia tego wskaźnika koniecznym było wskazanie, które ze zdarzeń spowodowały uszkodzenia stwarzające zagrożenia. Za kryterium przyjęto skutek zagrożenia z Tabeli 1 na poziomie powyżej 3. Dla pełni obrazu uwzględniono również daty początku i końca analizowanego okresu.

Tabela 4
Zestawienie obliczonych wskaźników RAMS; opracowanie własne

	Kolizja z dziką zwierzyzną	Uderzenie przedmiotem z zewnątrz	Uszkodzona sieć trakcyjna	Przedmiot w skrajni	Najechnanie na przedmiot na szynie	Uszkodzony tor	ŁĄCZNE
FPMK	1,028	0,990	0,343	0,381	0,190	0,076	3,008
MTTF [dni]	130,393	135,222	365,1	331,909	608,5	1217	45,638
MTTR [dni]	38	20	31	12	3	35	25,696
MTBF	168,393	155,222	396,1	343,909	611,5	1252	71,334
A _n [%]	77,43	87,12	92,17	96,51	99,51	97,2	63,98
A _o [%]	75,93	85,62	90,67	95,01	98,01	96,7	62,48
MTBHF [dni]	202,833	173,86	365,1	456,375	608,5	1217	65,196

Aby spełnić założenia 1d) i 3b) do analizy zdarzeń sporządzono arkusz FMEA dla uszkodzanych części, którego fragment przedstawiono poniżej:

Tabela 5
Fragment przeprowadzonej analizy FMEA dla uszkodzanych elementów; opracowanie własne

Failure Mode and Effect Analysis									
Przedmiot analizy:					Lokomotywa				
Podzespół/ podsystem	Element	Rodzaj uszkodzenia	Możliwe skutki uszkodzenia	Skutki	Przyczyny	Występowanie	Metoda wykrywania	Wykrycie zagrożenia	RP N
Układ biegowy	Zestaw kołowy	Płaskie miejsca na powierzchni tocznej	Wzrost hałasu tocznego, dalsza propagacja uszkodzeń	4	Najechnanie na przedmiot znajdujący się na szynie	1	Ocena wizualna, badania	6	4
Pudło	Stopień wejściowy na czołownicę	wgniecenie	Niewielkie utrudnienia w serwisowaniu	1	Uderzenie przedmiotem z zewnątrz	4	Ocena wizualna	4	16

Obliczono także dodatkowe wskaźniki dotyczące dotkliwości uszkodzeń, tak aby spełnić założenia. Zestawiono je w tabeli:

Tabela 6

Wskaźniki dotkliwości uszkodzeń; opracowanie własne

	Kolizja z dziką zwierzyną	Uderzenie przedmiotem z zewnątrz	Uszkodzona sieć trakcyjna	Przedmiot w skrajni	Najechanie na przedmiot na szynie	Uszkodzony tor
„MTBHF do MTTF” [%]	62,96	76,92	100	70	100	100
Średni wskaźnik łatwości wykrywania	3,41	3,40	3,5	3,62	6	7
RPN (średnie)	45,94	43,53	55,83	51,13	24	42

Tak przeprowadzone obliczenia i analizy pozwoliły na sporządzenie ostatecznego arkusza FMEA dla zdarzeń, zaprezentowanego poniżej.

Tabela 7

Analiza FMEA dla zdarzeń losowych; opracowanie własne

Failure Mode and Effect Analysis					
Przedmiot analizy:					
Zdarzenie	Uszkodzone elementy	Skutki	Występowanie	Łatwość wykrycia	RPN
Kolizja z dziką zwierzyną	Pląg odśnieżny, Crashelement, Zgarniacz czołowy, piasecznica, gniazdo ogrzewania, stopień wejściowy do kabiny maszynisty, stopień wejściowy na czołownicę, stopień manewrowy, system Mirel, sprzęg śrubowy, sprzęg hamulcowy, czujnik K-micro, kurki przewodu głównego, gniazdo ogrzewania, zbiornik smaru, tabliczka znamionowa, silnik trakcyjny, lakier na różnych elementach	7	7	6	294
Uderzenie przedmiotem z zewnątrz	Lusterko, poręcz czołowa, antena GSM-R, przewód główny, silnik trakcyjny, czujnik K-micro, tuba sygnału dźwiękowego, pantograf, system LZB/PZB, lakier na różnych elementach, piasecznica, wycieraczki, szyba czołowa, szyba reflektora, stopień wejściowy na czołownicę	6	7	6	252
Przedmiot w skrajni	Pląg odśnieżny, Crashelement, Zgarniacz czołowy, piasecznica, stopień wejściowy do kabiny maszynisty, system Mirel, sprzęg śrubowy, sprzęg hamulcowy, czujnik K-micro, stopień manewrowy, zbiornik smaru, lakier na różnych elementach	5	4	7	140
Uszkodzenie sieci	Wycieraczki, lakier na różnych elementach, pantograf, tuba sygnału dźwiękowego, antena GSM-R, przewody elektryczne	8	3	8	192
Najechanie na przedmiot na szynach	Powierzchnia toczna kół	2	1	6	12
Uszkodzenie toru	Oboje	3	1	9	27

3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz i obliczeń wywnioskowano, iż:

- Zdecydowana większość zdarzeń losowych powodowana jest kolizjami z dziką zwierzyną i uderzeniami przedmiotu z zewnątrz (łącznie 69%).

- Praca dotyczy lokomotywy pasażerskiej, a więc eksploatowanej z większymi prędkościami niż towarowa, co jest jedną z przyczyn dużej liczby zdarzeń ze zwierzętami.
- Średnio na najdłuższy czas wyłączają pojazdy z użytkowania kolizje z dziką zwierzyną oraz uszkodzenia toru.
- Najgorszy wpływ na gotowość operacyjną floty mają zdarzenia polegające na kolizji z dziką zwierzyną oraz na uderzeniu przedmiotu z zewnątrz.
- Wszystkie zdarzenia spowodowane uszkodzeniem sieci trakcyjnej, czy najechaniem na przedmiot na szynie oraz uszkodzeniem toru, mogą być zaklasyfikowane jako zdarzenia stwarzające zagrożenia.
- Najpoważniejsze konsekwencje powodują zdarzenia: uszkodzenie sieci trakcyjnej, kolizja z dziką zwierzyną, uderzenie przedmiotem z zewnątrz.
- Ustalono Risk Priority Number dla poszczególnych zdarzeń za pomocą analizy FMEA. Następujące zdarzenia charakteryzują się niedopuszczalnym poziomem ryzyka (na podstawie rys. 1): kolizja z dziką zwierzyną, uderzenie przedmiotem z zewnątrz oraz uszkodzenie sieci trakcyjnej.

Reakcja na ryzyko związane ze zdarzeniami losowymi jest utrudniona, ponieważ ich przyczyny leżą poza obszarem badanego systemu, czyli w tym wypadku lokomotywy i jej właściciela. Jedynym środkiem jest wywieranie presji na podmioty zewnętrzne, również na zarządcę infrastruktury.

4. Proponowane rozwiązania

Konieczne jest podjęcie działań mających na celu zmniejszenie poziomu ryzyka dla: kolizji z dziką zwierzyną, uszkodzeń sieci oraz uderzeń przedmiotu z zewnątrz. Wartość RPN może zostać obniżona przez zmniejszenie wartości, któregośkolwiek składnika iloczynu $SxOxD$. W związku z tym proponuje się następujące działania:

- Dla kolizji z dziką zwierzyną – obniżenie częstotliwości zdarzeń (occurrence).

Wpływ na pozostałe czynniki jest w znacznym stopniu ograniczony, ponieważ zależy od wielu zmiennych, które są zbyt przypadkowe, takie jak masa zwierzęcia, jego usytuowanie w torze, prędkość z jaką dojdzie do zderzenia. Z racji globalnej powszechności problemu, istnieje wiele potencjalnych rozwiązań. Jednym z nich jest ogrodzenie wzdłuż linii kolejowej. Metoda ta, choć jest skuteczna nie jest pozbawiona wad, takich jak wysoki koszt i przecięcie naturalnych siedlisk zwierząt. W celu uniknięcia drugiego czynnika stosuje się przejścia podziemne

lub naziemne, co jednak znów zwiększa koszty. Można zastosować, tak zwane „wilcze oczy”, czyli elementy odblaskowe, montowane wzdłuż linii, tak by odbijały światło nadjeżdżającego pociągu. Wbrew nazwie nie przypominają zwierzętom naturalnego wroga, a jedynie wskazują na „podejrzane zjawisko”. Ich skuteczność jest dyskusyjna, choć niewątpliwie zaletą jest cena. Najskuteczniejszą metodą i jednocześnie najmniej godzącą w środowisko naturalne są urządzenia odstrasżające, emitujące sygnały dźwiękowe. Montowane w bliskiej odległości od siebie, emitują kombinację dźwięków, które gatunki żyjące na chronionym terenie uznają za naturalne sygnały ostrzegawcze. Dźwięki są nadawane tylko przed przejazdem pociągu, co eliminuje ryzyko przyzwyczajania się zwierząt do nich [10]. Ich skuteczności dowiedziono w Japonii (odstrasżanie jelenia wschodniego) [11], Kanadzie (odstrasżanie niedźwiedzia grizzly) [12], czy w Polsce (różne rodzime gatunki, np. sarna, czy łos) [13]. Wadą ponownie są koszty.

- Dla uderzeń przedmiotem z zewnątrz – skupienie się na obniżaniu dotkliwości zdarzeń (severity).

Wpływ na pozostałe czynniki jest niemal niemożliwy, ponieważ to szeroka kategoria zdarzeń i trudno jest wskazać dokładną przyczynę. Z tego względu należy skupić się na najbardziej wrażliwych elementach lokomotywy, jednocześnie ulegających częstym uszkodzeniom, np. czujnik obrotu osi, elementy związane z automatyką bezpieczeństwa pociągu (systemy SHP, LZB/PZB, Mirel). We współpracy z producentem pojazdu mogłyby powstać osłony dla wrażliwych elementów.

- Dla uszkodzeń sieci trakcyjnych – skupienie się na zwiększeniu detekcji (detection).

Problem ma bezpośredni związek ze stanem sieci trakcyjnej, a więc rozwiązanie tego problemu leży o stronie zarządcy infrastruktury. Oprócz obecnie stosowanych kamer do monitorowania pantografów, można zastosować urządzenie montowane na dachu dowolnej lokomotywy, które przez badanie siły nacisku zwracałoby informacje o stopniu pogarszania się jakości sieci (dzięki czemu można by przeprowadzać interwencje prewencyjne). Urządzenia tego typu powstały w Katedrze Transportu Kolejowego Politechniki Śląskiej i są wykorzystywane do badań od 2012 roku.

Do podjęcia konkretnych decyzji potrzebne jest przeprowadzenie dodatkowych analiz ekonomicznych oraz konsultacji eksperckich.

Przeprowadzone analizy RAMS oraz FMEA wskazały jednoznacznie rodzaje zdarzeń, których ryzyko (RPN) należy zmniejszyć. Ich stosowanie w odniesieniu do zdarzeń losowych ma wymierne uzasadnienie.

Źródła:

- [1] Szkoła, M. & Kaczor, G. Analiza RAMS w cyklu istnienia kolejowych środków transportu, *Journal of KONBiN*, 2017. Vol. 41(2017), P. 83-106
- [2] Sitarz M. & Wachnik R. Monitorowanie bezpieczeństwa w systemie zarządzania utrzymaniem pojazdów kolejowych, Dąbrowa Górnicza: Wydawnictwo WSB, 2016, P. 82; 121-123
- [3] Mańka A. Szkolenie z analizy RAMS i LCC – materiały własne, Katowice, 2010.06.29
- [4] Mun Gyu P., RAMS management of railway systems – integration of RAMS management into railway systems engineering, PhD thesis. University of Birmingham, Birmingham. 2013. P. 39-45
- [5] Sitarz, M. & Mańka A. & Mańka I., RAMS jako podstawa zapewnienia bezpieczeństwa i jakości wyrobów w transporcie kolejowym, *TTS Technika Transportu Szynowego*, 2011. Vol. 18, Nr 7-8, P. 66-68
- [6] Chruzik, K., Zarządzanie bezpieczeństwem w transporcie kolejowym, Radom: Instytut Technologii i Eksploatacji Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu, 2014, p. 38; 117-122
- [7] Szkoła, M. & Kaczor, G. Analiza przyczyn i skutków uszkodzeń (FEMA) w zastosowaniu do pojazdów szynowych, *Pojazdy Szynowe*, 2014. Nr. 2.
- [8] Sitarz M. & Chruzik K. & Wachnik R. & Graboń M. Ocena ryzyka operacyjnego oraz monitorowanie pojazdów kolejowych, *TTS Technika Transportu Szynowego*, 2014. Vol. 21, Nr 10, P. 12-15
- [9] Szwedzka, K. Metodyka badań efektywności eksploatacji złożonych systemów technicznych w przedsiębiorstwach branży meblarskiej, PhD thesis, Politechnika Poznańska, Poznań, 2019
- [10] Żyłkowska, J. & Stolarski, M., Problematyka kolizji dzikich zwierząt z pociągami w aspekcie psychologii zwierząt oraz bezpieczeństwa ruchu pociągów, *Logistyka*, 2011. Nr 3, P.3183-3913
- [11] Ushioji, T. & Shimura, M. & Ikehata, M. Development of an acoustic deterrent to prevent deer-train collisions, *Quarterly Report of RTRI*, 2018. 59(3), P. 207-211
- [12] Nychka, J.A. & Backs, J.A.A & Clair, C.C., Warning systems triggered by trains could reduce collisions with wildlife, *Ecological Engineering*, 2017. Vol. 106, Part A, P. 563-569
- [13] Wasilewski, M. & Jasińska, K. & Babińska-Werka, J. & Krauze-Gryz, D., Device that emits natural warning calls reduces train-animal collisions, *Transport Research Part D: Transport and Environment*, 2015. Vol. 38, P. 6-14

POKAZAĆ KOMUNIKACJE PUBLICZNA WSZYSTKIM PASAŻEROM

TO POKAZANIE JEJ W PIERWSZEJ KOLEJNOŚCI OSOBOM NIEWIDOMYM

Piotr Jeremicz

Politechnika Warszawska Wydział Transportu

WPROWADZENIE

Warszawa, stolica niemal czterdziestomilionowego kraju, tętni życiem z rana i po południu każdego dnia. Setki tysięcy pasażerów dojeżdża do pracy, szkoły bądź innych punktów zainteresowań niemal instynktownie przemierzając miejską dżunglę. Ten pęd, który pojawia się w dużych miejskich aglomeracjach, nie pozwala nam dostrzegać szczegółów, które są widoczne dookoła. Podróżni, aby skrócić sobie podróż, korzystają z aplikacji na swoich urządzeniach mobilnych. Sprawdzają strony internetowe szukając skrótów i połączeń, które pomogą im szybciej wrócić do domu. Czas, który jest na wagę złota, liczymy codziennie z niezwykłą skrupulatnością korzystając nowoczesnych narzędzi dostępnych niemal pod ręką.

Miasto, jako żywa tkanka zapewnia połączenia, które pozwalają podróżować z punktu A do punktu B. Wspomniany czas odgrywa niezwykle ważną rolę, będąc jedynym z czynników decydujących o wyborze środka podróży. Niestety w wielu przypadkach samochód prywatny potrafi wygrać ze znacznie korzystniejszymi społecznie rozwiązaniami jakimi jest transport publiczny. W wielu przypadkach rzeczywistość komunikacji miejskiej bywa wolniejsza od linii prywatnej „garaż-garaż”. Taki stan rzeczy ma wiele powodów i niekoniecznie wywnika z chłodnego oceniania różnicy czasu pomiędzy dwoma różnymi wariantami podróży.

Bardzo popularnym hasłem w ostatnich miesiącach stało się powiedzenie, że informacja jest najcenniejszą walutą w szeroko pojętym internecie. Dana, niosąca za sobą wymierną wartość, posiada często o wiele większą wagę podczas podejmowania decyzji niż suche liczby. Przykładem może tutaj posłużyć czas przejazdu pomiędzy Warszawą a Łodzią. Jest on niemal taki sam dla samochodu jak i pociągu - wynosi 90 minut. Jeśli jednak skorzystamy z dowolnego serwisu internetowego umożliwiającego planowanie podróży okaże się, że podróż pociągiem trwa niemal półtorej godziny, jednak do tego czasu należy doliczyć dojazd na dworzec i z dworca. W niektórych przypadkach długość podróży, korzystając z usług komunikacji publicznej, wydłuży się o kolejne 30 minut. Estymacja czasowa przejazdu samochodem zdaje się nie zmieniać, gdyż jesteśmy

prowadzeni od drzwi do drzwi. Opierając swoją ocenę jedynie na surowym czasie przejazdu okaże się, że rozsądnym byłoby wybranie samochodu. Gdyby jednak porównać ceny za przejazd w wybranych obydwu wariantach, okaże się, że tym razem korzystniejszą ofertą jest przejazd pociągiem nawet z doliczonym zakupem dwóch biletów miejskich na dojazd do dworca kolejowego. Ceny za przejazd dla transportu publicznego zamkną się w granicach 40 złotych, natomiast korzystając z prywatnej formy przejazdu zbliżymy się do kwoty 60 złotych. Niestety różnica często bywa za mała. Wielu ludzi wyceniając czas stawia go wyżej niż koszt poniesiony za przejazd, przez co 20 złotych często nie będzie punktem decyzyjnym podczas podejmowania decyzji o wyborze środka transportu.

Ponownie suche liczby wygrywają pojedynek informacyjny. Tak samo jak reklamy na portalach społecznościowych, specjalnie wyselekcjonowane na podstawie naszych udostępnionych danych, informacja pasażerska oparta o suchą wypadkową liczb daje jedynie złudną ocenę sytuacji. Brak bieżącej informacji z uwzględnieniem zmian w czasie rzeczywistym, pomija wiele aspektów, które nie są tak oczywiste, a przynoszą realne korzyści. Jeśli do kwoty za przejazd samochodem doliczylibyśmy koszty związane z utrzymaniem pojazdu, dodali informację o poniesionych stratach ekologicznych, a przede wszystkim wskazali procent szans na powodzenie realizacji przewidywanego czasu przejazdu, szybko okaże się, że zorganizowany transport publiczny wygrywa każdą potyczkę.

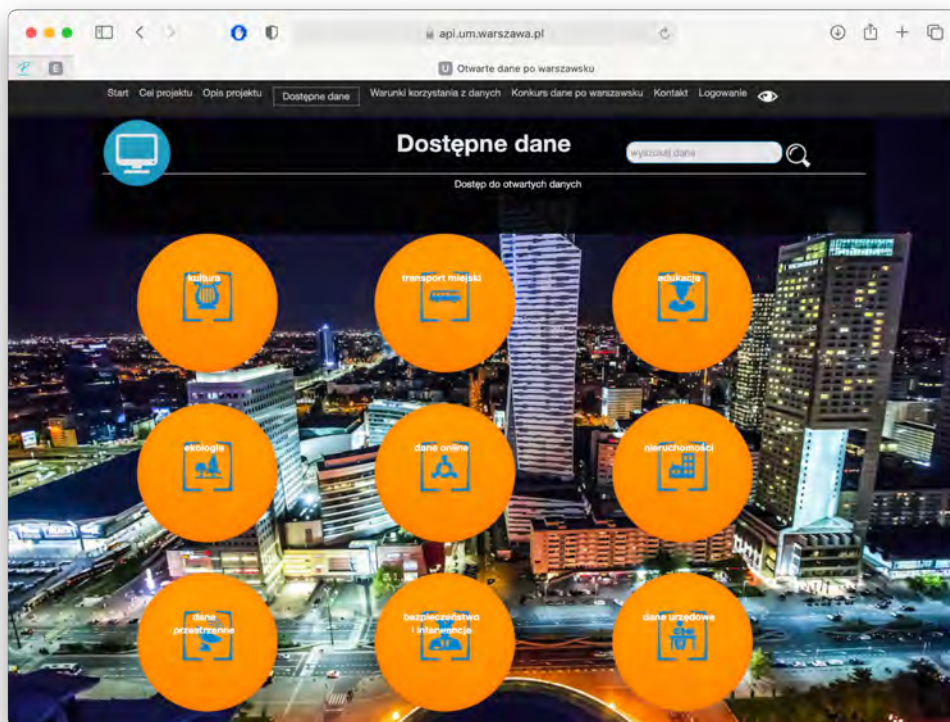
Czy mimo wszystko to wystarczy? Czy mamy możliwość otrzymywać bieżące rzeczywiste informacje? Czy szukając przejazdu z punktu A do punktu B nie powierzamy swojego czasu w ręce niewiadomej jaką jest przypadek? Brak bieżącej informacji stanowi taki sam problem dla zwykłego pasażera jak i dla osoby niewidomej. Niepewność związana z poprawnością danych wstrzymuje nas w decyzjach o wyborze tańszego, bardziej ekologicznego i przyjaźniejszego środka komunikacji jakim jest kolej. Błądząc pomiędzy danymi po omacku docieramy do decyzji, która nie zawsze jest dla nas korzystna.

OTWARTE DANE JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI DLA PASAŻERA

Opisując transport publiczny, staramy się skupić na aspektach planistycznych tworząc rozkłady jazdy, formułując systemy informacji pasażerskiej, prezentujący jasne komunikaty. Kreujemy zależności decydujące o wyborze konkretnego miejsca odjazdu, bądź oferty przewoźnika. Te wszystkie reguły niestety nie sprawdzają się w momencie, gdy podczas zimy pasażer stoi na środku peronu, obserwując zwiększające się opóźnienie pociągu, na który czeka. Klasyczna informacja pasażerska, przestała być wystarczająca

w momencie, gdy opierała się na czasie szacowanym - czyli właściwie od początku jej istnienia.

Postęp technologiczny umieścił w naszych kieszeniach niesamowicie małe i wydajne komputery, które będąc kilkaset razy potężniejsze od komputerów pokładowych serii



[1] Strona internetowa <https://api.um.warszawa.pl> - Otwarte dane po warszawsku

rakiet Apollo, codziennie wnoszą nas dostarczając potrzebnych informacji. Telefon komórkowy stał się czymś bez czego bardzo często nie potrafimy się obejść. Różnorodność aplikacji mobilnych pozwala porównać smartphone'a do szwajcarskiego szczyryka, który dostarcza wiele potrzebnych narzędzi. Programiści prześcigają się w pomysłach dostarczając kolejne programy przydatne w życiu codziennym. W sklepach App Store oraz Google Play znajdziemy wiele aplikacji, które wspierają informację pasażerską. Twórcy korzystają z danych udostępnionych przez organizatorów transportu publicznego, którzy świadczą swoje usługi na terenach wielu miast w Polsce. Duże miasta takie jak Warszawa, Wrocław, Poznań, Gdańsk i inne udostępniają nielimitowany dostęp do materiałów zawierających informacje o przystankach, rozkładzie jazdy, kursujących liniach, a także o położeniu pojazdów transportu miejskiego.

Stworzenie aplikacji mobilnej dostarczającej informacji o komunikacji miejskiej w Warszawie nie jest trudne. Wystarczy zarejestrować się na specjalnej stronie internetowej, aby otrzymać klucz dostępu do bogatych zasobów miasta. Wśród różnego rodzaju danych, znajdziemy informacje o położeniu autobusów i tramwajów, które kursują na zlecenie Zarządu Transportu Miejskiego w Warszawie. Dane te zawierają współrzędne lokalizacyjne pojazdu, które są uaktualniane co 10 sekund. Dodatkowo, każdy z punktów posiada informacje o linii, brygadzie oraz znacznik czasu informujący, kiedy zbiór danych został stworzony. Prosta aplikacja komputerowa, pozwoli pobrać zbiór pojazdów i wyświetlić go na mapie. Urząd Miasta Stołecznego Warszawa udostępnia również uproszczone informacje dotyczące lokalizacji przystanków oraz rozkładów jazdy dla poszczególnych linii. Programista, kontaktując się również z Zarządem Transportu Miejskiego w Warszawie, po przedstawieniu swojego projektu, może uzyskać dodatkowe dane, które przekazane w odpowiedni sposób pasażerom, staną się pomocną informacją w czasie planowania podróży.

Powracając do przykładu, związanego z szacowaniem czasu przejazdu pomiędzy Warszawą a Łodzią, prosta informacja o ruchu samochodowym może pomóc w decyzji o wyborze środka transportu. Kiedy podróżny ujrzy przewidziane przez planner podróży korki na wjeździe do Łodzi, które wydłużą podróż o pół godziny może stwierdzić, że zamiast stać beczynnie na drodze, woli spędzić komfortowo czas w pociągu. Takie informacje działają również w drugą stronę. Jeśli pasażer czeka na opóźniony pociąg, którego opóźnienie zwiększa się systematycznie z każdą kolejną informacją głosową, może zdecydować się na wybranie innego środka komunikacji.

Programista, mając dostęp do otwartych danych może w dowolnie wybrany przez siebie sposób opracować pozyskane informacje i przekazać je dalej do użytkowników. Tak powstała aplikacja Zaraz Jadę, która została napisana w wyniku 40 minutowego czasu oczekiwania na autobus, który miał pozwolić wrócić z pracy do domu. W momencie, gdy pasażer zdecyduje się na konkretny środek transportu i dociera na peron bądź przystanek, stara się zrealizować swój zamiar. Oczekując na pojazd porównuje rozkład jazdy z obecnym czasem. Jeśli rozkład jest realizowany poprawnie, pasażer szczęśliwie dociera do domu. Niestety świat nie działa idealnie, a sytuacje losowe potrafią zatrzymać najlepiej zorganizowaną komunikację miejską. Podczas gdy autobus opóźnia się względem rozkładu o 5 minut, bardzo często oczekujemy dalej na przystanku. Wielu pasażerów zaczyna się zastanawiać nad sensem oczekiwania, w momencie

gdy nie przyjeżdża kolejny zaplanowany pojazd. Gdyby użytkownik transportu publicznego, mógł jednak spojrzeć gdzie znajduje się jego pojazd, mógłby zdecydować czy warto czekać bądź wybrać inny środek podróży.

Aplikacja Zaraz Jadę została stworzona, aby informować o położeniu pojazdów Warszawskiego Transportu Publicznego. Prosta funkcja, jaką było wyświetlenie autobusów i tramwajów na wirtualnej mapie, została z czasem wzbogacona o prezentowanie przystanków, rozkładów jazdy, a także o informację pasażerską uaktualnianą w czasie rzeczywistym. Użytkownik, w momencie kiedy często korzysta z danej linii, otrzyma powiadomienie na telefon jeśli na trasie jego przejazdu wydarzą się utrudnienia. Bieżąca informacja dotyczy również planowanych zmian oraz remontów, które pomagają zmienić nawyki i przygotować nowe trasy przejazdu. Dynamiczna siatka transportu publicznego w mieście, sprzyja również dynamicznemu planowaniu podróży. Kolej jako spokojniejszy i większy brat tramwaju, wydawałoby się, że nie potrzebuje tak dynamicznej informacji. Czy na pewno?

Brak obecnie w pełni udostępnionych danych o pojazdach szynowych w Polsce, nie pozwala stwierdzić czy takie rozwiązania przynoszą korzyść podróżnym. Opierając się na powyższych przykładach, nie zawsze sucha informacja pomaga podjąć podróżnemu właściwą decyzję. Dodatkowo brak rzeczywistej aktualizacji zmian w ruchu kolejowym, nie pozwala uwierzyć informacji, która jest obecnie dostarczana. Akademickie rozważania doprowadzają do punktu, w którym można śmiało stwierdzić, że brak dostępu do szerokiego zakresu danych, nie pozwala na polepszanie komfortu podróży.

Popularne powiedzenie tłumaczy wielu pokoleniom oczywistą prawdę jak coś jest do wszystkiego to jest do niczego. Otwarte dane powiązane z transportem publicznym, pozwalają organizatorom przewozów stworzyć, poprzez niezależnych programistów rozwiązania na miarę nowoczesnych systemów informacji. Ta myśl przyświecała firmie TriMet, znajdującej się w Portland, w stanie Oregon. Przy współpracy z firmą Google, stworzono wspólnie standard otwartych danych dotyczących transportu publicznego.

GENERAL TRANSIT FEED SPECIFICATION - WSPÓLNY FORMAT DANYCH DOTYCZĄCY TRANSPORTU PUBLICZNEGO

Zapotrzebowanie na dane pochodzące z wielu źródeł, związanych z codziennymi czynnościami, zwiększa się z dnia na dzień. Ogromne firmy przodujące w rozpowszechnianiu aplikacji związanych z dostarczaniem informacji oparty

o lokalizację, postanowili stworzyć przy współpracy z amerykańskimi organizatorami transportu publicznego wspólny format danych, który pozwoli na łatwą implementację kolejnych miast. Tak powstał standard GTFS - General Transit Feed Specification, który w wolnym tłumaczeniu oznacza ogólną specyfikację danych dla transportu publicznego.

Ogólnodostępny format został opublikowany w formie otwartego źródła dzięki czemu każda zaangażowana osoba może tworzyć przygotowane już rozwiązania. Społeczeństwo programistów utrzymuje dokumentację pilnując porządku i spójności przygotowanych rozwiązań. Format GTFS charakteryzuje się prostą formą składającą się na pliki w formacie CSV, zapisanym jako plik tekstowy, które odpowiednio ustrukturyzowane, zawierają dane potrzebne do prezentacji pełnej informacji pasażerskiej. Dokumentacja dzieli dane na statyczne oraz dynamiczne.

Dane statyczne zostały pogrupowane na 17 kategorii. Opisują zbiory wartości, które nie ulegają zmianie w ciągu dnia. Poniżej znajduje się lista obowiązkowych pozycji, z opisem znaczenia każdego z plików:

- **Nazwa pliku: agency.txt**

Informacje dotyczące organizatora transportu publicznego, których usługi są reprezentowane w zbiorze danych.

- **Nazwa pliku: stops.txt**

Zbiór danych opisujących przystanki, na których pojazdy zabierają lub wysadzają pasażerów. Definiuje również stacje i wejścia do stacji.

- **Nazwa pliku: routes.txt**

Trasy poszczególnych linii opisane symbolami oraz powiązane z daną linią.

- **Nazwa pliku: trips.txt**

Opis poszczególnych kursów na każdej trasie. Podróż to sekwencja dwóch lub większej ilości postojów, które mają miejsce w określonym przedziale czasu.

- **Nazwa pliku: stops_times.txt**

Czasy, w których pojazd przyjeżdża i odjeżdża z przystanków podczas każdej wykonanej podróży. Jest to zbiór rozkładów jazdy dla wszystkich przystanków.

- **Nazwa pliku: calendar.txt**

Zbiór dat określonych przy użyciu harmonogramu tygodniowego z datami rozpoczęcia i zakończenia. Ten plik jest wymagany, chyba że wszystkie daty usługi są zdefiniowane w pliku calendar_dates.txt.

- **Nazwa pliku: calendar_dates.txt**

Opis wyjątków dla dat określonych w pliku calendar.txt. Jeśli pominięto plik calendar.txt, wymagany jest plik calendar_dates.txt, który musi zawierać wszystkie daty podczas których realizowane są kursy.

Pozostałe pliki uszczegółwiają informację pasażerską opisując stawki za przejazd, taryfy i strefy biletowe, częstotliwość kursów, zbiory punktów określających ścieżkę połączenia jednego przystanku z drugim oraz inne szczegółowe informacje potrzebne do wizualnej prezentacji danych. Tak przygotowane pliki, powinny być udostępnione przez organizatora transportu publicznego w sposób, który pozwala programiście swobodnie korzystać z danych. Twórcy standardu zastrzegają jednak, że odbiorcy danych powinni być weryfikowani, aby spółki przewozowe, nie stały się ofiarom ataków hakerskich. Takim weryfikatorem mogą być otrzymane dane do logowania bądź specjalny klucz identyfikujący.

Drugim zbiorem danych są informacje dynamiczne zbierane z pojazdów przewoźnika oraz publikowane przez organizatora transportu miejskiego. Pojazd został opisany szczegółowymi danymi, które posiadają informacje nie tylko o obsługiwanej trasie, ale także informacje o statusie pojazdu, identyfikatorze przystanku w stronę którego podąża oraz dane pochodzące z systemu liczącego pasażerów. Pozostałe dane dynamiczne wykorzystywane są w celu informowania pasażerów o bieżących zmianach w komunikacji miejskiej. Dane te powinny być odświeżane w czasie rzeczywistym, w krótkich odstępach czasu.

CZYM JEST DOBRA INFORMACJA PASAŻERSKA?

Standardy tworzone są po to, aby ułatwić implementację rozwiązania pozwalającego zniwelować dany problem. Niestety nawet najlepszy standard nie zastąpi zdrowego rozsądku i dobrze zaprojektowanego oprogramowania obsługującego otwarte dane. Informacja pasażerska powinna posiadać dwie ważne cechy: wiarygodność i miarodajność. Wiarygodność informacji stanowi podstawę zaufania pasażera, który w oparciu

o otrzymane dane, decyduje się na skorzystanie z usług. Miarodajność jest cechą, która pozwala podróżnemu stwierdzić na ile otrzymana informacja jest przydatna.

Przytaczając ponownie przykład informacji pasażerskiej, jaką jest komunikat o ilości minut, o jakie opóźniony jest pociąg względem rozkładu, można poddać pod rozwagę pytanie czy oświadczenie, że „Opóźnienie wynosi 10 minut” niesie za sobą wiarygodną i miarodajną informację. Czekając na peronie, pasażer śmiało stwierdzi, że informacja jest wiarygodna, ponieważ pociąg nie nadjechał. Jednak niestety sama informacja nie daje mu pewności, że za 10 minut wsiądzie do wagonu. Być może w przeciągu kolejnych minut opóźnienie wzrośnie względem rozkładu jazdy. Ostatecznie po 60 minutach oczekiwania pasażer pozostaje z komunikatem o godzinnym opóźnieniu bez miarodajnej informacji jak długo będzie to trwało.

Poprawa tego typu informacji jest prosta - wystarczy wskazać miejsce lokalizacji pojazdu i pozwolić pasażerowi określić czy warto na niego czekać. Być może pociąg, który jest opóźniony 60 minut, właśnie ruszył ze stacji, na której został zmuszony do postoju i nadrabia opóźnienie. Podczas gdy klient zauważy jednak, że większość składów stoi na szlaku bez konkretnego powodu, zdecyduje się udać na obiad, śledząc na bieżąco lokalizację pociągu. Opóźnienie ogłaszane przez Systemy Informacji Pasażerskiej nie przekazują informacji miarodajnej. Nie informują pasażera gdzie jest pociąg, czemu stoi i jak daleko znajduje się od stacji.

Dane udostępnione przez Miasto Stołeczne Warszawa niestety nie są idealne, ale stanowią dobry przykład, jak jedna zmienna potrafi zaważyć na dokładności informacji. Pojazdy Warszawskiego Transportu Publicznego zwracają poprzez serwis api.um.warszawa.pl jedynie podstawowe dane. Brak informacji o obecnie obsługiwanej trasie pozostawia pojazd zawieszony w próżni, jaką jest zbiór innych punktów reprezentujących przystanki. Komputer widzi dane lokalizacyjne jako zbiór dwóch zespolonych liczb, które częściowo zmieniają się w czasie. W momencie gdy nałożymy na siebie te punkty, pojawia się potrzeba obliczenia, na której trasie znajduje się pojazd, w którym kierunku jedzie i jaki kurs realizuje. Przykładowo warszawska linia tramwajowa numer 17, kończy swoją trasę na dwóch pętlach posiadając krótszy i dłuższy wariant obsługiwanej trasy. Jeśli założymy, że rozkład jazdy nie istnieje i opieramy się jedynie na punktach w przestrzeni, nie dowiemy się czy pojazd porusza się na trasie skróconej bądź nie, dopóki nie minie przystanku będącego krańcem dla pierwszej wersji linii.

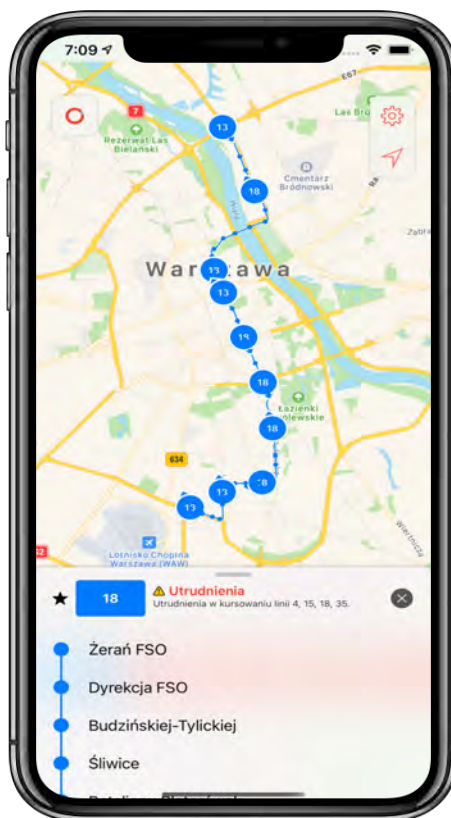
Takie sytuacje wymuszają na programistach estymację danych, które zaburzają pierwszą cechę informacji. Podczas gdy estymacja zwróci błędny wynik, a pasażer uzna to za pewnik, dostarczona zmienna traci swoją wiarygodność. Ten problem zwiększa się, gdy zamkniemy oczy, a otrzymywane dane przedstawimy w postaci słownej osobom, które wymagają specjalnych potrzeb w transporcie publicznym. Jest to niesamowicie wyrazisty przykład tego, jak błędne dane mogą spowodować utrudnienia osobom, które powierzają organizatorom przewozów swoje bezpieczeństwo. W końcu nie każdy może spojrzeć na rozkład jazdy, nie każdy pokona schody znajdujące się na stacji, na której niedziała winda.

Odpowiadając na pytanie zawarte w tytule tego akapitu, dobra informacja pasażerska to taka, która dostarcza wiarygodną i miarodajną informację pasażerską wszystkim podróżnym. Należy pamiętać o tym, gdy świadomie podchodzimy do kreowania systemów, które mają na celu nieść pomoc. Ważnym aspektem kreowania usługi, jaką jest kanał informacyjny, jest zadanie sobie pytania czy istnieje możliwość dostarczenia nieprawdziwej informacji. Jeśli tak, natychmiast należy zaniechać kontynuowania prac i skierować się w inną stronę projektu. Niestety złym rozwiązaniem jest również brak danych bądź utrudniony dostęp pozwalający na ich pozyskanie.

Polska kolej rokwita, zmieniając swoje oblicze, jednak w czasach szeroko dostępnego internetu brak informacji pasażerskiej, dostępnej w trybie otwartym, jest groźnym zaniechaniem godzącym w interes spółek organizujących przewozy pasażerskie. System RJ-SEPE, służący do zbierania informacji o pociągach poruszających się po torach, zarządzanych przez PKP PLK, niestety nie jest udostępniony publicznie, a procedura pozyskania takich danych bywa kosztowna i skomplikowana. Świadczyły choćby o tym wypowiedzi twórców aplikacji, którzy byli zmuszeni zamknąć swoje projekty. Być może spółka PKP PLK przekazuje takie dane osobom zainteresowanym, jednak brak jakiegokolwiek informacji na oficjalnych stronach zarządcy infrastruktury, nie wróży łatwej ścieżki dostępu. W porównaniu do serwisów miejskich, które często jak na dłoni publikują dane na temat swojej infrastruktury, informacja pasażerska istniejąca na polskiej kolei wypada blado.

Dobra informacja pasażerska to taka, która jest w pełni dostępna: dla pasażera, dla programisty, dla analityka. Zapewnienie wiarygodnych i miarodajnych danych podnosi

jakość świadczonych usług, przyciąga nowych klientów i buduje wizerunek nowoczesnej infrastruktury opłacającej transport publiczny.



[2] Zrzut ekranu aplikacji Zaraz Jadę prezentujący linię tramwajową numer 18

DOSTĘPNA INFORMACJA PASAŻERSKA

Postęp rozwoju naszej cywilizacji, pozwala skupiać się na rzeczach, które do niedawna nie stanowiły elementu zainteresowania osób kreujących przestrzeń publiczną. W dzisiejszych czasach zamówienia publiczne, ogłaszane w ramach zakupu nowych pojazdów, obowiązkowo spełniają normy zapewniające dostarczenie produktu spełniającego wszystkie warunki bezpieczeństwa i dostępności. Spółki wyposażają wagony w rampy pozwalające na wjazd wózka inwalidzkiego, tworzą w ramach infrastruktury stacyjnej linie prowadzące dla osób niewidomych, a także pamiętają o problemach związanych z koordynacją ruchową. Te wszystkie elementy znajdują się w punkcie docelowym jakim jest przystanek bądź stacja.

Dostępność stanowi określenie zbioru narzędzi bądź usług pozwalających lub ułatwiających korzystanie z danej usługi przez osoby posiadające specjalne wymagania w stosunku do otoczenia, w którym przebywają. Dostępna infrastruktura to taka, z której może skorzystać dowolna osoba, niezależnie od ograniczeń jakie posiada.

Pojęcie dostępności, używa się również w stosunku do informacji. Dostępne informacje to takie, które przekazane poprzez odpowiedni kanał, dają wymierny efekt w postaci pozyskania wiedzy, przez osoby zainteresowane, w sposób bezproblemowy. Sytuacja, w której infrastruktura jest w pełni wyposażona we wszystkie udogodnienia, stała się obecnie standardem, jednak to sprawność poszczególnych elementów decyduje o skuteczności. Jeśli osoba poruszająca się na wózku, nie może sprawdzić czy dany przystanek bądź pociąg pozwoli jej na skorzystanie z oferty transportowej, to jaka jest wartość prezentowanej informacji? Ta sama uwaga tyczy się osób, które na co dzień „czytają” poprzez słuchanie syntezatora mowy. Systemy zainstalowane na telefonach komórkowych, wspierają usługi pozwalające na odczyt danych z ekranu. Dzięki temu osoba niewidoma, skorzysta z serwisu internetowego w taki sam sposób jak użytkownik korzystający z ekranu. Niestety, jeśli informacja nie będzie kompletna, albo zostanie źle przedstawiona, to w efekcie otrzymamy pasażera, który zagubiony w przestrzeni publicznej będzie poszukiwał pomocy.

Wspomniana już wcześniej aplikacja Zaraz Jadę, została wyposażona w obsługę funkcji Voice Over. Jest to syntezator mowy zawarty w systemie iOS, z którego korzystają telefony marki Apple. Przy współpracy z grupą osób niewidomych, opracowano proste i zwięzłe komunikaty głosowe, pozwalające na skorzystaniu ze wszystkich funkcji zawartych w aplikacji. Stworzenie poprawnej nawigacji po aplikacji, wymagało jednak specjalistycznego podejścia i zrozumienia potrzeb przyszłych użytkowników.

Przykładowy komunikat: „Przystanek Plac Trzech Krzyży zero trzy. Linie numer dwieście dwadzieścia dwa, sto sześćdziesiąt, pięćset dwanaście” stanowi zbyt wyrafinowaną formę, dobrze brzmiącą jedynie dla postronnego użytkownika. Dodatkowo ważniejsze informacje zostały ukryte głębiej w aplikacji. W ostatecznym rozrachunku, ta sama informacja zostaje wygłaszana w następujący sposób: „Plac Trzech Krzyży zero trzy. Dwieście dwadzieścia dwa - za trzy minuty, sto sześćdziesiąt - za pięć minut, pięćset dwanaście - za dziesięć minut”. Te same uwagi tyczą się używania nadmiarowych słów takich jak „kierunek” - „Linia Dwieście Dwadzieścia Dwa w kierunku Bokserska”. Ostateczny komunikat zawarty w aplikacji, został skrócony jedynie do „Dwieście Dwadzieścia Dwa, Bokserska”. Przykłady te specjalnie przedstawiają komunikat w formie tekstowej, bez reprezentacji liczbowej, gdyż szczegóły, jakimi są poprawne formy liczbowe, umykają w trakcie tworzenia aplikacji. Zaraz Jadę posiada specjalną audiodeskrypcję dla języka polskiego, która w poprawny sposób odczytuje godziny. Godzina 14:00 zostanie odczytana domyślnie w następujący sposób: „Czternaście zero zero”. Naturalniejszą wersją głosowego komunikatu będzie

jednak: „Czternasta”. Ta sama sytuacja tyczy się godziny 8:02, gdzie bez specjalnie przygotowanego tekstu, zostanie wygłoszony komunikat: „osiem zero dwa”. Naturalne odczytanie przykładowej godziny, brzmi natomiast następująco: „ósma zero dwie” bądź „ósma dwie”.

Prezentacja informacji niesie za sobą odpowiedzialność, którą programiści mają w powinności w stosunku do swoich pasażerów. Jeśli osoba otrzymuje informację o nadjeżdżającym za dwie minuty autobusie, to będzie oczekiwał dwie minuty. Jednak gdy po czterech minutach oczekiwania na pojazd, nadal pojawia się komunikat „za dwie minuty”, następuje konflikt polegający na dostarczeniu niewiarygodnej danej. Jest to główny powód, dla którego dane przygotowane pod funkcje dostępności, powinny być wystarczająco dokładne, aby nie wprowadzać użytkownika w błąd. Ważna jest też szczerść w informacji. Komunikat o nadjeżdżającym pociągu, zgodnie z rozkładem, jest poprawny, jednak pojawienie się informacji przypominającej użytkownikowi, aby upewnił się, że wsiada do poprawnego pojazdu, nie będzie odbierany negatywnie. W momencie, gdy z powodów technicznych system jest zmuszony do estymacji, również należy poinformować o tym fakcie użytkownika. Pozwoli to zapewnić zasadę wiarygodności, która jest niezwykle istotna w kwestiach dostępności.

Dostępne informacje, to przede wszystkim takie, które swobodnie można otrzymać. Powinny być to dostępne źródła niezależne od głównych kanałów informacyjnych firm, które generują wartości tych danych. Jako przykład warto przytoczyć bazę danych Zarządu Transportu Publicznego w Warszawie, która kilka lat temu zgromadziła opis większości przystanków w Aglomeracji Warszawskiej. Dane zawierały takie informacje jak: typ oznaczenia przystanku, rodzaj linii ostrzegawczej (wypukła bądź malowana), wyposażenie w ławki, wiaty, kosze, słupki przystankowe oraz inne szczegóły, nie zawsze oczekiwane przez zwykłego pasażera. Udostępniając opis przystanków w aplikacji Zaraz Jadę, określono dostępność przystanku z podziałem na trzy kategorie: dostępny, ograniczona dostępność, brak dostępu. Dodatkowo, zamieszczono opis generowany na podstawie zebranych danych. Jedną z informacji zwrotnych, było podziękowanie za odkrycie na przystanku ławki. Osoba niewidoma, regularnie czekała na konkretnym przystanku oddalonym znacznie od głównych generatorów ruchu. Połączenia o niższej częstotliwości i mała ilość pasażerów, nakazywała zachowawczo podchodzić do otoczenia. Informacja zawarta w aplikacji, ośmieliła pasażera, pozwalając mu usiąść i poczekać spokojnie na godzinę przyjazdu autobusu. Takie historie pozwalają sądzić, że wykonana praca, pomogła choć odrobinę dostarczyć komfort podróżnemu.

PODSUMOWANIE

Podstawowym prawem każdego pasażera, a przede wszystkim klienta, korzystającego z podmiotów świadczących przewóz osób, jest dostęp do informacji pasażerskiej. Światowe trendy pokazują, że brak dostępu do surowych danych, zebranych przez organizatorów transportu publicznego, spowalniają rozwój i postęp w metodach przekazywania rzetelnych danych. Brak możliwości rozwoju oznacza ograniczenie prędkości przyrostu nowych pasażerów, którzy nie zostają zachęcani dotychczasowymi rozwiązaniami. Przede wszystkim, należy pamiętać o tym, że jeśli dana organizacja świadczy usługi przewozowe, robiąc to w sposób profesjonalny, nie będzie w stanie stworzyć systemu, który równie dobrze dostarczy informację pasażerską szerokiemu gronu odbiorców.

Czasy papierowego rozkładu jazdy odchodzą w zapomnienie. Coraz więcej osób korzysta z ogólnych plenerów podróży, podczas podejmowania decyzji o wyborze środka komunikacji. Szeroko zakrojone inwestycje infrastrukturalne, które są teraz tak widoczne, z czasem zbledną, gdyż pasażer przyzwyczai się do czystych wagonów i uporządkowanej infrastruktury stacyjnej. Brak dynamicznej informacji pasażerskiej uzupełniającej usługę, jaką jest przewóz osób z punktu A do punktu B, działa jedynie na niekorzyść przewoźnika. Jeśli osoba nie zobaczy rzeczywistej wartości bądź otrzyma błędną informację pasażerską, porzuci kolej na rzecz innych rozwiązań.

Udostępnienie danych związanych z informacją pasażerską, wydaje się wręcz oczywistym krokiem. Niestety nie zawsze dane są udostępnione w sposób prosty oparty o jasne i klarowne zasady. Takie podejście wstrzymuje rozwój jaki niezależni programiści mogą wnieść do usług świadczonych przez przewoźników. Udostępnienie jakichkolwiek danych tylko po to, aby były dostępne, również nie jest rozwiązaniem, gdyż ich jakość stanowi o końcowym produkcie. Należy również pamiętać o tych osobach, które potrzebują dodatkowego wsparcia. Funkcje dostępności poprawnie zaimplementowane w aplikacjach mobilnych, ułatwiają życie setkom Polaków, którzy codziennie zmagają się trudnościami życia codziennego. Każde zaniechanie w udostępnieniu danych, uważanych za dane publiczne, powinno być traktowane jako niewłaściwe operowanie publicznym mieniem oraz działaniem na szkodę pasażerów i spółki. Informacja jest jedną z największych wartości. Operując nią we właściwy sposób, oszczędzamy inną walutę - czas. Nie możemy dostać czasu ponownie, nie możemy go cofnąć. Udostępniajmy informację, aby zaoszczędzić czas, jednak pamiętajmy, aby udostępniona informacja

pasażerska, była wysokiej jakości, dzięki czemu pozwoli ona osobie niewidomej odnaleźć się w przestrzeni i pozyskać wiarygodną i miarodajną informację.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zrzut ekranu strony internetowej Otwarte Dane po Warszawsku, <https://api.um.warszawa.pl>, stan na dzień 6.05.2021
- [2] Zrzut aplikacji Zaraz Jadę prezentujący linię tramwajową 18, Aplikacja Zaraz Jadę, <http://zarazjade.pl>, zbiory własne
- [3] General Transit Feed Specification, <https://gtfs.org>, stan na dzień 6.05.2021

TABOR PIĘTROWY JAKO NIEWYKORZYSTANY POTENCJAŁ POLSKICH KOLEI

Paweł Gajos, Michał Knefel

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

Wstęp

Koncepcja wagonów piętrowych sięga początków kolei. Ich historia rozpoczyna się w 1868 roku, kiedy to powstaje 6 pierwszych wagonów piętrowych dla Altona – Kieler Eisen-bahn. Były to wagony dwuosiowe drewnianej konstrukcji. W późniejszych latach konstrukcja ta była rozwijana głównie przez koleje niemieckie, austriackie oraz francuskie. Kolejnym ważnym etapem w rozwoju wagonów piętrowych było zbudowanie przez Zakłady Linke–Hoffman–Werke (później Pafawag Wrocław, obecnie Bombardier Transportation Polska) oraz przedsiębiorstwo Wumag Görlitz (obecnie Bombardier Transportation–Bahntechnologie–Germany GmbH & Co KG) wagonów typu DAB 6B [1]. Był to dwuczłonowy zespół wagonów piętrowych o konstrukcji całkowicie stalowej, gdzie nadwozie zostało oparte na trzech wózkach dwuosiowych w tym środkowy typu Jacobsa. Mógł on przewieźć 300 pasażerów zajmujących miejsca siedzące. Była to konstrukcja przełomowa, która określiła kierunek rozwoju dalszych konstrukcji zespołów piętrowych.

Wagony piętrowe nie będące już w eksploatacji

Pierwszą serią wagonów piętrowych zamówionych przez Polskie Koleje Państwowe były zespoły piętrowe Bhp (dawniej Bipa). Były produkowane przez zakłady VEB Waggonbau Görlitz w latach 1959–1977. Składały się one z czterech członów. Każdy z nich posiadał dwie pary drzwi – co zapewniało sprawną wymianę pasażerów. Długość zespołu piętrowego wynosiła 73,4 m. Ilość miejsc dla podróżnych wynosiło 13 osób na metr długości wagonu. Dla porównania w wagonie 43A produkcji zakładów im. H. Cegielskiego było to tylko 8 miejsc na metr bieżący. Masa konstrukcyjna 4 wagonów 43A wynosiła około 147 tony, zaś masa służbowa zespołu Bhp wynosiła 145 ton [2]. W trakcie eksploatacji zespołów wagonów Bhp zidentyfikowano kilka mankamentów. Pierwszym z nich była niewystarczająca liczba toalet. W założeniu ten zespół wagonów powinien być eksploatowany na trasach o długości do 40 km, lecz na sieci PKP był wykorzystywany na trasach do 120 km, co sprawiało, że 2 toalety były niewystarczające. W zespołach z późniejszych dostaw zwiększono liczbę toalet do 4. Kolejną wadą była konieczność wymiany 104 klocków hamulcowych – do której konieczny był długi kanał

rewizyjny, a dostęp do samych klocków hamulcowych był znacznie utrudniony ze względu na fakt zabudowania instalacji hamulcowej w wózkach wagonu [3]. Zastosowany układ hamowania wynikał z posiadania przez zespół wagonów obniżonej podłogi. Zespoły piętrowe Bhp były eksploatowane głównie w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym oraz innych aglomeracjach miejskich, gdzie były zwiększone potoki pasażerskie. Użytkowanie wagonów Bhp w ruchu podmiejskim wynikało z ich charakterystyki. Duża liczba drzwi (8 par), możliwość obsługi znacznych potoków pasażerskich przy stosunkowo niewielkiej długości (73,4 m) oraz niska masa własna sprawiła, że zespoły piętrowe idealnie pasowały do ruchu podmiejskiego i aglomeracyjnego.

Wagony piętrowe obecnie eksploatowane

Kolejnymi wagonami piętrowymi zakupionymi przez Polskie Koleje Państwowe w latach 1989-1990 były wagony serii Bdhpumn wyprodukowane w zakładach VEB Waggonbau Görlitz. Seria zakupiona przez PKP wynosiła 159 wagonów [4]. Pudło wagonu zostało oparte na dwóch wózkach Görlitz VI. Według założeń konstrukcyjnych wagon mógł poruszać się z prędkością 160 km/h, jednak w Polsce dopuszczalna prędkość dla tej konstrukcji wynosi 120 km/h. Wagon posiada 2 pary drzwi na stronę oraz może pomieścić 132 pasażerów na miejscach siedzących. Jest to najdłuższy wagon pasażerski eksploatowany na sieci PKP, charakteryzuje się długością 26,8m. Wagony tego typu były eksploatowane głównie na liniach lokalnych, gdzie miały zastąpić wyeksploatowane już zespoły piętrowe typu Bhp. Zaletą tych wagonów jest możliwość dostosowania ich ilości w składzie do aktualnego zapotrzebowania.

Pierwszymi wagonami piętrowymi wyprodukowanymi w Polsce są wagony typu 316B oraz 416B, wchodzące w skład rodziny wagonów Sundeck [4]. Wagony typu 316B to wagony sterownicze, natomiast wagony typu 416B to wagony środkowe. Wagony z rodziny Sundeck są kompatybilne z wagonami Twindexx [4]. To znaczy istnieje możliwość utworzenia składu składającego się z: lokomotywy i wagonu sterowniczego produkcji firmy Pesa oraz wagonów środkowych firmy Bombardier lub lokomotywy i wagonu sterowniczego Bombardiera i wagonów środkowych produkcji Pesy. Wagon sterowniczy posiada 85 miejsc siedzących, natomiast wagon środkowy 125. Prędkość konstrukcyjna wagonów z rodziny Sundeck to 160km/h. Wagony typu 316B oraz 416B posiadają dwie pary drzwi wejściowych. Ich pudła oparte są na dwóch wózkach dwuosioowych typu 39AN. Wagony są wyposażone w klimatyzację, system informacji

pasażerskiej oraz wejścia z platformami i toalety, które dostosowane są do potrzeb osób niepełnosprawnych (spełniające wymogi TSI PRM). Wagony są monitorowane oraz na ich pokładzie można korzystać z darmowego Internetu. Kursują w składach pociągów pospiesznych na trasach z Warszawy do Skierniewic, Dębina, Wołomina, Sochaczewa, Radomia, Płocka oraz Działdowa.

Innymi wagonami piętrowymi eksploatowanymi przez Koleje Mazowieckie to wagony piętrowe Bombardier Twindexx Vario. Są to wagony piętrowe przeznaczone do eksploatacji w składach typu push-pull z prędkością do 160 km/h. W wagonie sterowniczym może podróżować 85 osób na miejscach siedzących (w tym 12 na miejscach w pierwszej klasie), natomiast w wagonie środkowym znajduje się 133 miejsc siedzących. Wagony są bardzo dobrze wyciszone oraz są wyposażone w klimatyzację. Podobnie jak wagony piętrowe produkcji PESA Bydgoszcz posiadają dwie pary drzwi wejściowych.

Niewykorzystane szanse

Niewykorzystane szanse wynikające z posiadania wagonów piętrowych przez PKP w latach ich wzmożonej eksploatacji mocno opóźniło rozwój polskiej kolei. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na fakt, że w latach 70 XX wieku koleje niemieckie eksploatowały zespoły piętrowe typu Bipa posiadające w jednym z skrajnych członów kabinę sterowniczą. W Polsce tego typu rozwiązanie nie zostało wdrożone. Również wagony typu Bdhpumn posiadały rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające pracę w składzie push-pull, jednak PKP nie zdecydowało się na zakup wagonów sterujących. Pierwsze wagony sterownicze do wagonów piętrowych pojawiły się w Polsce dopiero za sprawą Kolei Mazowieckich. Stosowanie takiego rozwiązania skracало czas postoju pociągu na stacji, gdy była konieczna zmiana jego kierunku jazdy. Należy również wspomnieć o przedwczesnej rezygnacji z eksploatacji wagonów typu Bdhpumn przez spółkę PKP Przewozy Regionalne (aktualnie Polregio). Obecnie [stan na 18.04.2018] w eksploatacji znajduje się 18 wagonów tego typu. Spora część z 159 zamówionych wagonów została skasowana w czasie kryzysu przewozów pasażerskich w trakcie procesu restrukturyzacji grupy PKP. W naszej ocenie było to krótkowzroczne działanie, które obecnie będzie skutkowało brakiem dostępnego taboru podczas wakacyjnych szczytów przewozowych na przykład na trasie Chojnice – Hel.

Innymi przykładami niewykorzystanych szans był brak zakupu piętrowych EZT przez regionalnych przewoźników (PKP Przewozy Regionalne oraz Koleje Śląskie). Poniżej

przedstawiono tabele oraz wykresy porównujące podstawowe parametry techniczne klasycznych EZT z piętrowymi.

	EN 57	CD 471
Masa elektrycznego zespołu trakcyjnego [t]	126,5	155,4
Moc silników [kW]	580	2000
Prędkość maksymalna [km/h]	110	140
Ilość miejsc siedzących	188	310
Ilość miejsc dla niepełnosprawnych	0	6
Hamulec elektromagnetyczny	brak	posiada
Stosunek masy do mocy [kg/kW]	218,1	77
Przyśpieszenie [m/s ²]	0,5	1
Długość ze sprzęgiem [mm]	64970	79200

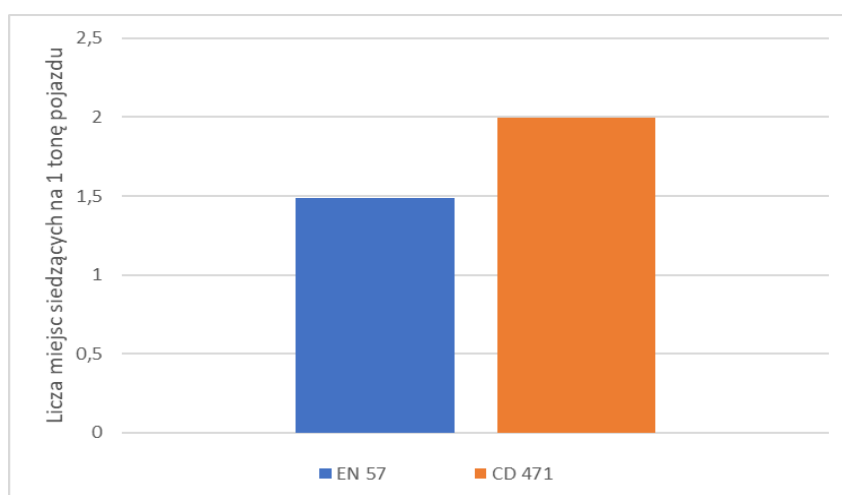
Tabela 1. Porównanie danych technicznych trójczłonowych EZT: EN57 z CD471

	STADLER KISS	NEWAG 35WE
Obsługiwane linie	sieć kolejowa SBB	sieć kolejowa PKP
Rozstaw szyn	1435 mm	1435 mm
Oznaczenie	RABe 511	35WE
Napięcie zasilania	15 kVAC, 16.7 Hz	3 kV DC
Układ osi	Bo'Bo' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + Bo'Bo'	Bo'2'2'Bo'+Bo'2'2'Bo'
Przekazanie pojazdów	2011-2018	2012
Miejsca siedzące, 1. i 2. klasa	120 + 415	282
Miejsca stojące	838	704
Szerokość drzwi wejściowych	1400 mm	1400 mm
Długość ze sprzęgiem	150000 mm	113600 mm
Szerokość pojazdu	2800 mm	2840 mm
Wysokość pojazdu	4595 mm	4150 mm
Wózki napędne	2500 mm	2500 mm
Wózki toczne	2500 mm	2900 mm
Średnica kół napędowych	nowe 920 mm	nowe 840 mm
Średnica kół tocznych	nowe 920 mm	nowe 840 mm

Moc maksymalna na kołach	6000 kW	3200 kW
Przyspieszenie przy ruszaniu	1.1 m/s ²	1 m/s ²
Prędkość maksymalna	160 km/h	160 km/h
Masa brutto	297 t	197 t

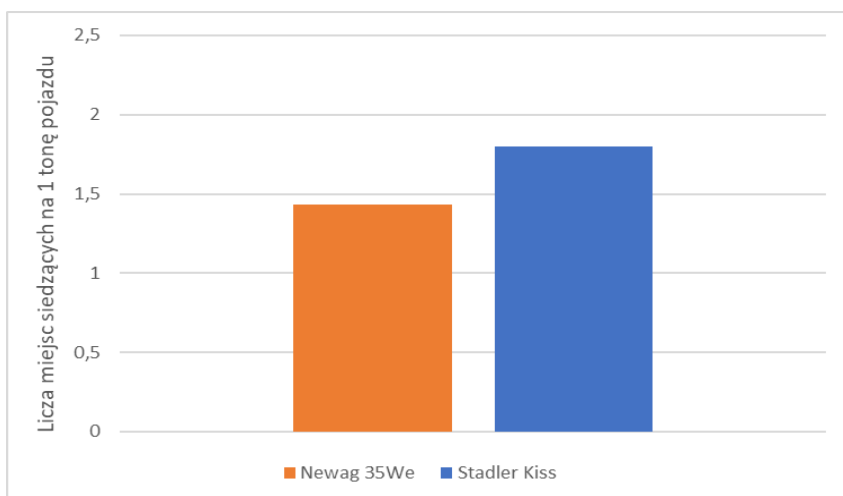
Tabela 2. Porównanie danych technicznych sześcioczołowych EZT: STADLER KISS
z NEWAG 35WE

Na podstawie tabeli 1 opracowano wykresy porównujące wybrane parametry klasycznego, trójczłonowego EZT EN 57 z parametrami trójczłonowego, piętrowego zespołu trakcyjnego CD 471 (rys. 1, 3, 5). Z kolei na podstawie tabeli 2 opracowano wykresy porównujące wybrane parametry sześcioczołowego EZT Newag Impuls 35WE z parametrami sześcioczołowego, piętrowego zespołu trakcyjnego Stadler Kiss. Na rys.1 przedstawiono porównanie liczby miejsc siedzących, przypadających na jednostkę masy własnej pojazdu dla pojazdów trójczłonowych.



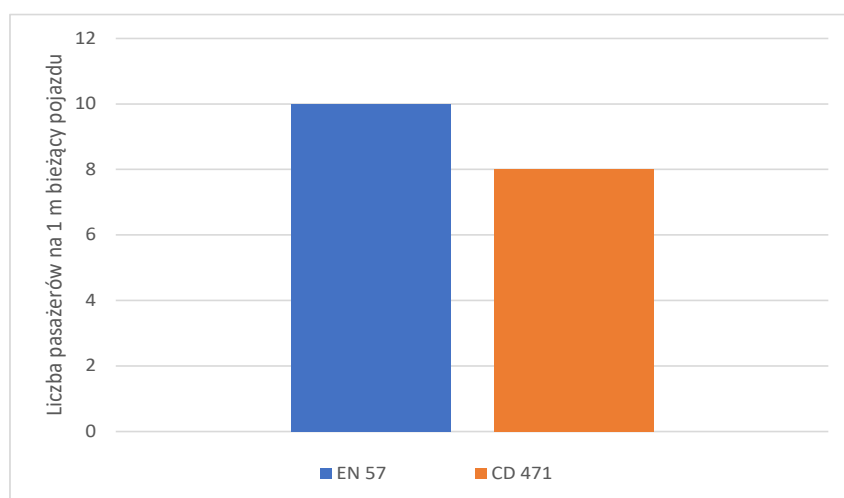
Rys. 1. Porównanie liczby miejsc siedzących, przypadających na jednostkę masy własnej pojazdu EN 57 oraz CD 471

Jak można zauważyć, zastosowanie rozwiązania dwupokładowego i wynikające z tego zwiększeniem liczby miejsc siedzących o 65% wiąże się z zwiększeniem masy elektrycznego zespołu trakcyjnego o około 23%. Podobne rezultaty uzyskano z porównania nowoczesnych, sześcioczołowych EZT: jednopokładowego Newag 35WE z dwupokładowym Stadler Kiss (rys. 2). Tu zwiększenie liczby miejsc siedzących o 89% spowodowało wzrost masy elektrycznego, dwupokładowego zespołu trakcyjnego o około 50%. Należy jednak pamiętać, że EZT Stadler Kiss jest zbudowany z dużym udziałem stopów lekkich.



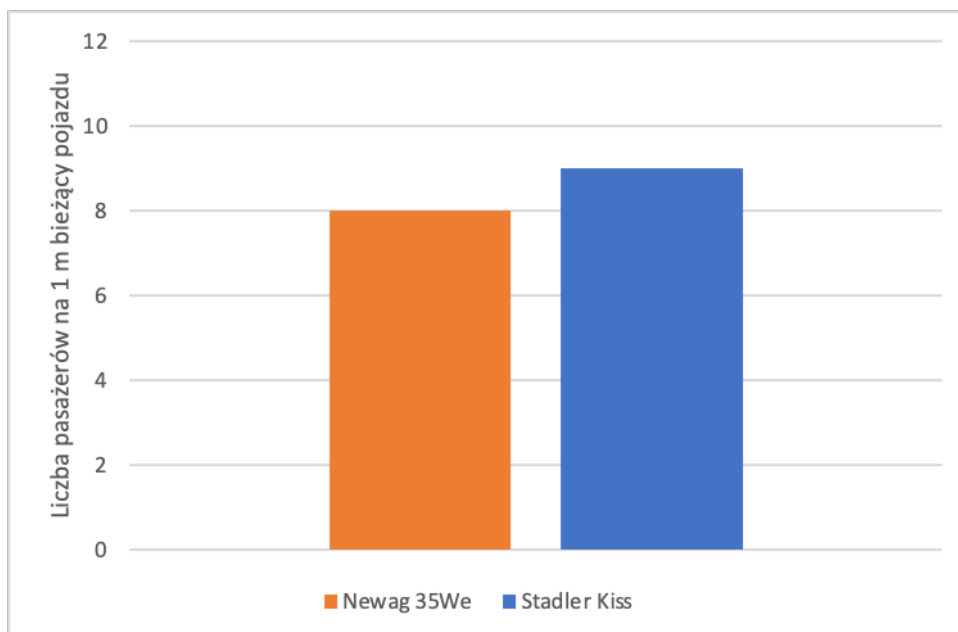
Rys. 2. Porównanie liczby miejsc siedzących, przypadających na jednostkę masy własnej pojazdu Stadler Kiss z Newag 35WE

Innym wskaźnikiem pokazującym efektywność piętrowych EZT jest liczba pasażerów przypadających na jeden metr bieżący pojazdu (rys. 3).



Rys. 3. Porównanie liczby pasażerów przypadających na metr bieżący pojazdu EN 57 oraz CD 471

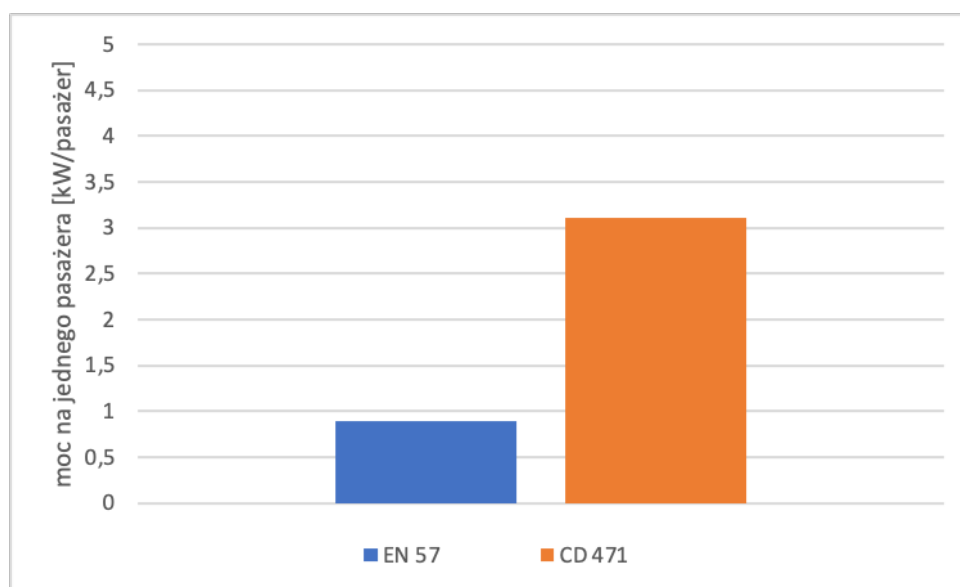
W trójczłonowym EZT zaprojektowanym w latach pięćdziesiątych XX wieku, na jeden metr długości pojazdu przypadało 10 osób (rys. 3), a w przypadku dwupokładowego EZT, zaprojektowanego w latach dziewięćdziesiątych XX wieku, jedynie 8 osób (mniej o 20%).



Rys. 4. Porównanie liczby pasażerów przypadających na metr bieżący pojazdu Stadler Kiss z Newag 35WE

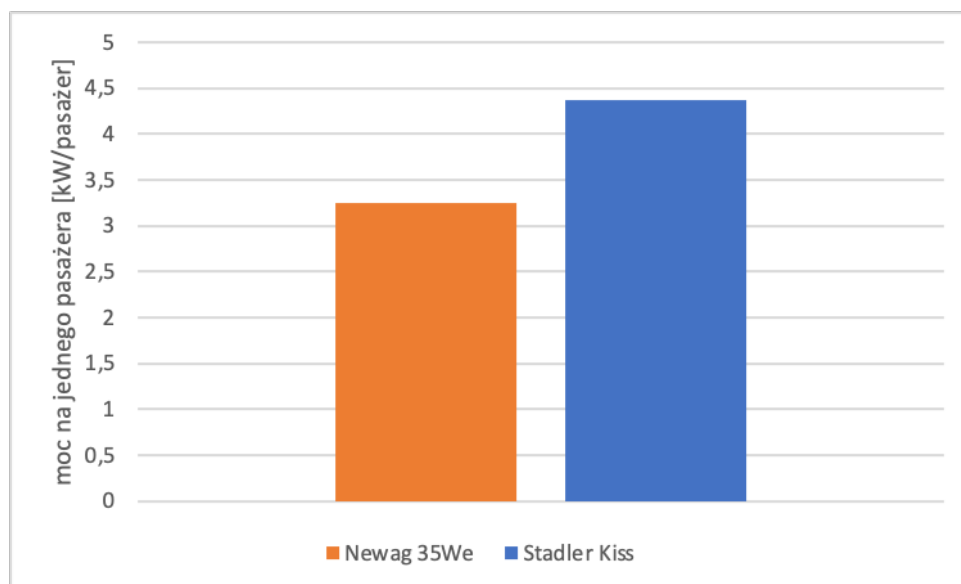
Inne wartości uzyskano przy porównaniu obu, współcześnie skonstruowanych, sześcioczłonowych zespołów (rys. 4). W jednopokładowym EZT uzyskano wskaźnik podobny, jak w przypadku dwupokładowego, trójczłonowego zespołu – 8 osób na metr bieżący pojazdu, podczas gdy dla dwupokładowego, sześcioczłonowego EZT wskaźnik ten wynosi 9 osób (o 12,5% więcej).

Warto również zwrócić uwagę na moc maksymalną tych pojazdów. W tym celu wprowadzono nowy wskaźnik, jaki jest stosunek mocy przypadającej na jednego pasażera (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Porównanie mocy przypadającej na jednego pasażera pojazdu EN 57 oraz CD 471

Z rys. 5 wynika, że moc przypadająca na jednego pasażera w trójczłonowym, dwupokładowym zespole trakcyjnym jest o 250% większa. Wpływa to korzystnie na wartość osiąganego przyspieszenie ($0,5 \text{ m/s}^2$ w przypadku EN 57 oraz 1 m/s^2 w przypadku CD 471).



Rys. 6. Porównanie mocy przypadającej na jednego pasażera pojazdu Stadler Kiss z Newag 35WE

W przypadku porównywanych zespołów sześcioczłonowych (rys. 6) moc przypadająca na jednego pasażera w dwupokładowym zespole trakcyjnym jest o 34% większa.

Zalety i wady oraz szanse na wykorzystanie wagonów piętrowych

Główną zaletą pojazdów piętrowych jest możliwość przewiezienia większej ilości pasażerów na metr bieżący pojazdu. Przekłada się to również na zwiększenie pracy przewozowej oraz mniejsze zapotrzebowanie na miejsca postojowe. Z uwagi na odpowiedni rozkład masy na poszczególne osie zestawów kołowych, konieczne jest zastosowanie klasycznych dwóch wózków pod każdym członem pojazdu piętrowego. Wpływa to bezpośrednio na koszty produkcji całego pojazdu, aczkolwiek pozwala na zmniejszenie sumarycznych kosztów ponoszonych za dostęp do infrastruktury kolejowej [5].

Natomiast zespoły push-pull mają zastosowanie przede wszystkim w ruchu aglomeracyjnym i międzyregionalnym ze względu na brak konieczności manewrowania takim zespołem na stacjach końcowych. Co więcej, pozwala to przewoźnikowi na dostęp do stacji czołowych takich jak stacji Łódź Fabryczna, której układ torowy nie pozwala na wjazd klasycznego zestawu wagonowego. Pojazdy produkowane z myślą o pracy w systemie push-pull powinny być odporne na długotrwałe przenoszenie obciążeń wzdłużnych podczas pchania pociągu przez lokomotywę. Obecnie PKP Intercity planuje ogłosić przetarg na 38 składów typu push-pull składających się z 6 wagonów środkowych, 1 wagonu sterowniczego oraz lokomotywy wielosystemowej [6]. Składy ten mają mieć zdolność poruszania się z prędkością 200 km/h. Planowane trasy wykorzystania tych składów to: Kraków – Katowice, Łódź – Warszawa oraz Poznań – Wrocław. Ogłoszenie takie przetargu to bardzo dobre posunięcie. Pozwoli ono zwiększyć ilość miejsc siedzących na trasie Łódź – Warszawa, gdzie nie jest możliwe wprowadzenie kolejnych rozkładowych połączeń ze względu na przepustowość linii. Podobny przetarg (ze zmianą charakterystyki składu na regionalny) powinien zostać ogłoszony przez Koleje Śląskie. Zastosowanie składów piętrowych typu push-pull albo piętrowych EZT wpłynęło by korzystnie na poprawę komfortu podróży na trasie Gliwice – Zawiercie, Katowice – Żywiec. Również zastosowanie piętrowych składów na linii SKM Trójmiasto wpłynęło by na poprawę warunków podróży w tym regionie.

Podsumowanie

W ocenie autorów najkorzystniejsze dla przewoźników regionalnych jest użytkowanie piętrowych EZT. Posiadają one większą liczbę miejsc siedzących względem klasycznych zespołów trakcyjnych, co zapewnia większy komfort podróży. Charakteryzują się również dobrymi właściwościami trakcyjnymi.

Warto zwrócić uwagę na działania podjęte przez spółkę Koleje Mazowieckie. Podczas zakupu taboru piętrowego podjęto bardzo racjonalne działania polegające między innymi na: zapewnieniu kompatybilności pomiędzy posiadanym taborem oraz zakupie wagonów sterowniczych, które likwidują konieczność odpinania lokomotywy od składu i manewrowania wokół niego w celu zmiany kierunku jazdy pociągu.

Dodatkowo składy piętrowe w systemie push-pull są również optymalnym rozwiązaniem dla wszystkich przewoźników pasażerskich. Pomimo dużych kosztów zakupu takich pojazdów charakteryzują się one mniejszymi kosztami eksploatacji. Koszty

dostępu do infrastruktury są również niższe, ze względu na niski nacisk osi na szyny w porównaniu do dużej możliwości pracy przewozowej. Takie pojazdy cechują się niskimi opłatami dworcowymi jak i postojowymi. System push-pull pozwala na skrócenie czasu na wykonanie niezbędnej pracy manewrowej do minimum, a także zwiększa komfort podróży ponieważ wagony nie posiadają jednostek napędowych powodujących hałas. Taki system pozwala również na dostęp do stacji czołowych z jednoczesną możliwością odłączania oraz podłączania dodatkowych wagonów w razie potrzeby.

Źródła:

- [1] R. Rusak, "Rozwój konstrukcji wagonów piętrowych Bombardiera," *TTS Tech. Transp. Szyn.*, vol. 10, pp. 54–58, 2003.
- [2] "RB Trainz," 2021. <http://trainz.krb.com.pl/tabor-kilan/43a-bhixt>.
- [3] A. Wilk and M. Wiśniewski, "Wagony piętrowe Bipa/Bhp," *Koleje małe i duże*, vol. 25, 2007.
- [4] A. Majewski, "Baza Wagonów Kolejowych," 2021. <http://bazawagonow.pl>.
- [5] J. Raczyński, "Czynniki decyzyjne w procesie zakupu taboru kolejowego," *TTS Tech. Transp. Szyn.*, vol. 13, pp. 38–45, 2007.
- [6] M. Szymajda, "Przetarg na piętrowe zestawy push-pull dla PKP Intercity w połowie 2021 roku," *Rynek Kolej.*, 2021, [Online]. Available: <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/przetarg-na-pietrowe-zestawy-pushpull-dla-pkp-intercity-w-polowie-2021-roku-101315.html>

WYKORZYSTANIE METOD KOMPUTEROWYCH DO ZAPROJEKTOWANIA WYBRANEGO PODZESPOŁU W POJEŹDZIE SZYNOWYM

inż. Tomasz Szklarz

Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Studenckie Koło Naukowe „C. A. D”. Obecnie student Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej.

1. Wstęp

W ramach referatu poruszono tematykę związaną z wykorzystaniem metod komputerowych w projektowaniu wybranego podzespołu w pojeździe szynowym. Celem szczegółowym realizacji tematu wybrano tłok silnika a8C22 mającego zastosowanie w agregacie napędowym SM42 (Fablok 6D) [1].



Rysunek 1 Lokomotywa SM42 (opracowanie własne na podstawie [12])

Wybrano ten podzespół, ponieważ ze względu na wysokie obciążenia panujące podczas przemian termodynamicznych [2] powinien on zostać wykonany z materiału cechującego się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi. Tłoki zazwyczaj są wykonywane za pomocą odlewania, co ze względu na niższe koszty wykonania jest standardem dla tego typu wyrobu [3]. Poniżej przedstawiono podstawowe dane silnika a8C22 w formie tabelarycznej.

Tabela 8 Dane techniczne silnika a8C22 (opracowano na podstawie [1, 4, 12])

Parametr [jednostka]	Wartość
Skok tłoka [mm]	270
Pojemność skokowa jednego cylindra [dm ³]	10,2
Moc znamionowa [KM]	800
Znamionowa prędkość obrotowa [obr/min]	1000
Stopień sprężania [-]	13,5
Ciśnienie sprężania [MPa]	5,492
Ciśnienie spalania [MPa]	9,807
Średnica cylindra [mm]	220
Średnia prędkość tłoka przy obrotach znamionowych [m/s]	9
Typ turbosprężarki	Napier HP210/172GG
Typ rozrządu	OHV
Materiał tłoka	Stopy aluminium
Materiał głowicy	Żeliwo
Ciśnienie początku wtrysku [MPa]	21,58 ± 0,20
Średnie ciśnienie użyteczne [MPa]	0,863

Na podstawie [1,2] wykonano model tłoka, który zostanie zaprezentowany później. Najważniejszymi dla obliczeń z wykorzystaniem metody elementów skończonych są:

- ciśnienie spalania,
- materiał tłoka,
- średnie ciśnienie użyteczne,
- średnica cylindra.

Tak zaproponowane kryteria zostały wykorzystane do zbudowania uproszczonego modelu przeznaczonego dla liniowej analizy wytrzymałościowej. Poniżej przedstawiono przyjęte parametry i dane wejściowe potrzebne do modelowania dla zaproponowanych wcześniej kryteriów [12]:

- przyłożenie ciśnienia spalania na denko tłoka,
- przyłożenie temperatury 800 stopni Celsjusza na denko tłoka,
- temperatura tłoka wynosi 670 K,
- wymodelowano uproszczony tłok w stosunku do tradycyjnego tłoka.
- została uwzględniona grawitacja o wartości przyspieszenia 9,81 [m/s²],
- przyjętym materiałem dla badanych fragmentów jest aluminium – o własnościach podanych w normie PN-EN 1706:2011P,

- pomija się wpływ oleju i innych czynników – zatem to będzie analiza statyczna,
- ze względów obliczeniowych wykonano uproszczony model tłoka dla silnika a8C22,
- element siatki ma kształt paraboliczny i jego długość wynosi 4 [mm],
- materiał jest izotropowy – własności nie różnią się niezależnie od kierunku,
- silnik jest napędzany olejem napędowym klasy B takim jak w normie PN-EN 15940+A1+AC [17].

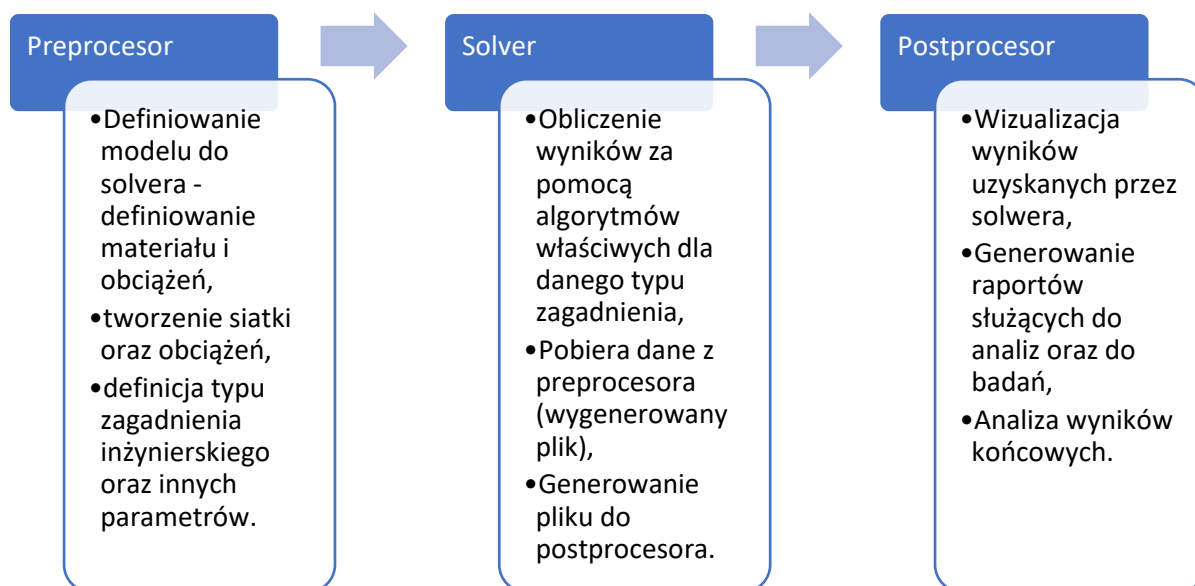
Model taki przyjęto ze względów uproszczenia obliczeń oraz ograniczeniach wynikających z posiadanego sprzętu komputerowego służącego do modelowania.

1. Przedstawienie zarysów CAE oraz Metody Elementów Skończonych

CAE (Computer Aided Engineering) jest to zbiór technik związanych z obliczeniami inżynierskimi, które są potrzebne do zaprojektowania i weryfikacji wyrobu, który będzie produkowany. Jedną z bardziej sztywnych technik wykorzystywanych w CAE jest Metoda Elementów Skończonych, która mimo swoich ograniczeń oraz wad jest szeroko stosowana w technice z powodu stosunkowej łatwości implementacyjnej. Jest szeroko zastosowana począwszy od prostych obliczeń wytrzymałościowych aż do skomplikowanych zjawisk jak na przykład zderzenie pociągu z samochodem.

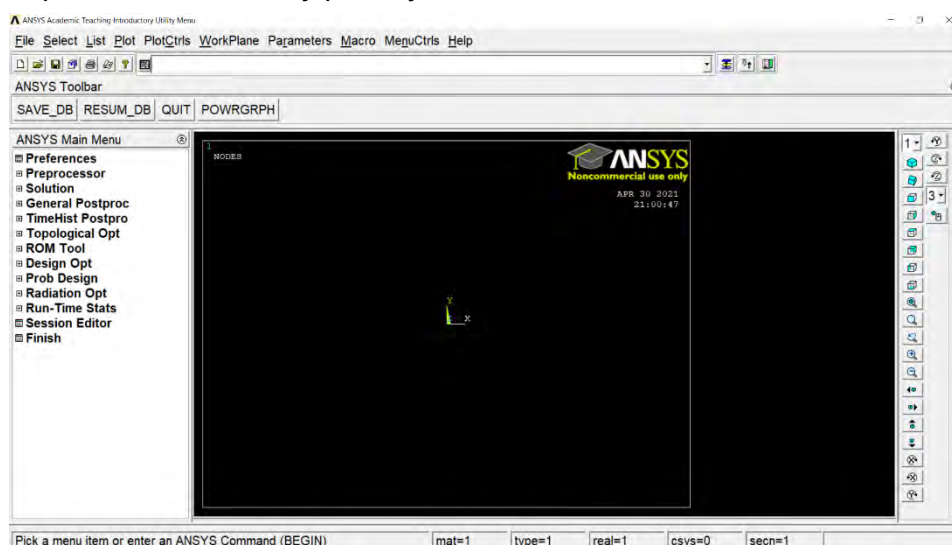
Jednym z takich sztywnych układów wyznaczanych za pomocą MES jest układ koło-szyna, który można rozwiązać na wiele sposobów nakładając różne warunki brzegowe oraz początkowe. Przez co można obliczyć na przykład wpływ obróbki laserowej warstwy wierzchniej obręczy tocznej. Innym przykładem jest analiza wyboczeniowa skrzydła samolotu pokazana w pozycji [13].

Metoda Elementów Skończonych polega na podziale danego elementu za pomocą przekształceń matematycznych na zbiór elementów o ustalonym kształcie, których ilość jest przeliczalna. W zależności od zagadnienia elementy, na które dany model można podzielić przyjmuje różne kształty. Ważnym elementem są węzły, które ulegają później odkształceniom (w zależności od ustawionego zagadnienia). Poniżej przedstawiono na podstawie [2,12] schemat działania oprogramowania MES, które jest szeroko rozpowszechnione:



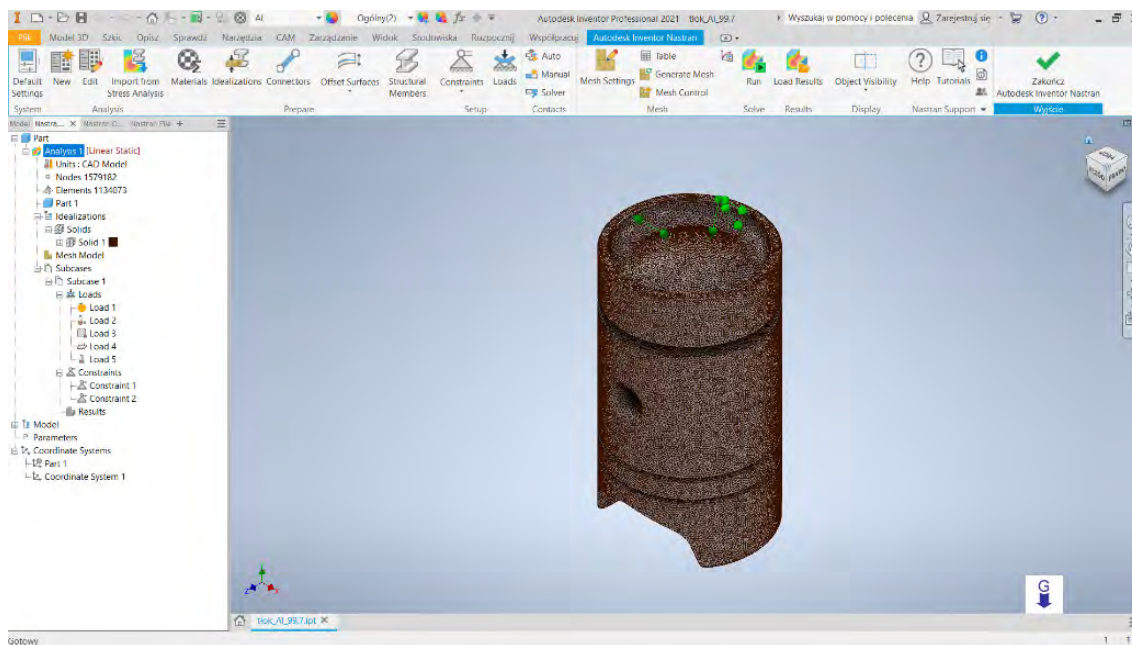
Rysunek 2 Schemat działania oprogramowania MES wg. autora (źródło [12] na podstawie [2])

Z przedstawionego powyżej materiału można wywnioskować, że najistotniejszą częścią oprogramowania wykorzystującego metodę elementów skończonych jest preprocesor, ponieważ w nim są definiowane dane wejściowe dla danego zagadnienia inżynierskiego. W przypadku oprogramowania MES występują dwa rozwiązania związane ze strukturą – budową (a tym samym sposobem modelowania) tegoż oprogramowania przedstawione na ilustracjach poniżej. Pierwszym z nich jest stand-alone, gdzie program (np. Ansys) umożliwia zdefiniowanie geometrii modelu za pomocą preprocesora, który to pokazano na ilustracji poniżej.



Rysunek 3 Przykład programu MES stand-alone - ANSYS (opracowanie własne)

Innym rozwiązaniem jest sytuacja gdy oprogramowanie wykorzystujące metodę elementów skończonych jest modułem (dodatkiem) do systemu CAD 3D. Poniżej na rys. 4 zaprezentowano przykład takiego programu: Autodesk Inventor Nastran 2021, który jest dodatkowym modułem do Inventora.



Rysunek 4 Przykład oprogramowania MES zintegrowanego z systemem CAD 3D (Autodesk Inventor Nastran 2021). (opracowanie własne)

Zastosowanie oprogramowania do MES typu stand-alone czy zintegrowanego zależy w praktyce od problemu inżynierskiego do rozwiązania, dostępnych zasobów czasowych oraz osobowych, ponieważ programy typu Ansys są stosunkowo trudne w obsłudze i nie zawsze bardzo rozbudowany preprocesor tam zastosowany jest potrzebny. Dlatego też w tym konkretnym przypadku zdecydowano się na rozwiązanie zintegrowane, które jest sporo prostsze w nauce oraz umożliwia uzyskanie porównywalnych wyników, które potem można zweryfikować.

2. Omówienie wybranych stopów odlewniczych aluminium wraz z charakterystyką ich własności

W ramach pracy własnej nad zagadnieniem doboru odpowiedniego stopu aluminium do wykonania tłoka za pomocą technologii odlewania ciśnieniowego wybrano na podstawie normy łącznie cztery stopy. Stop Al99,7E został wybrany jako wzorcowy stop pod względem własności wytrzymałościowych. Poniżej w tabeli drugiej znajduje się charakterystyka własności mechanicznych dla wybranych stopów.

Tabela 9 Charakterystyka wybranych własności wytrzymałościowych wybranych odlewniczych stopów aluminium (źródło [12] na podstawie [3])

Własność	Stop 1	Stop 2	Stop 3	Stop Al 99,7E - wzorcowy
Oznaczenie stopu i stanu	EN AC-45100 / EN AC-AI Si5Cu3Mg T6	EN AC-42200 / EN AC-AI Si7Mg0,6 T6	EN AC-21200 / EN AC-AI Cu5MnMg T7	Al 99,7E
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa] R_m	320	290	370	75
Umowna granica plastyczności [MPa] $R_{p0,2}$	280	240	310	-
Wydłużenie A [%]	< 1	2	2	30
Twardość Brinella HBW	110	85	110	17
Uwagi				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Stop aluminium w stanie T6 jest wg normy jest stopem po obróbce cieplnej poddanej polegającej na przesychnieniu oraz całkowicie sztuczemu starzeniu. 2. Stop aluminium w stanie T7 wg normy jest stopem po obróbce cieplnej polegającej na przesychnieniu oraz sztucznym przestarzeniu (inaczej stabilizacji). 3. Jeśli materiał został wymieniony w normie EN-PN 1706:2011 tylko w jednym stanie tak jak AlSi7Mg0,6 to w toku dalszych badań nad projektem inżynierskim pomija się informacje o stanie po obróbce cieplnej. 				

Wybrano te stopy z następujących powodów:

- stopy zostały z wyjątkiem czystego stopu odlewniczego aluminium obrabione cieplnie (zatem uległy mechanizmom umocnienia),
- przy wyborze stopów ustalono wydłużenie próbki materiału do poziomu 2% przy minimalnej twardości według skali Brinella na poziomie 85 HBW z wyjątkiem wzorcowego stopu.
- stopy miały podaną w normie granicę plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie z wyjątkiem wzorcowego stopu odlewniczego aluminium.
- Stopy te są stopami odlewniczymi nie podlegającymi obróbce plastycznej.

3. Omówienie technologii odlewania ciśnieniowego (na podstawie [12] i [24])

Odlewanie ciśnieniowe polega na wlewaniu roztopionego metalu do formy odlewniczej pod ciśnieniem. Jest ta technologia stosowana do wyrobów wielkoseryjnych jakim są badane tłoki silnika a8C22. Zazwyczaj formy odlewnicze są wykonywane

z materiałów, które muszą wytrzymać wysokie ciśnienie (rzędu 150 MPa) oraz temperatury (rzędu 1600 stopni Celsjusza). Przykładem takich materiałów są stopy stali do pracy na gorąco. Przepływ metalu jest turbulentny tzn. przebiega z zakłóceniami w odróżnieniu od przepływów laminarnych.



Rysunek 5 Przykład formy ciśnieniowej (źródło: <https://virocast.pl/wp-content/uploads/2016/09/odlewnia-aluminium-formy-wtryskowe.jpg>)

Jest to istotne, ponieważ wskutek takiego odlewania powstają pęcherze gazowe, wtrącenia niemetaliczne oraz inne wady odlewnicze negatywnie wpływające na wytrzymałość odlewu. Powierzchnia odlewu jest chropowata w mniejszym stopniu niż w innych technikach odlewniczych. Jednakże w niektórych zastosowaniach wymagane jest polerowanie celem nadania powierzchni odpowiedniej chropowatości zapisanej w dokumentacji, która jest wymagana do montażu danego elementu do innego elementu poprzez wkładanie jednego elementu w drugi.

Dużym problemem dla tej technologii odlewania jest porowatość odlewów, która jest niepożądana w silnikach tłokowych. Zbyt duża porowatość powoduje zbyt szybkie niszczenie silnika oraz tulei cylindra, która może powodować kosztowne awarie i konieczność wykonania kapitalnego remontu jednostki napędowej. Czasami uszkodzenia są zbyt głębokie i należy taki silnik wycofać z użytkowania. Poniżej na rys. 6 przedstawiono porowatość odlewów wykonanych w tej technologii:



Rysunek 6 Porowatość odlewów (źródło:
<https://www.wip.pw.edu.pl/zopio/content/download/102/501/file/Badanie%20wad%20odlew%C4%87w19.pdf>)

Mimo wielu wad odlewanie ciśnieniowe posiada wiele zalet takich jak możliwość dokładnego odwzorowania kształtu oraz stosunkowo niski koszt wytworzenia jednej sztuki wyrobu po odpowiednich inwestycjach.

W przypadku badanego wyrobu należy sprawdzić szczelność wykonanego odlewu. Można wykorzystać metodę opisaną szczegółowo w pozycjach [24,25].

4. Przedstawienie i omówienie uzyskanych wyników

W celu przeprowadzenia analizy parametrów zaproponowanych stopów, przyjęto skalę oceny jako sześciopunktową od A do F, gdzie dla A ustanowiono 6 punktów, a dla F 1 punkt. Jeśli dla jakiegoś stopu nie został określony jakiś parametr to z powodów technicznych przyjęto dla takiego parametru ocenę wynoszącą zero punktów. Wyniki przeprowadzonej analizy własności stopów są następujące:

Tabela 10 Wyniki analizy wielokryterialnej dla wybranych stopów aluminium (źródło [12])

Własność technologiczna	AlSi5Cu3Mg	AlCu5MgMn	AlSi7Mg0,6	Al99,7E					
Własności odlewnicze	Lejność	B	5	D	3	B	5	C	4
	Odporność na pękanie na gorąco	B	5	D	3	A	6	B	5
	Szczelność pod ciśnieniem	B	5	D	3	B	5	A	6
Skrawalność	Skrawalność po odlaniu	B	5	-	0	-	0	D	3

Własność technologiczna		AlSi5Cu3Mg		AlCu5MgMn		AlSi7Mg0,6		Al99,7E	
	Skrawalność po obróbce cieplnej	A	6	A	6	B	5	D	3
Własności związane z estetyką wyrobu	Zdolność do polerowania	B	5	B	5	C	4	B	5
Własności mechaniczne	Wytrzymałość w temperaturze pokojowej	A	6	A	6	A	6	E	2
	Wytrzymałość w temperaturze 200 stopniach Celsjusza	A	6	B	5	C	4	E	2
	Odporność na wstrząsy	C	4	A	6	A	6	A	6
Suma punktów		47		37		41		36	

Po analizie powyższej tabeli trzeciej wynika, że najlepsze własności ma stop AlSi5Cu3Mg, co jest spowodowane jego składem stopowym. Szczególną rolę dla wytrzymałości wykonanego tłoka za pomocą odlewania ma magnez i miedź powodujące wzrost wytrzymałości oraz poprawę własności technologicznych [16-27]. Jednakże w przypadku wytrzymałości mechanicznej najlepszym stopem jest stop AlCu5MgMn, który ze względu na małą zawartość krzemu wynoszącą 0,1% ma stosunkowo złe własności odlewnicze w porównaniu do typowego AlSi7Mg0,6 oraz AlSi5Cu3Mg zawierających odpowiednio 4,5 – 5,5 % Si oraz 6,5 – 7,5 % Si. Można przypuszczać, że krzem jest pożądanym pierwiastkiem korzystnie wpływającym na własności odlewnicze istotnym w przypadku wprowadzenia masowej produkcji za pomocą technik odlewniczych tłoków i innych podzespołów wykorzystywanych w pojazdach szynowych.

Następnie w ramach przeprowadzanych analiz zaproponowanych stopów, wykonano w programie Autodesk Inventor Nastran obliczenia wytrzymałościowe. Wyniki uzyskane za pomocą oprogramowania znajdują się w poniższej tabeli:

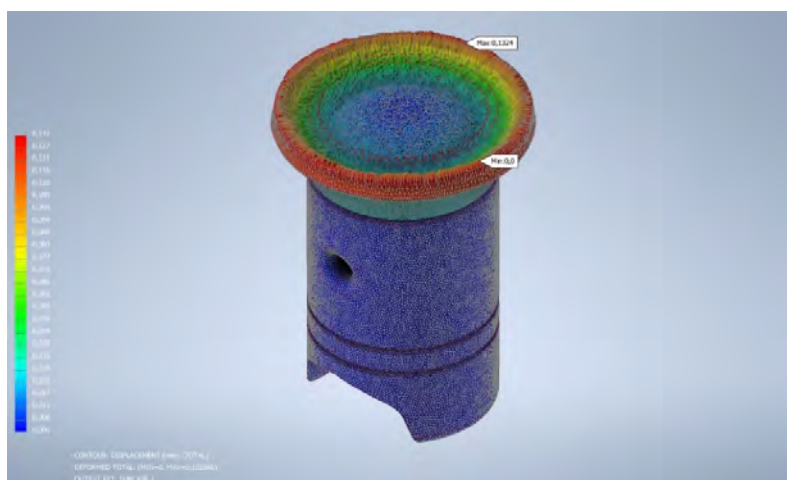
Tabela 11 Wyniki obliczeń dla wybranych stopów odlewniczych (źródło [12])

Stop	Przemieszczenie [mm]	Maksymalne Naprężenie według hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego [MPa]	Maksymalne naprężenie główne [MPa]
AlCu5MgMn w stanie T7	0,1324	1097,0	720,8
AlSi5Cu3Mg w stanie T6	0,1310	932,9	614,9
AlSi7Mg0,6	0,1389	877,9	579,4
Al 99,7E	0,1427	792,7	524,5

Po przeanalizowaniu powyższej tabeli zauważono, że najmniejszymi przemieszczeniami cechuje się tłok wykonany ze stopu AlSi5Cu3Mg w stanie T6, a największymi tłok wykonany z Al 99,7E. Różnice pomiędzy materiałami spowodowane są przez różny skład stopowy oraz innymi mechanizmami umocnieniowymi, które zostały szerzej omówione w pozycji [12].

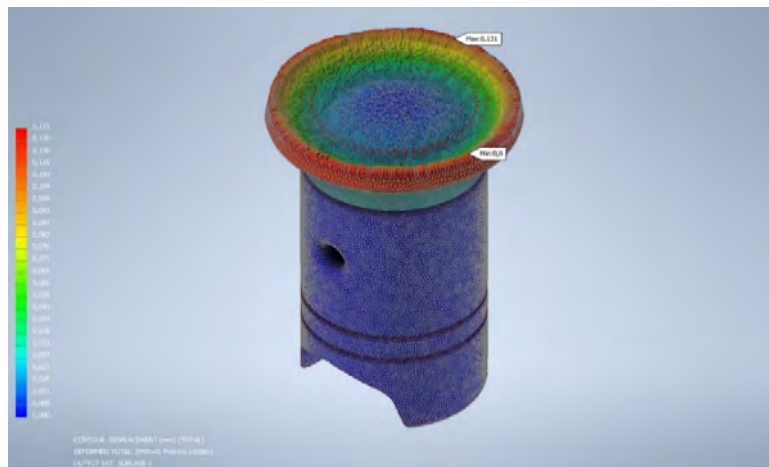
Poniżej przedstawiono zrzuty wykonanych obliczeń dla wybranych wcześniej stopów odlewniczych. Ze względu na ograniczoną objętość referatu pokazano wyniki dla przemieszczeń, jednakże w trakcie dalszego toku prac w projekcie inżynierskim wyznaczono także stosunki przemieszczeń względem stopu wzorcowego jakim jest Al. 99,7E.

- AlCu5MgMn w stanie T7



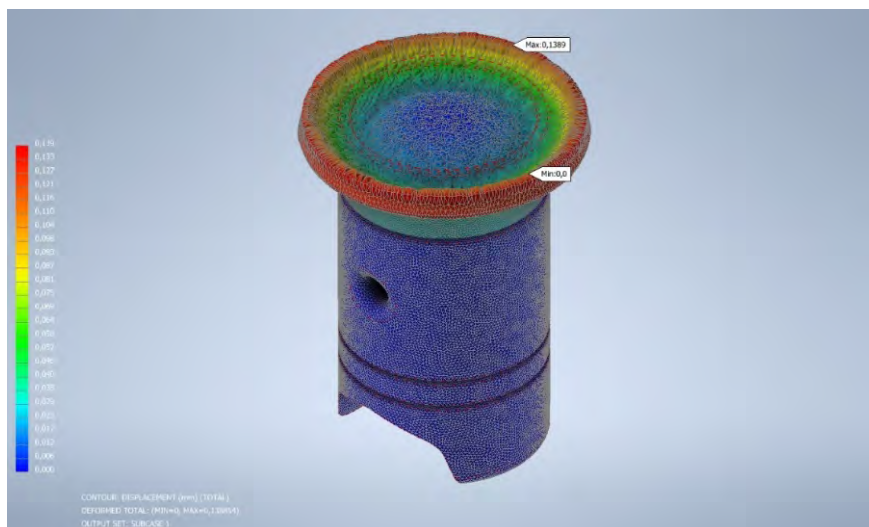
Rysunek 7 Odształcenia tłoka wykonanego z AlCu5MgMn w stanie T7 (opracowanie własne na podstawie [12])

- AlSi5Cu3Mg w stanie T6



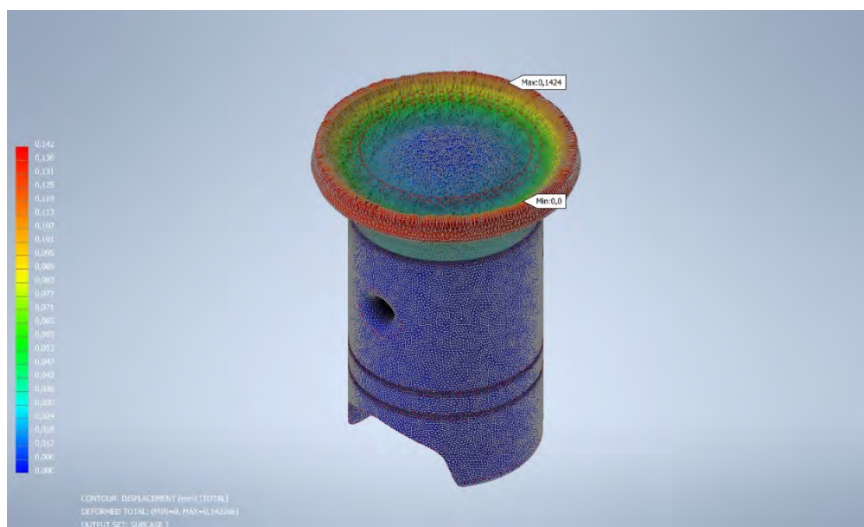
Rysunek 8 Odkształcenia tłoka wykonanego z AlSi5Cu3Mg w stanie T6 (opracowanie własne na podstawie [12])

- AlSi7Mg0,6



Rysunek 9 Odkształcenia tłoka wykonanego z AlSi7Mg0,6 (opracowanie własne na podstawie [12])

- Al 99,7E



Rysunek 10 Odkształcenia tłoka wykonanego z Al 99,7E (opracowanie własne na podstawie [12])

Po przeanalizowaniu rysunków od 7 do 10, przedstawiających stan odkształcony tłoka (został on przeskalowany celem pokazania miejsc, na które trzeba zwrócić uwagę) stwierdzono, że największe przemieszczenia umiejscowione są na obrzeżu denka tłoka co jest zgodne z literaturą [16, 18-22]). Obliczenia pokazały również, że naprężenia propagują się w wyrobach wykonanych w postaci tłoków poprzez sieć krystaliczną i są odzwierciedlone na zewnątrz tak jak w pozycjach [14,22]. Dzięki temu, że pokazane wyniki symulacji znajdują odzwierciedlenie w literaturze, to można stwierdzić, że przeprowadzone modelowanie i obliczenia zostały wykonane w sposób prawidłowy.

5. Wnioski

W referacie omówiono obliczenia i symulacje przeprowadzone w ramach wykonania projektu inżynierskiego dot. doboru stopu odlewniczego aluminium do wykonania tłoka. Przedstawiono najważniejsze wyniki oraz omówiono zagadnienia związane z odlewaniem ciśnieniowym, które jest stosowane dla produkcji wielkoseryjnej odlewów. Wykorzystano w tym celu Autodesk Inventor Professional 2021 wraz z Autodesk Inventor Nastran 2021 z powodu integracji pomiędzy dwoma środowiskami oraz faktem, że pochodzą od jednego producenta co korzystnie wpływa na niezawodność obliczeń (definiowaną przez ilość awarii oprogramowania i koniecznością wykonywania kolejnych prób).

Cel badawczy w postaci doboru odlewniczego stopu aluminium do wykonania tłoka silnika a8C22 został w pełni osiągnięty i przez to pokazano, że metody komputerowe mogą znaleźć zastosowanie w tym przypadku jako szybsze od tradycyjnych metod oraz mniej

kosztochłonne, ponieważ można dzięki oprogramowaniu do obliczeń wytrzymałościowych wyznaczać niezbędne wielkości oraz je bezpośrednio porównywać. Należy jednak pamiętać, że oprogramowanie idealizuje pewien stan i przez co wyniki są obarczone pewnym błędem. Błąd ten w zastosowaniach przemysłowych nie ma praktycznego znaczenia.

Poniżej na podstawie analizy całościowej bibliografii [1-27], oraz w oparciu o otrzymane wyniki przedstawiono następujące wnioski:

- a. Nieodpowiednim stopem do wykonania tłoku jest Al. 99,7E, który ze względu na słabe własności wytrzymałościowe oraz na łatwość odkształcenia plastycznego, które jest najwyższe z badanych stopów nie nadaje się do podzespołów wysokoobciążonych jakim są tłoki silników o zapłonie samoczynnym.
- b. Wartości przemieszczeń rosną w kierunku gładzi cylindra silnika i są one największe dla obrzeży tłoka.
- c. Najmniejsze przemieszczenia zarejestrowano dla stopu AlSi5Cu3Mg w stanie T6, jest to spowodowane mechanizmami wzmocnieniowymi oraz inną propagacją naprężeń w wykonanym tłoku [22].
- d. Według przyjętych kryteriów dla własności technologicznych najlepsze własności posiada stop AlSi5Cu3Mg. Cechuje się on bardzo dobrą lejninością oraz właściwościami technologicznymi i mechanicznymi. Posiada on po analizie wyników znacząco lepsze własności technologiczne w odróżnieniu od najbardziej wytrzymałego stopu tj. AlCu5MgMn.
- e. W ramach przeprowadzonych własnych obliczeń i symulacji, osiągnięto podobne rozkłady naprężeń i przemieszczeń, takie jakie są pokazane w przedmiotowej literaturze [4, 18-21].
- f. Metody komputerowe pomagają w wykonaniu dokumentacji wyrobu oraz umożliwiają analizę wielu wariantów materiałowych bez konieczności wykonywania wcześniej prototypów. Osiąga się przez to oszczędność czasu i pieniędzy.

6. Literatura

- [1] S. Bolewski, E. Kowalczyk, *Lokomotywy spalinowe serii SM42*, Wydawnictwa Łączności i Komunikacji, wyd. 1, Warszawa 1971
- [2] Klaus-Jurgen Bathe, *Finite Element Procedures (Procedury elementów skończonych)*, Wydanie 2, 2016, ISBN 978-0-9790049-5-7

- [3] PN-EN 1706:2011, Aluminium i stopy aluminium – Odlewy – Skład chemiczny i własności mechaniczne, Warszawa, Polki Komitet Normalizacyjny, 21p.
- [4] M Lewadowski, *Silniki spalinowe pojazdów szynowych*, Wydawnictwa Łączności i Komunikacji, wyd. 1, Warszawa 2018. ISBN 978-83-206-2002-3,
- [5] LU, Yaohui, et al. Analysis of thermal temperature fields and thermal stress under steady temperature field of diesel engine piston. *Applied thermal engineering*, 2017, 113: 796-812.
- [6] Qin Zhaoju, Li Yingsong, Yang Zhenzhong, Duan Junfa, Wang Lijun, Diesel engine piston thermo-mechanical coupling simulation and multidisciplinary design optimization, *Case Studies in Thermal Engineering*, Volume 15, 2019, 100527, ISSN 2214-157X, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100527>.
- [7] HAQUE, M. M.; SHARIF, A. Study on wear properties of aluminium–silicon piston alloy. *Journal of materials processing technology*, 2001, 118.1-3: 69-73.
- [8] WANG, M., et al. Thermo-mechanical fatigue behavior and life prediction of the Al-Si piston alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 2018, 715: 62-72.
- [9] SINGH, Ajay Raj; SHARMA, Pushpendra Kumar. Design, analysis and optimization of three aluminium piston alloys using FEA. *PARAMETERS*, 2014, 2618: A4032.
- [10] CERIT, Muhammet; COBAN, Mehmet. Temperature and thermal stress analyses of a ceramic-coated aluminum alloy piston used in a diesel engine. *International Journal of Thermal Sciences*, 2014, 77: 11-18.
- [11] MBUYA, Thomas O., et al. *Micromechanisms of fatigue crack growth in cast aluminium piston alloys*. *International Journal of Fatigue*, 2012, 42: 227-237.
- [12] SZKLARZ Tomasz, Dobór stopu odlewniczego aluminium do wytwarzania tłoka silnika a8C22, projekt inżynierski, Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katowice 2020.
- [13] PÉREZ, Ismael. Strength and buckling analysis of an aircraft wing using MSC. PATRAN and MSC. NASTRAN. 2014 (Analiza wyboczeniowa i wytrzymałościowa skrzydła samolotu z wykorzystaniem MSC PATRAN i MSC NASTRAN). PhD Thesis (Praca doktorska). Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej..
- [14] Myszka, M., Zych, J., Snopkiewicz, T. *Skłonność do pęknięć na gorąco stopów odlewniczych - innowacyjna metoda badań*. *Prace Instytutu Odlewnictwa*. 2018 58(4),s. 235–249. ISSN 1899-2439.
- [15] LUMLEY, Roger N., et al. The role of alloy composition and T7 heat treatment in enhancing thermal conductivity of aluminum high pressure diecastings. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2013, 44.2: 1074-1086.

- [16] Vadim S. Zolotarevsky, Nikolai A. Belov, Michael V. Glazoff, *Chapter four - Dependence of Castability and Mechanical Properties on Composition and Microstructure of Aluminum Alloys* (Rozdział czwarty – Zależność lewności i własności mechanicznych od składu stopowego i mikrostruktury stopów aluminium), *Casting Aluminum Alloys* (Odlewnicze stopy aluminium), Elsevier, 2007, Pages 247-326, ISBN 9780080453705, <https://doi.org/10.1016/B978-008045370-5.50006-7>.
- [17] PN-EN 15940+A1+AC, Paliwa do pojazdów samochodowych. Parafinowy olej napędowy z procesów syntezy lub uwodornienia. Wymagania i metody badań. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny
- [18] SZMYTKA, F., et al. *Thermal fatigue analysis of automotive diesel piston: Experimental procedure and numerical protocol*. International Journal of Fatigue, 2015, 73: 48-57.
- [19] SILVA, F. S. *Fatigue on engine pistons – A compendium of case studies*. Engineering failure analysis, 2006, 13.3: 480-492.
- [20] MALAKIZADI, Amir, et al. Thermo-mechanical fatigue life prediction of a heavy duty diesel engine liner. In: Internal Combustion Engine Division Fall Technical Conference. 2007. p. 529-535.
- [21] RAO, Lanka Tata, et al. 'Stress Analysis of 4stroke Diesel Engine Piston. International Journal of Current Engineering and Scientific Research (IJCESR), 2015, 2.2: 121-125.
- [22] Meyers M.A., Murr L.E. Propagation of Stress Waves in Metals (Propagacja fal naprężeń w metalach). In: Blazynski T.Z. (eds) Explosive Welding, Forming and Compaction (Zgrzewanie wybuchowe. Formowanie i zagęszczanie). Springer, 1983, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-9751-9_2
- [23] ŁUSZCZAK, M.; DAŃKO, R. Stan zagadnienia w zakresie odlewania dużych odlewów strukturalnych ze stopów aluminium. *Archives of Foundry Engineering*, 2013, 13
- [24] <https://feazone.org/downloads/dieCasting.pdf>
- [25] Jędrzykiewicz, Z., et al. "Stanowisko laboratoryjne do badania szczelności odlewów żeliwnych o zróżnicowanych strukturach." *Archiwum Odlewnictwa* 6.18/2 (2006): 129- 134.
- [26] SU, Mei-Ni; YOUNG, Ben. Material properties of normal and high strength aluminium alloys at elevated temperatures. *Thin-walled structures*, 2019, 137: 463-471.
- [27] John Campbell, *Chapter 8 - Cracks and Tears* (Rozdział 8 – pęknięcia i rozerwania), *Complete Casting Handbook* (Second Edition) (Kompletny Podręcznik Odlewania – drugie wydanie), Butterworth-Heinemann, 2015, Pages 417-445, ISBN 978-0-4446350-9-9, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63509-9.00008-X>.

MAPA ZDARZEŃ KOLEJOWYCH W ROLI INNOWACYJNEGO PROJEKTU WSPOMAGAJĄCEGO SYSTEM ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM REGIONALNEGO PRZEWOŹNIKA KOLEJE ŚLĄSKIE SP. Z O.O.

Katarzyna Gawlak

Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katedra Transportu Kolejowego

1. Wstęp

Implementacja tzw. IV Pakietu kolejowego, czyli zestawu regulacji prawnych nakierowanych na stworzenie odpowiednich warunków umożliwiających utworzenie jednolitego obszaru kolejowego na terenie Unii Europejskiej, stwarza nowe wyzwania dla wszystkich podmiotów rynku kolejowego. W skład pakietu regulacji związanych z filarem technicznym systemu transportu kolejowego wchodzi między innymi Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2018/762 z dnia 8 marca 2018 r. ustanawiające wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do wymogów dotyczących systemu zarządzania bezpieczeństwem na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 oraz uchylające rozporządzenia Komisji (UE) nr 1158/2010 i (UE) nr 1169/2010 (nazywane w dalszej części pracy Rozporządzeniem 2018/762), które wyznacza nowe kierunki rozwoju dla szeroko pojętego bezpieczeństwa systemu transportu kolejowego. Podmioty rynku kolejowego zobligowane do posiadania systemów zarządzania bezpieczeństwem (SMS), są tym samym zobowiązane do opracowania i wdrożenia procedur pozwalających spełnić nowe kryteria. Ważnym jest zwrócenie uwagi, że implementacja nowego prawa związanego z systemami zarządzania bezpieczeństwem nie ma na celu wdrażanie całkowicie nowych systemów przez poszczególne podmioty. Ustawodawca wskazuje na płynne przejście w ramy prawne Rozporządzenia 2018/762, nie odcinając się tym samym całkowicie od funkcjonujących dotychczas SMS i uprzednio obowiązujących wymagań prawnych tj. Rozporządzenia Komisji (UE) nr 1158/2010 i 1169/2010. Analizując i porównując przedmiotowe akty prawne można wysunąć wniosek, że ustawodawca zachowuje fundamenty istniejących już systemów zarządzania bezpieczeństwem. Rozporządzeniem 2018/762 wyznaczone jest nowe spojrzenie na monitorowanie i podwyższanie poziomu bezpieczeństwa, podkreślając równocześnie istotną rolę ciągłego doskonalenia SMS.

Do kluczowych elementów, które mają wpływ na całokształt systemu zarządzania bezpieczeństwem jest z pewnością zmiana podejścia do czynnika ludzkiego i uwzględniania go we wszystkich realizowanych procesach przy równoległym zaangażowaniu wszystkich poziomów hierarchicznych danej organizacji. Trzeba tutaj zwrócić uwagę, że w przeszłości bezpieczeństwo było w dużym stopniu postrzegane w kontekście dążenia do niezawodności i kompatybilności rozwiązań i systemów technicznych, które pozwalają na stworzenie warunków dla niezakłóconego poruszania się pojazdów kolejowych¹. W przedstawionym podejściu, które odnosi się do spójności elementów technicznych takich jak tabor, infrastruktura, systemy informatyczne pomijanych jest wiele innych czynników, które także mają niewątpliwy wpływ na poziom bezpieczeństwa. Należą do nich również elementy powiązane z czynnikiem ludzkim, które są związane z odpowiednią organizacją czynności wykonywanych przez pracowników na stanowiskach pracy, zapewnieniem odpowiednich warunków i środowiska pracy, dostarczeniem odpowiednich zasobów niezbędnych do realizacji procesu w danym momencie. Przy czym powinno to zostać zrozumiane jako elementy techniczne niezbędne do wykonywania powierzonej funkcji, jak również zapewnienie odpowiednich kwalifikacji, kompetencji czy motywacji. Dopiero taka analiza i kompleksowe podejście do kwestii zarządzania bezpieczeństwem pozwala na poszukiwanie i wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w ramach funkcjonujących systemów zarządzania bezpieczeństwem, które z drugiej strony umożliwiają pełne i praktyczne spełnienie kryteriów Rozporządzenia 2018/762.

2. Kultura bezpieczeństwa kolejowego w aspekcie zdarzeń kolejowych

Kultura jest bardzo szerokim pojęciem, którego dokładne rozumienie różni się w zależności od podejścia i indywidualnych uwarunkowań danej dyscypliny naukowej. Niemniej jednak encyklopedia powszechna definiując kulturę w jej jak najszerszym znaczeniu przedstawia ją jako *wszystko, co w zachowaniu i wyposażeniu członków społeczeństw ludzkich stanowi rezultat zbiorowej działalności*². Pojęcie bezpieczeństwa podobnie jak pojęcie kultury zawiera w sobie ogromny zakres oddziaływań i ze względu na powszechność jego wykorzystania w życiu społecznym, naukowym czy politycznym poddawane jest wielokrotnemu definiowaniu, co przekłada się na brak jednoznacznej,

¹ Dąbrowa-Bajon, M.: Podstawy sterowania ruchem kolejowym: funkcje, wymagania, zarys techniki., Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2014. ISBN 978-83-7814-320-8.

² Kultura, w Nowa Encyklopedia Powszechna PWN, B. Petrozolin-Skowrońska (red.), Tom III, Warszawa, 1996. ISBN 83-01-11966-7

a zarazem skończonej definicji. Na potrzeby niniejszego referatu przedstawione zostaną dwie szerokie definicje, które określają bezpieczeństwo. Z jednej strony można przyjąć pozytywne podejście do tego terminu i rozumieć je jako *ekwiwalent szczęścia*, co jest bardzo mało precyzyjnym stwierdzeniem, gdyż pociąga za sobą konieczność doprecyzowania często subiektywnego poczucia szczęścia zarówno w aspekcie jednoosobowym, jak i z punktu widzenia całej organizacji. Z drugiej strony definiując bezpieczeństwo można kierować się na aspekt negatywny, który pozwala wychwycić to, co w samym pojęciu jest kluczowe. W związku z tym bezpieczeństwo może być również rozumiane jako *stan braku zagrożenia*. W tym kontekście konieczne jest równie szerokie spojrzenie pod kątem czynników wewnętrznych, jak i zewnętrznych, które mogą doprowadzić do zaistnienia stanu zagrożenia w trakcie realizowanych czynności, procesów³.

Przedstawione powyżej rozważania znajdują swoje bezpośrednie odzwierciedlenie w rozumieniu kultury bezpieczeństwa, która w transporcie kolejowym jest postrzegana jako zespół oddziaływań występujących pomiędzy wymaganiami systemu zarządzania bezpieczeństwem. Zagłębiając się w definiowany przez Agencję Kolejową Unii Europejskiej termin, kluczowymi elementami jest to, jak osoby funkcjonujące w tym systemie rozumieją jego wytyczne, z jakim nastawieniem i postawą podchodzą do spełniania kryteriów określonych przez SMS. Dopiero całokształt przyjmowanych wartości, przekonań, sposobu myślenia zarówno na poziomie indywidualnym, jak również grupowym przekłada się na faktycznie podejmowane decyzje i działania, które mają rzeczywisty wpływ na bezpieczeństwo⁴. Z tego względu należy zwrócić uwagę na fakt, że w aspekcie zachowania i podwyższania bezpieczeństwa systemu transportu kolejowego kluczowe znaczenie ma zaangażowanie wszystkich pracowników. Niezwykle istotnym jest, aby kwestie związane z bezpieczeństwem były ściśle powiązane ze wszystkimi procesami realizowanymi przez przedsiębiorstwo kolejowe. W taki sposób możliwe jest budowanie świadomości pracowników wszystkich szczebli w zakresie ich wpływu na bezpieczeństwo. W związku z tym każda decyzja podejmowana w ramach funkcjonującego SMS ma znaczenie i w pewnym stopniu buduje jakość i skuteczność działania całego systemu. Szczególna uwaga zwracana jest na tzw. stanowiska kolejowe bezpośrednio związane z prowadzeniem i bezpieczeństwem ruchu kolejowego.

³ Gierszewski, J.: Bezpieczeństwo. O istocie pojęć i paradygmatach w naukach o bezpieczeństwie, Kultura bezpieczeństwa w teorii i praktyce, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń. 2019. ISBN 978-83-8180-121-8

⁴ Agencja Kolejowa Unii Europejskiej: Promowanie pozytywnej kultury bezpieczeństwa w transporcie kolejowym, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2018.

Pracownicy na tych stanowiskach są na pierwszej „linii frontu” i to właśnie oni najczęściej mierzą się z koniecznością reakcji na występujące zagrożenie, podejmowaniem decyzji w newralgicznych i nieprzewidzianych sytuacjach.

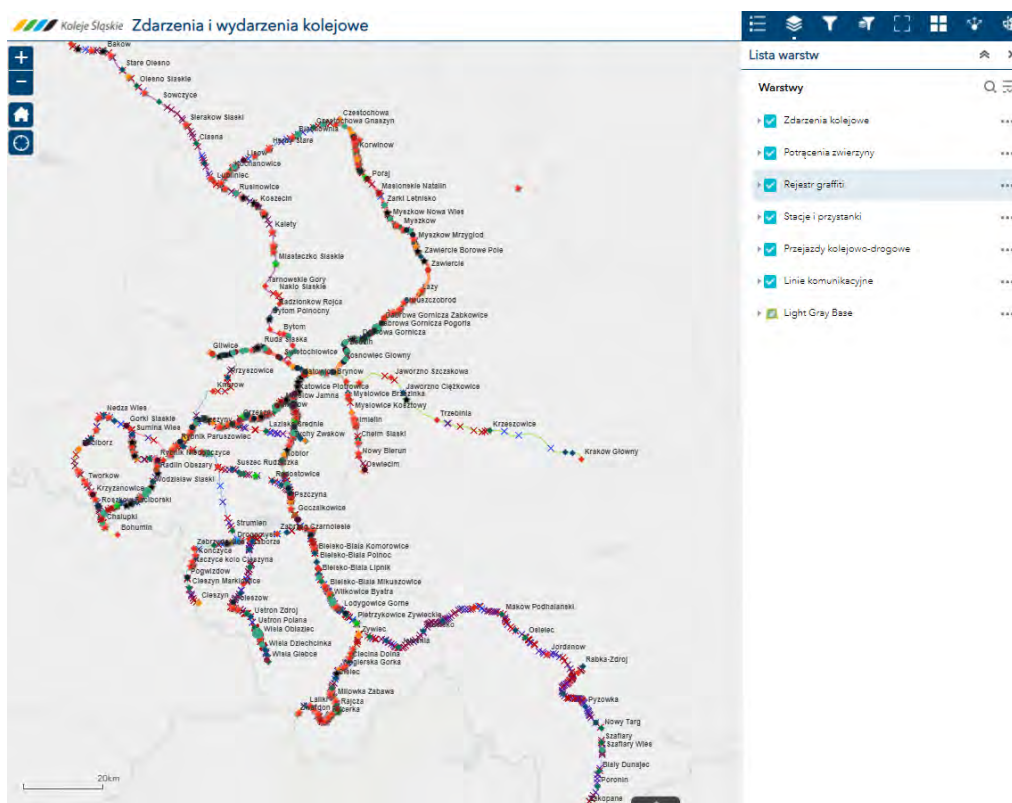
W myśl Rozporządzenia 2018/762 promowanie pozytywnej kultury bezpieczeństwa jest elementem istotnym dla ciągłego doskonalenia posiadanego systemu zarządzania bezpieczeństwem. W związku z tym wymagania prawne jasno wskazują między innymi na obligatoryjne opracowanie strategii, która zapewni ciągłe doskonalenie w zakresie kultury bezpieczeństwa. Jednocześnie wspomniany akt prawa wykonawczego zwraca szczególną uwagę na dokładne analizowanie zdarzeń kolejowych i innych sytuacji mających wpływ na bezpieczeństwo, które zaistniały w ramach prowadzonej działalności. W tym kontekście kluczowa jest szeroka analiza posiadanych danych oraz wyciąganie adekwatnych wniosków na przyszłość. Rozporządzenie 2018/762 nakłada na przewoźników kolejowych i zarządców infrastruktury obowiązek rejestrowania, analizowania i badania występujących zdarzeń kolejowych. Jednakże, wymagania prawne nie wskazują wzoru przedmiotowego rejestru, czy szczegółowych wytycznych jakie informacje powinien on zawierać. Z tego względu powszechnie stosowaną przez podmioty rynku kolejowego formą rejestracji takich wydarzeń jest gromadzenie danych w postaci prostej tabeli, która zawiera podstawowe informacje na temat czasu i miejsca zdarzenia, jego kategorii czy przebiegu. W zależności od poziomu kultury bezpieczeństwa danego przewoźnika może ona dodatkowo dzielić się na podrejstry przedstawiające różne grupy zdarzeń i wydarzeń kolejowych, czy zawierać szerszy wachlarz danych opisujących daną sytuację. Bardziej kompleksowe bazy danych pozwalają na głębszą analizę trendów, wyciąganie właściwych wniosków, a następnie wdrażanie odpowiednich środków bezpieczeństwa. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że duża liczba danych zamieszczonych w rejestrze niesie za sobą pewne ograniczenia związane z odpowiednią dostępnością i przetwarzaniem wszystkich wpisów, a co z tym związane formułowaniem kluczowych wniosków. W nawiązaniu do powyższego pożądane jest wprowadzanie przez podmioty rynku kolejowego dodatkowych narzędzi, które pozwolą na prezentację danych w nowej formie, tym samym umożliwiając przedstawienie danych dotyczących zdarzeń i wydarzeń kolejowych w sposób przystępniejszy, który nie spowoduje w żadnym stopniu utraty wartości merytorycznej poszczególnych wpisów. Takim rozwiązaniem jest Mapa zdarzeń kolejowych, która została opracowana i wdrożona pilotażowo do stosowania w spółce Koleje Śląskie.

Koleje Śląskie są wiodącym regionalnym przewoźnikiem pasażerskim wykonującym przewozy kolejowej na obszarze województwa śląskiego. Uzyskany certyfikat bezpieczeństwa i licencja na przewozy kolejowe obejmują przewozy pasażerskie z wyłączeniem przewozów kolejowych dużych prędkości. Zgodnie z wymaganiami prawnymi spółka opracowała i wdrożyła SMS, który zgodny jest z kryteriami określonymi w Rozporządzeniu 2018/762. Potwierdza to fakt, że Koleje Śląskie jako pierwszy przewoźnik kolejowy w Polsce pomyślnie zakończyły proces ubiegania się o Jednolity certyfikat bezpieczeństwa, który wydany został przez Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego. Uzyskanie Jednolitego certyfikatu bezpieczeństwa świadczy o tym, że system zarządzania bezpieczeństwem, który został wdrożony i funkcjonuje w spółce jest otwarty na poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań pozwalających na ciągłe doskonalenie SMS, również w aspekcie kultury bezpieczeństwa kolejowego i powiązanych z nimi zdarzeń kolejowych. Opracowana Mapa zawiera w sobie wszystkie najważniejsze dane na temat zaistniałych w wybranym przedziale czasu zdarzeń i wydarzeń. Poszczególne elementy zostały przedstawione w formie graficznej, z zaznaczeniem miejsca wystąpienia na interaktywnej mapie, obejmującej linie kolejowe eksploatowane przez przewoźnika. Implementacja nowego rozwiązania geoinformacyjnego w postaci Mapy, umożliwia natychmiastową analizę wydarzeń kolejowych uwzględniającą przede wszystkim miejsca ich występowania, a co z tym związane pozwalającą na wskazywanie odcinków linii newralgicznych z punktu widzenia bezpieczeństwa. Z tego względu Mapa jest zdecydowanie dokładniejszą i pełniejszą formą zobrazowania danych na temat zdarzeń i wydarzeń, a możliwość korzystania z Mapy na urządzeniach mobilnych czyni ją dodatkowo narzędziem wykorzystywanym w procesie szkolenia i podnoszenia kultury bezpieczeństwa.

3. Funkcjonalność Mapy

Opracowana Mapa zdarzeń i wydarzeń kolejowych składa się z 6 odrębnych warstw (rys. 1). Do warstw bazowych należą warstwy odzwierciedlające linie komunikacyjne obsługiwane przez spółkę, jak również lokalizację przystanków osobowych i stacji oraz przejazdów kolejowo-drogowych występujących na poszczególnych trasach. Ich głównym zadaniem jest pomoc w prawidłowym odbiorze zlokalizowanych na Mapie tzw. punktów krytycznych w postaci miejsc występowania zdarzeń i wydarzeń kolejowych. W związku z tym najważniejszymi elementami Mapy są warstwy przedstawiające miejsca zaistnienia zdarzeń kolejowych rejestrowanych przez Spółkę

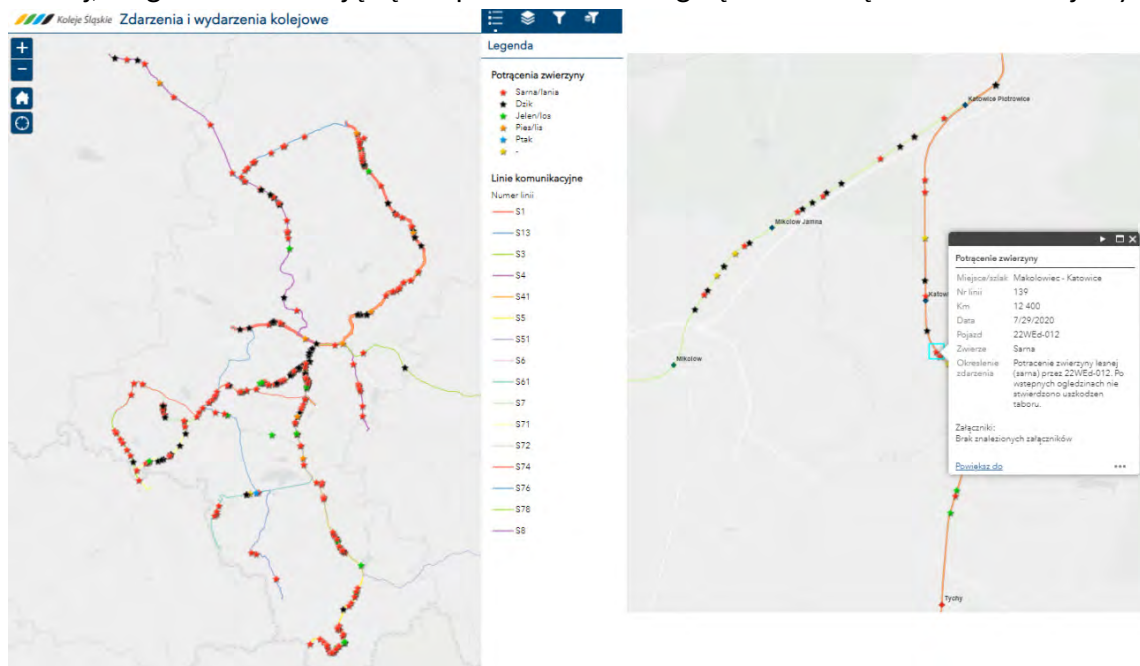
zgodnie z kategoriami zawartymi w Rozporządzeniu w sprawie poważnych wypadków, wypadków i incydentów w transporcie kolejowym (Dz. U. 2016 poz. 369), warstwa zawierająca punkty, w których doszło do potrąceń zwierzyny leśnej, jak również odrębna warstwa, która przedstawia chuligańskie występkę związane z umieszczaniem graffiti na pojazdach spółki. Każdy z punktów umieszczonych na Mapie posiada swoją etykietę, która przedstawia jego krótką charakterystykę, między innymi w postaci numeru i kilometrażu linii, daty i krótkiego opisu wydarzenia.



Rysunek 11 Mapa zdarzeń kolejowych spółki Koleje Śląskie

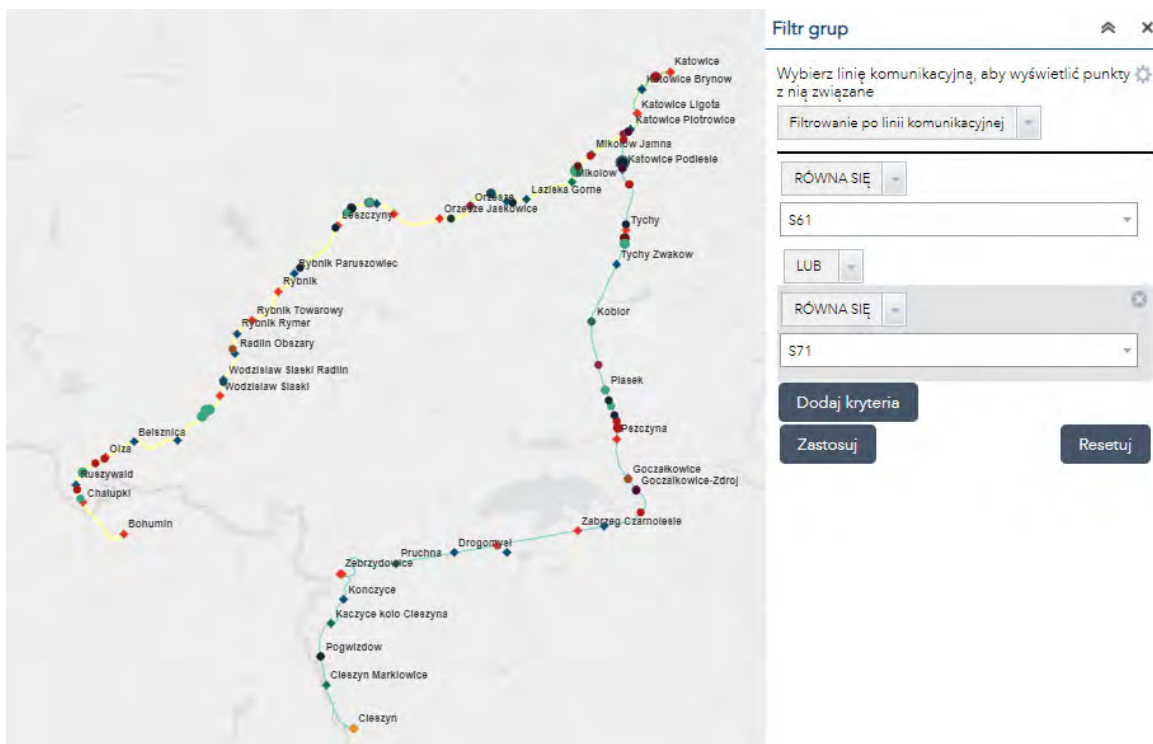
Ocena zasadności utworzenia warstwy potrąceń zwierzyny leśnej (rys. 2) poprzedzona była badaniem i analizą liczby najechań na przeszkodę przez pojazdy kolejowe eksploatowane przez przewoźnika. Przeprowadzenie kompleksowego badania potwierdziło, że przebieg tras pociągów Kolei Śląskich przez tereny leśne

i niezurbanizowane wiąże się z przecinaniem naturalnych ciągów migracyjnych zwierzyny leśnej, czego konsekwencją są niespodziewane wtargnięcia zwierząt na obszar kolejowy.

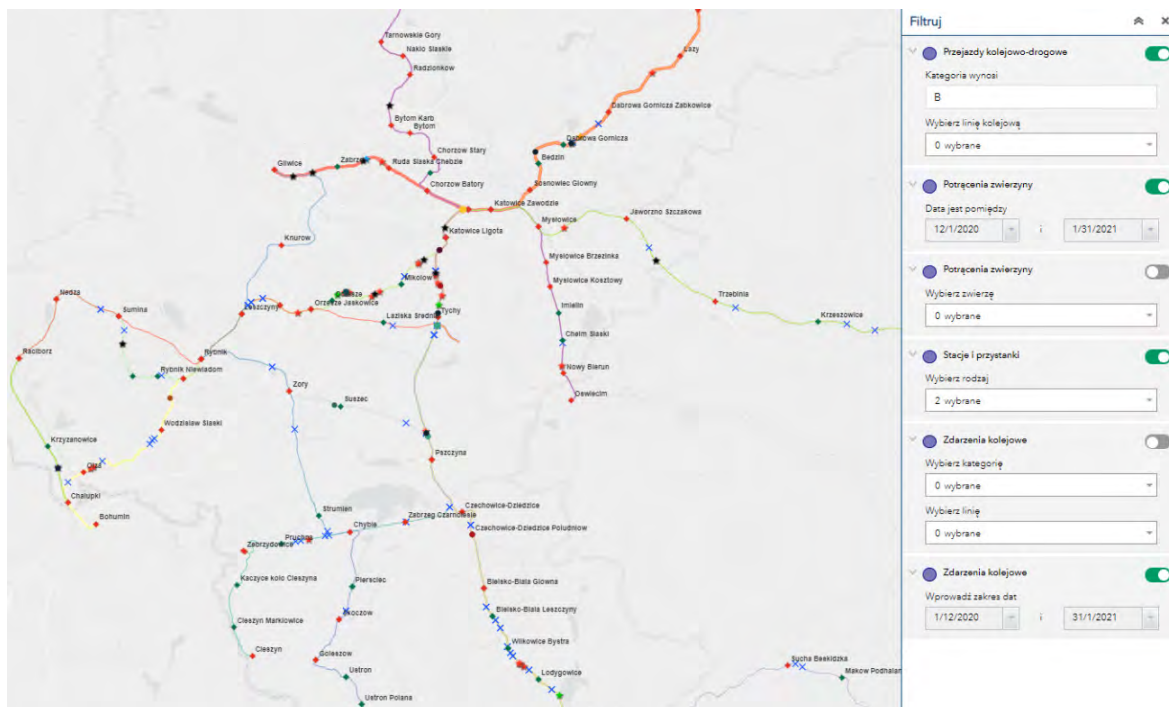


Rysunek 12 Warstwa przedstawiająca potrącenia zwierzyny leśnej

Nałożenie wszystkich warstw jednocześnie sprawia, że Mapa staje się nieczytelna, w związku z tym możliwe jest zastosowanie narzędzi, których zadaniem jest odpowiednie usystematyzowanie danych. Wykonanie prostych czynności pozwala na pozyskanie informacji interesujących w danym momencie użytkownika. Podstawową funkcjonalnością, która umożliwia wyodrębnienie pożądaných danych jest filtrowanie, którego zastosowanie pozwala na prezentację danych spełniających konkretne parametry. Oprócz filtrowania prostego (rys. 3), które charakteryzuje się spełnieniem wskazanych przez użytkownika argumentów dla wybranej warstwy lub kilku warstw, zastosowano również filtrowanie grupowe (rys. 4). Jest to narzędzie, które pozwala na wydzielenie linii komunikacyjnych wraz z prezentacją na niej grupy elementów, dla których źródłem są pozostałe warstwy. Dodatkowo, równie przydatną metodą porządkowania danych jest uwzględnienie czasu wystąpienia wydarzenia przy wykorzystaniu narzędzia pomocniczego w postaci kalendarza. Takie rozwiązanie pozwala użytkownikom między innymi na monitorowanie Mapy poprzez łatwe i szybkie wyodrębnienie wydarzeń, które na bieżąco dodawane są do jej zasobów.

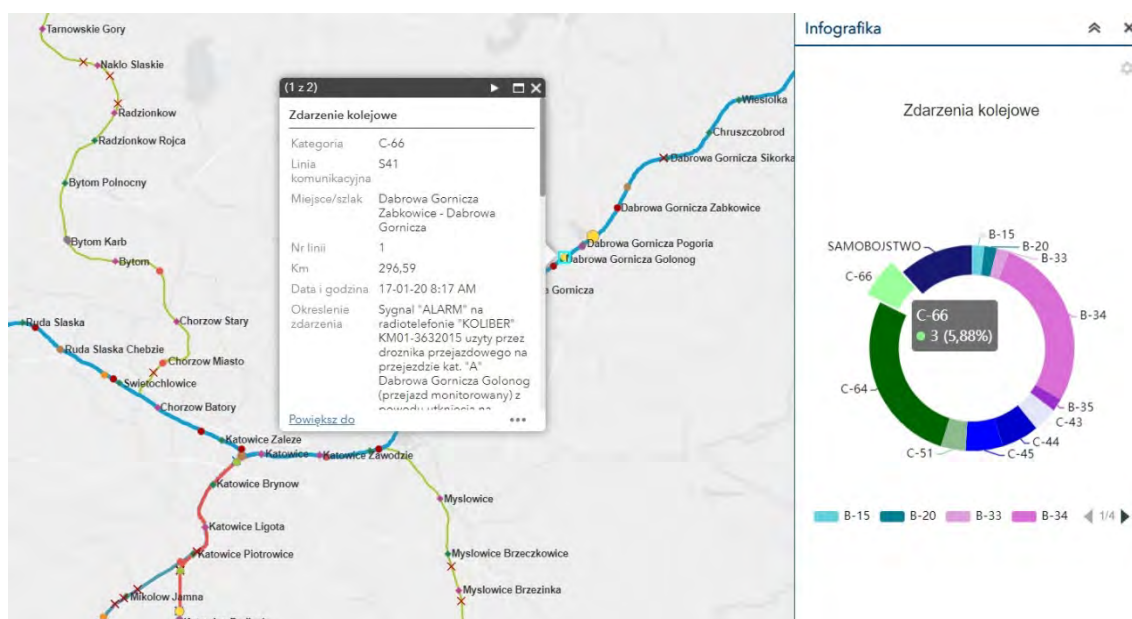


Rysunek 13 Filtrowanie proste: wyodrębnienie elementów spełniających wskazane kryteria



Rysunek 14 Filtrowanie grupowe: wyodrębnienie wybranych linii wraz ze zdarzeniami kolejowymi, przystankami i stacjami

Możliwe jest również wyświetlenie zarejestrowanych danych na wykresie pierścieniowym (rys. 5), który przedstawia liczbę zdarzeń kolejowych danej kategorii, pokazując równocześnie udział procentowy w całkowitej liczbie zdarzeń, które brane są pod uwagę. Na infografice wyświetlane są zdarzenia, które mieszczą się w aktualnym widoku mapy. W trakcie przybliżania, oddalania oraz przesuwania mapy, wykres ulega automatycznej aktualizacji.



Rysunek 15 Wykres pierścieniowy zdarzeń kolejowych

Przedstawiona funkcjonalność Mapy może zostać wykorzystana przez przedsiębiorstwo kolejowe na wielu płaszczyznach związanych z zapewnieniem jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa realizowanych przewozów, w tym w trudnym procesie zarządzania czynnikiem ludzkim. Jednym z głównych zastosowań Mapy jest uatrakcyjnienie i zwiększenie wartości merytorycznej procesu szkoleniowego drużyn pociągowych. Dotyczy to zarówno doświadczonych pracowników, jak również kandydatów na maszynistów. Omawianie zdarzeń kolejowych przy uwzględnieniu wcześniej występujących zdarzeń w tej samej okolicy, jak również w nawiązaniu do zdarzeń tej samej kategorii może doprowadzić do wyciągnięcia cennych wniosków dotyczących m.in. charakterystycznych okoliczności dla wystąpienia danych sytuacji, jak również utworzenia ciągu przyczynowo-skutkowego odpowiadającego zaistnieniu zdarzeń kolejowych. Dodatkowo zapewnienie pracownikom swobodnego dostępu do Mapy na urządzeniach przenośnych pozwala na indywidualne zaznajomienie się z punktami newralgicznymi występującymi na konkretnych szlakach kolejowych.

W związku z tym, Mapa może stać się ważnym i pomocnym narzędziem w procesie nabywania znajomości nowych szlaków przez maszynistów.

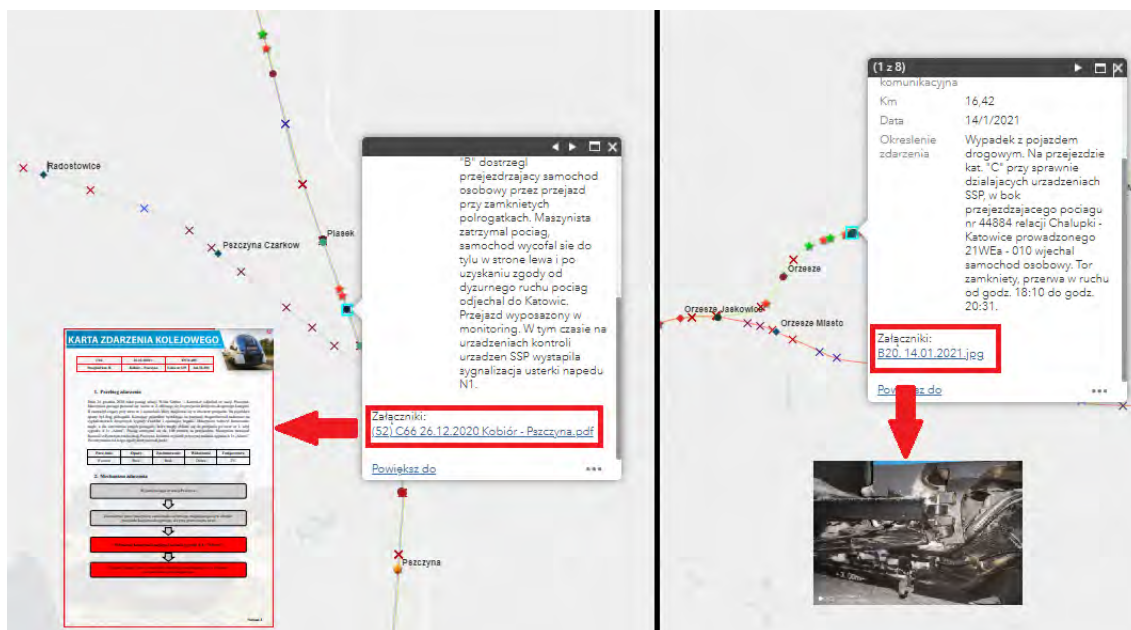
Przewoźnik w trosce o bezpieczeństwo przewozów dąży do stałej wymiany informacji z pozostałymi uczestnikami rynku kolejowego, co powinno przekładać się na wypracowywanie wspólnych rozwiązań skutkujących zwiększaniem poziomu bezpieczeństwa kolejowego. Opracowana Mapa może stać się podstawą do prowadzenia rozmów z zarządcą infrastruktury, których celem będzie podniesienie standardów bezpieczeństwa. Jednym z wielu obszarów jest możliwość wskazania odcinków linii kolejowych, na których ze względu na dużą liczbę sytuacji związanych z potrąceniami zwierzyny leśnej możliwe byłoby zainstalowanie akustycznych systemów odstraszających zwierzynę. Co więcej, Mapa może stać się również ważnym argumentem w zakresie współpracy związanej z odpowiednim zabezpieczeniem przejazdów kolejowo-drogowych, w tym podnoszeniem ich kategorii oraz zapewnieniem warunków zachowania trójkąta widoczności. Powołując się na warstwę, która przedstawia sytuacje związane z malowaniem graffiti na pojazdach kolejowych spółki możliwa jest współpraca ze służbami porządkowymi. Przekazywanie Straży Ochrony Kolei czy Policji informacji nie tylko o miejscach bieżących aktów wandalizmu, ale również udostępnianie zbiorczych informacji rozmieszczonych na Mapie, może pozwolić na rozszerzenie współpracy w zakresie ograniczenia występowania chuligańskich występów.

4. Kierunki rozwoju Mapy

Przewoźnik, mając na uwadze ciągłe doskonalenie oraz podnoszenie poziomu kultury bezpieczeństwa, poszukuje także nowych rozwiązań, które mogłyby zwiększyć funkcjonalność Mapy. Cały czas trwają prace nad rozszerzeniem jej wartości merytorycznej, w które zaangażowani są jej użytkownicy. W związku z tym planuje się między innymi utworzenie nowej warstwy, która przedstawiałby niebezpieczne punkty wskazywane przez pracowników. Do takich miejsc mogłyby się zaliczyć odcinki o gorszym stanie infrastruktury, ograniczonej widoczności, niewłaściwym oznakowaniu jak również inne spostrzeżenia zgłaszane przez pracowników bezpośrednio związanych z prowadzeniem i bezpieczeństwem ruchu kolejowego, a mające wpływ na poziom bezpieczeństwa.

Głównym źródłem danych opracowanej Mapy jest baza prowadzona na bieżąco przez przewoźnika, która zawiera stały zestaw informacji dla każdego zdarzenia i wydarzenia. Jednak aplikacja geoinformacyjna pozwala również na dodawanie do Mapy

innych materiałów. Dzięki temu możliwe jest załączanie różnego rodzaju plików (np. graficznych, tekstowych), które mogą uzupełniać i rozszerzać wiedzę na temat wybranego zdarzenia/wydarzenia. W związku z tym w ramach kolejnych udoskonaleń aplikacji zaplanowano dołączanie do etykiet konkretnych sytuacji załączników w postaci dokumentacji zdjęciowej oraz obszerniejszych opisów przedstawiających okoliczności zdarzeń (rys. 6).



Rysunek 16 Rozszerzenie treści Mapy o załączniki

Jak już wspomniano, przedstawiane narzędzie może mieć wiele zastosowań w trakcie procesu szkoleniowego pracowników drużyn pociągowych. Z tego względu w przyszłości powinno uwzględnić się charakter predykcyjny Mapy. Odpowiednio przygotowany algorytm, w oparciu o posiadane dane mógłby wskazywać miejsca, w których najczęściej dochodzi do określonej grupy zdarzeń i wydarzeń kolejowych. W szczególności tych, których przyczyny leżą poza systemem transportu kolejowego np. pojawianie się osób postronnych w torze, nieuprawniony wjazd pojazdów drogowych na teren przejazdów kolejowo-drogowych czy potrącenia zwierzyny leśnej (rys.7). W momencie posiadania symulatora, którego oprogramowanie zawiera trasy obsługiwane przez przewoźnika, wyznaczanie takich newralgicznych odcinków, a nawet i konkretnych punktów mogłoby w przyszłości stać się podstawą tworzenia scenariuszy szkoleń na symulatorze. Wydaje się, że uwzględnienie lokalnych warunków i faktycznie pojawiających się zagrożeń pozytywnie wpłynęłoby nie tylko na samo wymagane prawnie zapoznanie ze szlakiem

pracowników drużyn pociągowych, ale również na świadomość niebezpiecznych sytuacji mogących wystąpić na danej linii.



Rysunek 17 Wyznaczanie newralgicznych odcinków linii: zdarzenia z udziałem osób postronnych/samochodów (lewa strona), potrącenia zwierzęcy (prawa strona)

Dodatkowo, z dotychczas przeprowadzonych konsultacji wywnioskowano, że jedną z bardzo cennych funkcji byłaby możliwość śledzenia bieżącej pozycji pojazdu kolejowego na Mapie i wyświetlanie odpowiednich alertów w trakcie zbliżania się do miejsc newralgicznych z punktu widzenia bezpieczeństwa.

5. Podsumowanie

Zgodnie z Rozporządzeniem 2018/762 postawa i zachowanie człowieka pełnią kluczową rolę w tworzeniu i utrzymywaniu bezpiecznego systemu transportu kolejowego. W myśl przedmiotowego Rozporządzenia zdarzenia kolejowe i inne sytuacje mające wpływ na bezpieczeństwo systemu transportu kolejowego powinny zostać objęte szczególną analizą. Kompleksowa analiza takich zdarzeń niesie za sobą wiele trudności i wątpliwości, gdyż obejmuje swoim zakresem wiele różnych czynników i danych. Z jednej strony konieczne jest wzięcie pod uwagę czynników organizacyjnych, które mają zagwarantować pracownikowi właściwe warunki pracy, z czym związany jest odpowiedni wypoczynek, zapewnienie zasobów, które umożliwią poprawną realizację zleconych procesów, czy zagwarantowanie odpowiedniego przygotowania zawodowego oraz stwarzanie możliwości ciągłego rozwoju. Z drugiej strony w analizie konieczne jest również prawidłowe ujęcie konkretnej sytuacji, predyspozycji i stanu psychofizycznego człowieka danego dnia. Z tego względu można przyjąć, że ocena

czynnika ludzkiego w kontekście danego zdarzenia niesie za sobą konieczność uwzględnienia wielu zmiennych, które istotnie wpływają na bezpieczeństwo kolei. Dlatego też, przedsiębiorstwa kolejowe powinny poszukiwać nowych rozwiązań, które będą stanowiły wsparcie w trakcie szeroko pojętego procesu wyciągania wniosków i wdrażania dodatkowych środków bezpieczeństwa.

W związku z tym mając na uwadze implementację tzw. IV Pakietu Kolejowego, który w szczególny sposób podkreśla istotę zarządzania czynnikiem ludzkim w prawidłowym funkcjonowaniu transportu kolejowego, Koleje Śląskie - regionalny przewoźnik pasażerski stopniowo wdraża projekt Mapy mający wspierać ten trudny proces. Opracowane pilotażowo rozwiązanie prezentuje zupełnie nowe podejście do danych zawartych dotychczas tylko w postaci tabelarycznej, w rejestrze zdarzeń kolejowych prowadzonym przez przewoźnika. Możliwość jej wykorzystania w procesie szkoleniowym drużyn pociągowych powoduje, że staje się ona ważnym elementem procesu zarządzania czynnikiem ludzkim, co przekłada się bezpośrednio na zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Współpraca w zakresie stałej aktualizacji warstw, w szczególności tych, odnoszących się do zdarzeń kolejowych oraz potrąceń zwierząt pozwala na powiększanie bazy danych, która w przyszłości powinna stanowić podstawę do opracowania wspomagających narzędzi predykcyjnych. Dodatkowo warto podkreślić, że Mapa w dalszym ciągu może być rozszerzana o nieograniczoną liczbę nowych funkcjonalności, które będą wpisywać się w realne potrzeby przewoźnika dotyczące analizy i prezentacji danych ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa.

NOWOCZESNE SYSTEMY TRANSMISYJNE W SRK, PRZYSZŁOŚĆ A TERAŹNIEJSZOŚĆ NA PODSTAWIE PORÓWNIANIA I OPISU TECHNOLOGII MPLS-TP

Bałdyga Łukasz, Gutkowski Maciej, Urbanek Jan

*Politechnika Warszawska, Koło Naukowe Nowoczesnych Techniki Sterowania Ruchem Kolejowym
"BALISA"*

1. Wstęp

Postępujący rozwój technologiczny na polskiej kolei jest coraz bardziej widoczny w technologiach sterowania ruchem kolejowym. Wielorakość stosowania nowych technologii stawia wiele problemów dotyczących transmisji danych pomiędzy różnymi urządzeniami. Coraz to częściej stosowanie Lokalne Centra Sterowania wymagają scentralizowanych rozwiązań sterowania ruchem obejmujące swym zasięgiem duże obszary – wymaga to niezawodnych i szybkich rozwiązań transmisyjnych. Wymogi zapewnienia płynności ruchu kolejowego i odpowiednich czasów odpowiedzi poszczególnych urządzeń wytworzyły konieczność poszukiwania odpowiednich technologii. Technologii transmisyjnych używanych w telekomunikacji jest wiele – i każda z nich dostosowana jest do wymagań poszczególnych systemów i odzwierciedla generację swojej implementacji. Powszechnie znane standardy w telekomunikacji wyróżniają technologie stosowane lokalnie jak i te, które stosuje się wobec transmisji długodystansowej. Transmisja lokalna (**LAN**) różni się od transmisji w sieci komputerowej długodystansowej (**WAN**), dlatego też w poniższym referacie opisane zostaną te obszary rozwiązań sieciowych, których wykorzystanie jest niezbędne przy projektowaniu sieci transmisyjnej współczesnych systemów sterowania ruchem.

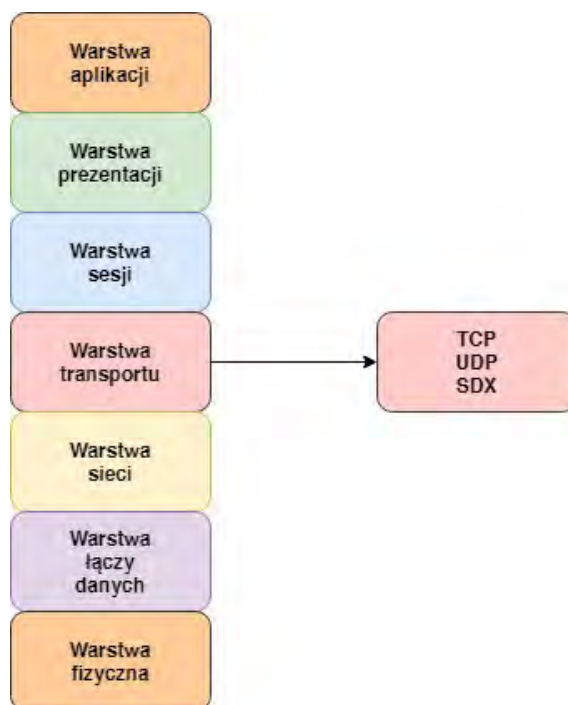
2. Obecnie stosowane systemy transmisyjne w urządzeniach sterowania ruchem kolejowym

Urządzenia Sterowania Ruchem Kolejowym stanowią jedną całość i muszą być ze sobą interoperatywne. Jest to warunek konieczny, choć wiele urządzeń SRK różni się znacząco od siebie i mogą pracować w oparciu o różne media transmisyjne, różne technologie i przekazują dane z różnymi prędkościami. Nie bez znaczenia jest też dostępność i popularność mediów transmisyjnych - która determinuje wykorzystanie danych technologii. Na kolei wciąż znajdujemy bardzo różnorodne zastosowania takie jak: transmisje oparte na modemach telefonicznych komutowane poprzez pętle prądowe, modemy DSL, aż po technologie takie jak Ethernet czy SDH. Swoje zastosowanie w kolejnictwie również znajdują magistrale

CAN. Najbardziej zaawansowane sieci lokalne (LAN), można znaleźć w interfejsach komputerowych pełniących funkcje zdalnego sterowania urządzeń sterowania ruchem. Systemy takie jak komputerowe pulpity nastawcze posiadają szereg systemów zależnościowych i podsystemów obiektowych, że stosuje się w nich protokoły **TCP/IP**. W innych systemach zależnościowych stosuje się systemy oparte również na **TCP** i **UDP** jak i **HDLC** w celu współpracy z innymi systemami będącymi we współpracy z danym systemem. W znaczącej większości aktualnie stosowanych urządzeń widzimy dominujący udział protokołów **TCP** w transmisji. Skomplikowanie systemów zdalnego sterowania i ich różnorodność w topologii powoduje potencjalne inne potrzeby w sieci, dlatego spotyka się również inne protokoły transmisji.

3. Protokoły TCP i UDP

Oprócz protokołu TCP (protokole sterowania transmisją) – będącym protokołem połączeniowym i strumieniowym, kolejną ze stosowanych technologii jest UDP (protokół pakietów użytkownika) – będący protokołem bezpołączeniowym. Oba operują w warstwie transportowej warstwy OSI, lecz zapewniają inne parametry połączenia.



W wyżej wymienionych systemach stosuje się obie technologie, jednakże pomiędzy nimi istnieją znaczne różnice - takie jak chociażby podstawowa polegająca na długości nagłówka (w przypadku TCP – 20 bajtów, UDP – 8 bajtów). Różnice w rodzaju nagłówków są jednymi z bardziej znaczących dla całego przepływu danych w obu technologiach. Nagłówek TCP

zawiera znacznie więcej danych, które przekazywane są wraz z pakietami, które również zapewniają detekcję i naprawę błędów. Działanie TCP opiera się na ustanowieniu i potwierdzeniu połączenia – które musi zostać zamknięte na czas transmisji. W przypadku zerwania połączenia i niedostarczenia pakietów możliwa jest ich retransmisja co pozwala na ustanowienie połączenia bezpiecznego. W technologii TCP dodatkowo stosuje się znacznie bardziej złożony proces identyfikowania błędów, gdzie w technologii UDP jedynym mechanizmem zabezpieczającym jest suma kontrolna na końcu pakietu. Te procesy w TCP, jednakże odbijają się bardzo na prędkości, która uzyskiwana jest w połączeniach – więc w sieciach, w których ilość danych przesyłana w krótkim czasie jest znacznie ważniejsza i jest dopuszczalne, aby stracić część pakietów – stosuje się wtedy protokół UDP – przykładem takich rozwiązań są monitoringi wizyjne czy VoIP. We większości jednak urządzeń SRK ważnym czynnikiem jest brak awaryjności i większa niezawodność rozwiązania z przesyłem pełnych informacji – stąd widać większy udział połączeń TCP/IP Ethernet w urządzeniach kolejowych.

Nagłówek segmentu TCP								
Bit	0	7	8	15	16	23	24	31
	Port macierzysty				Port docelowy			
	Numer sekwencji							
	Numer potwierdzenia							
	Dł. nagłówka	Rezerwa	Bity kodu		Rozmiar okna			
	Suma kontrolna				Pilność			
	Pole opcji							

Nagłówek segmentu TCP

Nagłówek segmentu UDP								
Bit	0	7	8	15	16	23	24	31
	Port macierzysty				Port docelowy			
	Długość				Suma kontrolna			

Nagłówek segmentu UDP

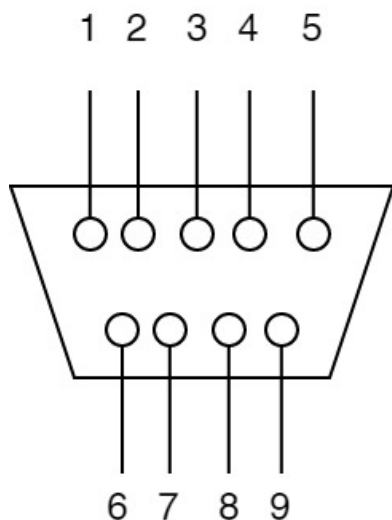
4. Warstwa fizyczna i łączy danych.

Warstwy łączy danych i fizyczne to najniższe w modelu OSI warstwy, będące jednymi z ważniejszych podczas wyborów i dobierania standardów transmisji, gdyż od ich fizycznych właściwości zależą nie tylko takie właściwości jak przepływność, ale też bezpieczeństwo danych i prostota zastosowania. Dlatego rodzaje transmisji stosowane w różnych urządzeniach mogą się różnić. Zastosowane standardy na warstwie fizycznej nie determinują jednak rodzaju adresowania – jednakże użycie odpowiedniej warstwy fizycznej łączy się zwykle z tym jakie działania i jaki typ transmisji uzyskamy na łączy danych. Istnieją dwa dominujące standardy masowo używane w systemach sterowania ruchem kolejowym, które działają w zakresie dolnej warstwy modelu OSI, są to takie systemy jak Ethernet i transmisja szeregową w różnych standardach (RS232 i RS485). Swoje zastosowanie znalazły również magistrale CAN, które również posiadają własną adresację i nagłówek. Mimo własnego rodzaju transmisji danych i specjalistycznego użycia wykreowanego przez przemysł motoryzacyjny, zastosowanie to również przyjęło się w niektórych urządzeniach SRK.

Transmisja szeregową

Transmisja szeregową jest wciąż bardzo popularnym rodzajem transmisji stosowanym w rozwiązaniach kolejowych – nie tylko ze względu na jego wiek i popularność tego rozwiązania w starszych systemach sterowania ruchem kolejowym. Najpopularniejszymi rozwiązaniami, które na dobre zagościły w rozwiązaniach sieciowych to RS232, RS422, RS485. Wszystkie z tych standardów są wciąż stosowane w zależności od potrzeb i daty wprowadzenia danego rozwiązania.

Transmisja **RS232** pojawiła się już w roku 1962 dla branży telekomunikacyjnej jako standard do przesyłania sygnałów od DTE – czyli Data Terminal Equipment do DCE – czyli Data Communications Equipment. W krótkich słowach - pozwala na transmisję np. od urządzenia końcowego do urządzenia transmisji danych - modemu, który później może zostać dalej połączony do sieci WAN.



Wykres pinów dla standardu RS232

Pin	Sygnal	Pin	Sygnal
1	Detekcja nośnika danych	6	Gotowość modemu (DSR)
2	Odbieranie danych	7	Żądanie wysłania danych (RTS)
3	Nadawanie danych	8	Gotowość wysyłania (CTS)
4	Gotowość terminala (DTR)	9	Wskaźnik dzwonka (RI)
5	GND		

Powyższy opis pinów występujących w standardzie 232 pokazuje nie tylko w jaki sposób odbywa się transmisja – ale też pozwala na wysnuć kilku wniosków. Transmisja pomiędzy modemem a danym urządzeniem przeptywa bezpośrednio. Mimo, że takie rozwiązanie oferuje niskie przepływności ze względu na skomplikowaną procedurę łączenia - to jest rozwiązaniem bezpiecznym, gdyż fizycznie nie jest możliwe podłączenie potencjalnego trzeciego urządzenia do dodatkowej ingerencji w to urządzenie. Dodatkowymi z zalet są chociażby prostota wprowadzenia tego rozwiązania - oddzielony rozkład pinów pozwala na odpowiednie połączenie ich z kolejnymi potencjalnymi funkcjami, przez co implementacja takiego zastosowania jest relatywnie łatwa - co jest również dużą oszczędnością kosztów w przypadku potencjalnego projektowania takiego urządzenia. Problemem w tym rozwiązaniu jest sama definicja stanu wysokiego i niskiego zdefiniowanego w standardzie. Dla stanu wysokiego – czyli logicznej “1” przyjmuje się ją jako -3 do -15V, a dla stanu niskiego “0” stanowi się ją jako 3 do 15 V. Powoduje to dosyć duże zmiany napięcia w zależności od przyjętego co zmniejsza

maksymalną prędkość interfejsu oraz większe zużycie prądu. Niestety również maksymalna odległość przesyłania jest relatywnie niska wynosząca jedynie 15 metrów. Niestety odporność na zakłócenia elektromagnetyczne związana z niesymetrycznością transmisji jest problemem dla tego rodzaju transmisji.

Innymi rozwiązaniami cechuje się standard **RS485**, który wyszedł jako ulepszony model **RS232** - jednakże wciąż zachowuje jego dużo cech wspólnych, mimo jego znacznie mniejszą popularyzację wśród zastosowań domowych - znalazł swoje miejsce szczególnie przez swoje zalety w środowiskach przemysłowych. Główną różnicą pomiędzy RS232 jest rodzaj komunikacji, gdzie jedno urządzenie może nadawać do wielu odbiorców (max. 32 nadawców / odbiorców). Może również stosować komunikację półdupleksową i pełnodupleksową. W związku z tym, że zastosowano w nim skrętkę ekranową i sygnał jest różnicowy -to pozwala to na uzyskanie względnie dużej odporności na zakłócenia. Standard ten jest również elastyczny ze względu na topologii, które możemy zastosować - są to takie jak punkt-punkt, magistrala, gwiazda czy pierścień. Podniesiona została również prędkość transmisji oraz najdłuższa przy standardach RS dystans transmisji - który sięga 1.2 km. Podobnym rodzajem transmisji do RS485 cechuje się standard RS422, który jest nieco mniej elastyczny od standardu 485. Oferuje on również transmisję pełnodupleksową z obsługą dziesięciu urządzeń niezależnie od jego wersji. Główną różnicą pomiędzy RS485 jest to, że jest transmisja wyłącznie jednokierunkowa w aspekcie master-slave. Aby móc używać RS422 dwukierunkowo potrzebne byłyby dwie magistrale, które obsługiwałyby ruch w przeciwnych kierunkach.

Transmisje szeregowe są wciąż często spotykanymi sieciami na kolei i założenia i obsługa tych połączeń przez SDH po wpięciu do sieci WAN nie stanowi żadnego problemu dla topologii sieci.

Ethernet

Ethernet podobnie jak poprzednie wymienione technologie **operuje w drugiej i pierwszej warstwie** modelu OSI - są to najniższe warstwy danych w tym modelu. Został ustanowiony jako standard IEEE 802.3 przez *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Jest to jeden z najpopularniejszych kanałów transmisji, będący aktualnie wiodącym rozwiązaniem przodującym w sieciach LAN. Podobnie jak transmisja szeregowa może on działać w systemie pół lub pełnodupleksowym. W przypadku, kiedy Ethernet działa w trybie półdupleksowym, korzysta on z algorytmu CSMA/CD, który nasłuchuje sieć i w przypadku wykrycia kolizji oczekuje pewną ilość czasu i w takim celu odczekuje pewną ilość czasu w celu przesłania całego

pakietu danych. W porównaniu do RS232, tutaj komunikacja rozwiązana jest pakietowo, co wiąże się z wprowadzeniem ramki zgodnej z OSI.

Rozmiar(bajty)	7	1	6	6	2	46-1500	4
Nazwa	Preambuła	Znacznik początku ramki	MAC Odbiorcy	MAC Nadawcy	Typ	Dane	FCS

W standardzie Ethernet wykorzystuje się adresy MAC (Media Access Control) - który nadaje adresy fizyczne poszczególnych urządzeń w sieci. W danych mogą znajdować się inne dane z innych ramek o maksymalnym rozmiarze 1500 bajtów. Rozwój Ethernetu znacząco zwiększył wykorzystanie jego w wielu sieciach i pojawiły się one również w sieciach miejskich wraz ze wprowadzeniem standardów Gigabit Ethernet typu 1000Base-T i SX, gdzie prędkości sięgają 100 Gb/s.

Ethernet a transmisja szeregową

Główną problematyką stosowania Ethernetu w porównaniu do transmisji RS w zastosowaniach kolejowych nie są wyłącznie takie powody jak kosztowność zastosowania czy prędkość transmisji. Transmisja Ethernetowa przez swoją popularność stała się już dosyć tanim i niezawodnym rozwiązaniem, które aktualnie przoduje w wielu rozwiązaniach LAN i w porównaniu do transmisji szeregowej jest równa jak nie bardziej dostępna. Mogłoby się spodziewać, że prędkości w Ethernetie są znacznie szybsze od transmisji szeregowej, więc powinna stać ona się standardem. Problematyka przychodzi w momencie, kiedy przyjrzymy się specyfice działań najprostszycy urządzeń kolejowych. Bardzo dużo z nich np. Napędy zwrotnicowe, to proste urządzenia, które nie wymagają przesyłania dużej ilości danych, więc w celu użycia danego urządzenia przesyła się tylko kilka bajtów danych, aby wywołać jego działanie. Jako, że w transmisji szeregowej przesyła się ciągi bitów transmisją bezpośrednią, to w standardzie Ethernet byłoby wymagane przesłanie całej ramki pakietu, wykorzystując dodatkowe dane, które tak naprawdę nie są potrzebne danemu urządzeniu. Dlatego istnieje nadwyżka i niepotrzebne wysyłanie dużych ilości danych w zależności od stanowionego standardu. Stąd, jak i z powodów prostoty zastosowania transmisji szeregowej wciąż zobaczyć można ten rodzaj transmisji w urządzeniach kolejowych.

Magistrala CAN

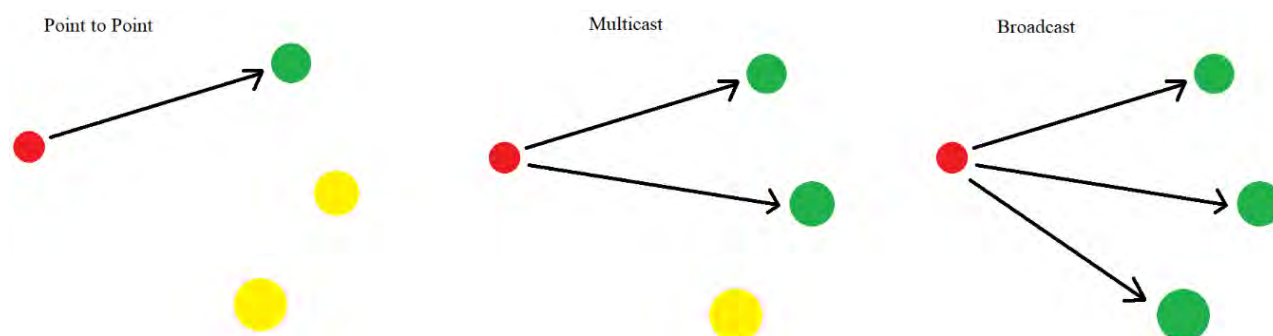
CAN (Controller Area Network) jest to szeregową magistralą komunikacyjną używaną najczęściej w przemyśle samochodowym (ABS, sterowanie silnika), budownictwie czy w magistralach polowych (najczęściej CANopen, DeviceNet, SDS).

Magistrala CAN komunikuje się w sposób rozgłoszeniowy, to znaczy wysyła komunikaty do wszystkich urządzeń. Cechuje się przede wszystkim:

- Obsługą komunikatów do 8 bajtów
- Sprzętową obsługą błędów
- Automatyczną obsługą dostępu do magistrali
- Identyfikacją komunikatów poprzez identyfikatory

CAN w swojej konstrukcji wykorzystuje dwuprzewodową skrętkę przez co zachowuje prostą strukturę, niski koszt wyprodukowania i utrzymania, dużą liczbę funkcji i dobrą niezawodność. Przez określone zasady funkcjonowania jesteśmy w stanie nadać elementom wiadomości określone funkcje i ich znaczenie, co znajdują swoje zastosowanie w protokołach używanych na kolei.

Protokół Train-CAN ma na celu spełniać 2 funkcje, nadanie wiadomości odpowiedniego adresu identyfikacyjnego oraz odpowiednie przesłanie informacji zawartej w wiadomości. Używa on komunikacji asymetrycznej typu master-slave wybierając jedno urządzenie nadrzędne, służące również za medium transmisyjne, które zarządza resztą urządzeń mu podległych. W ten sposób łącząc urządzenia działające w protokole Train-CAN możemy w łatwy sposób kontrolować kierunek, w którym przesyłane są dane. Możemy dzięki temu skorzystać z trzech sposobów trasowania:



Dzięki tym funkcjom możemy na bieżąco wykrywać i zapobiegać potencjalnym usterkom w lokomotywie.

Mimo wymienionych wcześniej zalet i funkcjonalności magistrala CAN ma także swoje znaczące ograniczenia. Może osiągać maksymalne prędkości transmisji równe

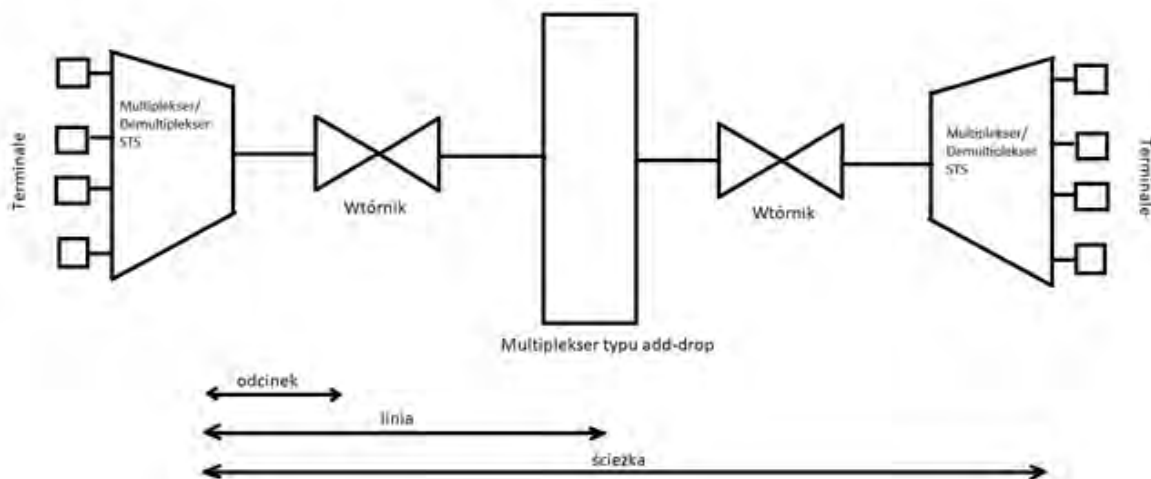
1 Mb/s na maksymalnej odległości 40 m. Zarówno ograniczenia prędkości i odległości jak i dosyć prosta struktura, której nie można dowolnie modyfikować sprawiają, że jej zastosowanie w nowoczesnej kolei traci na wartości. Tworzenie coraz to bardziej skomplikowanych projektów oraz duży i szybki przepływ informacji sprawiają, że magistrala CAN nie jest najoptymalniejszym rozwiązaniem w kontekście przyszłości kolejnictwa.

5. Sieci WAN

SONET/SDH

SONET, czyli Synchroniczna Sieć Optyczna oraz SDH inaczej Synchroniczna Hierarchia Systemów Cyfrowych to ustandaryzowane protokoły, które pozwalają na przesyłanie wielu sekwencji bitów jednocześnie przez światłowód poprzez wykorzystanie laserów. Przy niskich szybkościach dane mogą być przesyłane przez interfejs elektryczny. Metoda ta została opracowana na potrzeby zastąpienia starszej technologii PDH, czyli Plezjochronicznej Hierarchii Systemów Cyfrowych w celu umożliwienia obsługi połączeń telefonicznych oraz przesyłu danych za pomocą tego samego światłowodu unikając jednocześnie problemów z synchronizacją. Pierwotnie, powodem zaprojektowania SONET i SDH miała być możliwość komutacji kanałów z wielu różnych źródeł jednak głównym ich zastosowaniem była obsługa nieskompresowanego głosu z komutacją kanałów w czasie rzeczywistym w formacie PCM. Podstawowym problemem jaki wcześniej występował, żeby móc zastosować taką technologię w SONET/SDH było to, że źródła synchronizacji poszczególnych kanałów były różne. Powodowało to, że każdy kanał działał z inną szybkością oraz w innej fazie.

Ze względu na zasadniczą neutralność oraz funkcje zorientowane na transport protokołów SONET/SDH został wykorzystany do transportu ramek o stałej długości w technologii ATM.



Problematyka rozwiązania SDH

Zasadniczą zaletą rozwiązania SDH jest jego szybkość przy wykorzystaniu światłowódów i interoperatywność pozwalając na odpowiednio stosowanie nie tylko interfejsów RS, ale także i połączenia ze znacznie starszymi systemami telefonicznymi DSL. Zastosowanie SDH pozwala na połączenie się tak naprawdę z każdą dostępną na kolei siecią lokalną. Dodatkowo z zastosowaniem światłowódów jest ona wystarczająco wydajna dla wymagań stawianych w instrukcji Ie-108. Czyli posiadaniu przepustowości minimum 155 Mb/s z opcją do 622 Mb/s i oddzielnych włókien do konkretnych zastosowań. Ważną zaletą rozwiązania SDH jest przede wszystkim **determinizm**, który potrafi określić poszczególne przepustowości i prędkości dla danego zastosowania. Jest to szczególnie ważne przy zastosowaniach kolejowych, gdzie poszczególne urządzenia do poprawnego działania muszą spełniać konkretne wartości prędkości. Dlatego w zastosowaniach kolejowych Ethernet ze względu na brak jego determinizmu nie mógł wyprzeć zastosowania SDH. Z biegiem czasu jednak - ilość urządzeń SRK zwiększa się wraz z rozwojem kolei i przy stosowaniu aktualnego podziału włókien do ich zadania, co wymuszone jest przez topologię SDH, będzie także wzrastać też wykorzystanie ilości włókien światłowodu co przy istniejącej już sieci i modernizacji ewentualnych urządzeń SRK zmusiłoby do położenia nowego światłowodu. Jest to zabiegiem bardzo kosztownym głównie ze względu na specyfikę terenu przy terenach kolejowych i kosztami prac, które zarządca infrastruktury byłby zmuszony ponieść. Dodatkowo nie wszystkie użytkowane systemy SDH posiadają system nadzoru sieci - który jest w stanie określić miejsce awarii i urządzenie, które

uległo awarii. Ze względu na wiekowość technologii SDH jest ona coraz trudniej dostępna i co za tym idzie - znacznie bardziej kosztowna niż w latach jej znacznego rozwoju. Ewentualny zakup nowych urządzeń będzie znacznie trudniejszy, co w przyszłych przetargach potrafi stworzyć problem natury nie tylko kosztowej i samej dostępności urządzeń. Zgodnie z paragrafem §17. *Ogólne zasady doboru kabli i osprzętu*, wytycznych dla budowy i projektowania sieci optotelekomunikacyjnych - osprzęt i wytrzymałość sieci telekomunikacyjnej ma sięgać trzydziestu lat eksploatacji. Dalsze inwestycje w nowe sieci SDH mogą przynieść trudności eksploatacyjne w późniejszym jej okresie funkcjonowania, jak na przykład brak układów zamiennych czy brak dalszego wsparcia producentów i produkcji nowych modułów w tej technologii. Wiek tej technologii również determinuje brak rozwoju konkretnych aplikacji w zakresie kontroli i łatwości zarządzania siecią - co zauważalne jest w prostocie projektowania topologii sieci. Optymalizacja oprogramowania w danej sieci telekomunikacyjnej pozwoliłaby na zmniejszenie zasobów personalnych do obsługi takiej sieci.

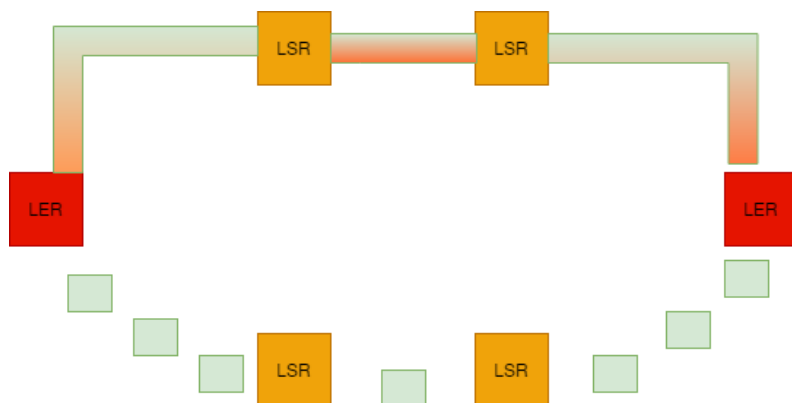
MPLS-TP

MPLS-TP zostało zdefiniowane przez IETF (Internet Engineering Task Force) jako technologia warstwy sieciowej w sieciach transportowych. Jest to następca systemu T-MPLS. Celem tej technologii jest zapewnienie transportu pakietów, osiągnięcie cech SONET/SDH zorientowanych na połączenie (Connection-oriented communication), wysoki poziom dostępności i jakości usług oraz szerokie możliwości operacyjne, administracyjne i konserwacyjne.

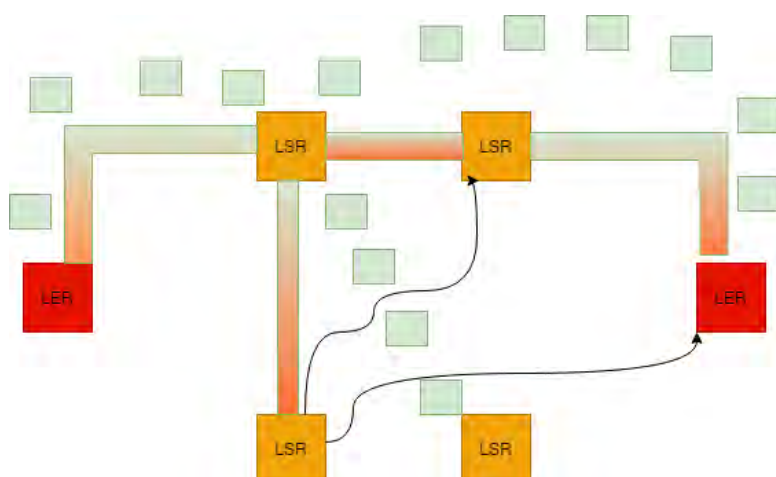
Połączenia pomiędzy routerami MPLS-TP to łącza Ethernet (2 warstwa modelu OSI), w których automatycznie tworzony jest specjalny kanał DCN. Połączenia MPLS-TP mogą być jednak realizowane za pomocą dowolnego medium: radiolinii, połączenia miedzianego, łącza dzierżawionego innych operatorów oraz łącze światłowodowego - które są najbardziej odpowiednie do stosowania pomiędzy routerami MPLS-TP.

W łączach pomiędzy routerami można tworzyć tunele Label Switched Path – LSP – typu:

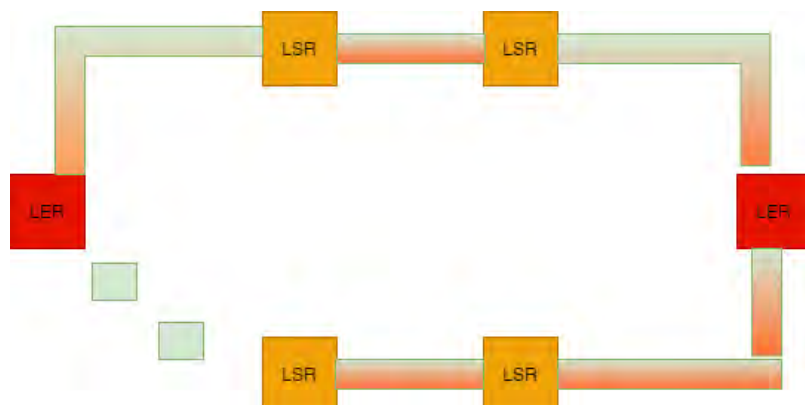
- Point-to-point



- Multipoint



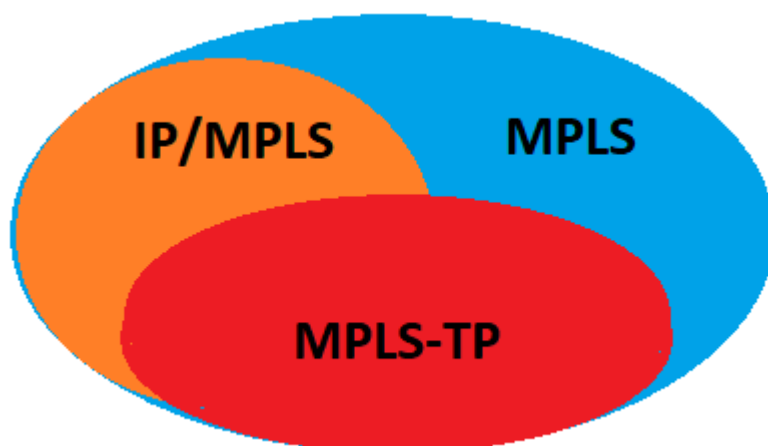
- Ring



Utworzenie tuneli LSP pomiędzy routerami można tworzyć poszczególne serwisy i różnego rodzaju usługi za pomocą pseudoprzewodów synchroniczne jak i asynchroniczne. Determinizm w sieciach MPLS-TP jest zapewniony (tak jak w SONET/SDH) poprzez konfigurację statycznych połączeń, gdzie z góry określa się ścieżkę LSP dla poszczególnych usług, jest to szczególnie ważne dla zastosowań kolejowych. Dzięki temu wiadomo zawsze z jakim opóźnieniem i jaką drogą będzie transportowany pakiet w obie strony, bez względu na to czy jest to ścieżka główna czy zapasowa. Różnorodność topologii sieci pozwala dostosować się do wymagań dla danych linii.

Sieć MPLS-TP powinna umożliwić wdrożenie technologii MPLS do sieci transportowych, zapewnić działanie w sposób podobny do wykorzystywanych obecnie technologii w transporcie oraz obsługiwać usługi transportu pakietowego o podobnym stopniu przewidywalności jak w istniejących sieciach transportowych.

Technologia MPLS-TP jest standardem będącym następcą technologii MPLS łączącym w sobie cechy standardów IP/MPLS oraz MPLS.



Protokół ten znajduje się pomiędzy warstwą 2 i 3 modelu ISO OSI RM tj. między warstwą łącza danych a warstwą sieciową. Z tego względu przyjęto się to również nazywać warstwą 2,5.



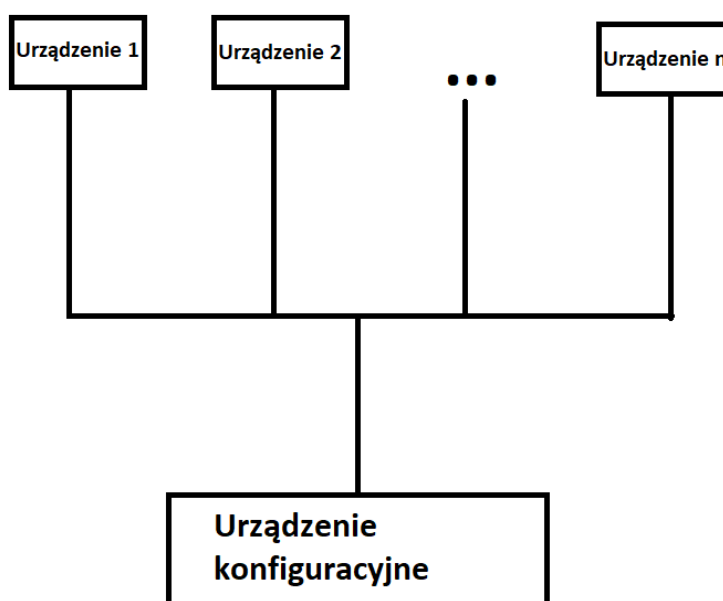
Sieć MPLS-TP wyróżnia się następującymi cechami:

- zoptymalizowana dla Sieci Transportu Pakietów (ang. Packet Transport Networks)
- bazuje na mechanizmie przekazywania znanym z MPLS oraz wykorzystaniu pseudoprzewodów
- zachowuje elastyczność i skalowalność znaną z MPLS
- posiada funkcję klasy operatorskiej, która potrzebna jest do optymalnego transportu

Głównym atutem MPLS-TP jest to, że zabezpiecza każdy serwis, a także ogranicza liczbę światłowodów jaka jest wymagana do zbudowania funkcjonującego poprawnie systemu. W przypadku budowy systemu sterowania ruchem kolejowym PKP PLK określa maksymalną ilość światłowodów jaką może ułożyć wykonawca projektu na danej linii. Takie systemy charakteryzują się tym, że potrzebna jest duża ilość światłowodów, tak aby przesyłane dane były od siebie odseparowane i niezależne. Z tego względu sieć MPLS-TP ma bardzo duży potencjał

do wykorzystania na liniach kolejowych, gdzie planowane jest wdrożenie systemu ETCS. Zapewnia on separację usług w jednym medium transportowym. Posiadając taką technologię, można wykorzystać nawet 4 światłowody zamiast kilkudziesięciu, tak jak byłoby to potrzebne w przypadku technologii SDH, a jednocześnie zachować możliwość przesyłania tej samej ilości danych.

Duża przewaga MPLS-TP nad MPLS/IP jest widoczna w zastosowaniu urządzeń sterowania ruchem kolejowym na liniach kolejowych, gdzie występuje kilkanaście lub kilkadziesiąt takich urządzeń. Gdy występuje potrzeba konfiguracji systemu, w przypadku MPLS/IP konieczne jest skonfigurowanie każdego urządzenia osobno. Jest to dość problematyczne, gdy trzeba pojechać do każdego urządzenia oddzielnie. Dodatkowo urządzenia na liniach kolejowych mogą się znajdować w trudno dostępnych miejscach do fizycznego dojazdu. MPLS-TP całkowicie niweluje ten problem umożliwiając skonfigurowanie całego systemu za pomocą jednego urządzenia.



Szczególnie istotną kwestią jest to, że w MPLS-TP do przesyłania informacji za każdym razem potrzebne jest dodatkowe 22b do przesłania ramki. Przesyłając duże pakiety nie ma to znaczenia, jednak przesyłając niewielki pakiet np. 12b sam naddatek, który potrzebny jest do przesłania ramki jest większy od przesyłanego pakietu. Nie jest to wadą tej technologii, ale kwestią, o której koniecznie musi pamiętać osoba wysyłająca pakiety z jednego punktu do drugiego.

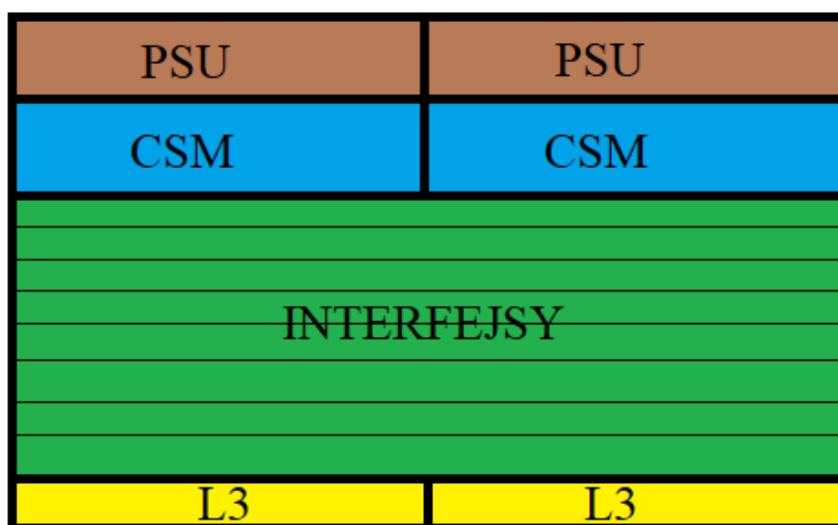
Sieć MPLS-TP cechuje się dużą niezawodnością dzięki temu, że awaria jednego urządzenia nie powoduje awarii całego systemu. Procesor z jednego urządzenia jest w stanie obsłużyć całą resztę transmisji.

Kolejnym znaczącym atutem MPLS-TP w stosunku do MPLS/IP jest łatwość prowadzonych prac zarówno administracyjnych jak i naprawczych. Nie jest wymagane zatrudnianie sztabu wysokokwalifikowanego personelu w celu obsługi sieci, lecz w przypadku tej technologii wystarczą osoby bez specjalistycznej wiedzy na temat topologii sieci.

Do obsługi tego systemu nie jest wymagany informatyk, lecz wystarczy automatyk zaznajomiony z oprogramowaniem. W przypadku MPLS/IP czy innych technologiach bazujących na IP do skonfigurowania całej sieci potrzebna jest osoba wykwalifikowana, bardzo dobrze znająca tą sieć.

Sieci obsługujące technologię MPLS-TP bazują na modularnych węzłach sieci komputerowej, które łączone za pomocą kabli światłowodowych operują na prędkościach 1Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps lub ich kombinacjach. Węzły mogą mieć bardzo zróżnicowaną funkcjonalność i być wyposażone w między innymi:

- Zasilacz
- Centralny moduł przełączający (CSM)
- Interfejs zawierający porty Szeregowe, Ethernet, WAN, LAN, zabezpieczenia, Sync- E i wiele innych
- Przełączniki warstwy 3.

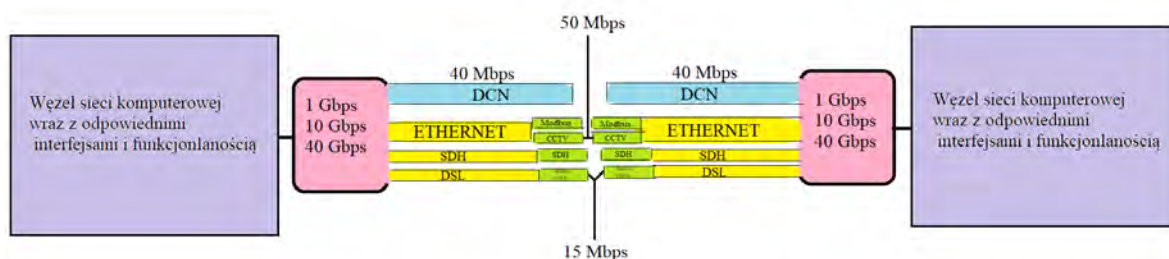


Przykładowy węzeł sieci komputerowej zawierający 2 zasilacze, 2 CSM, 8 interfejsów i 2 przełączniki warstwy 3.

Nowoczesne rodzaje oprogramowania zapewniają możliwości monitorowania zachowania sieci, które wcześniej nie były możliwe szczególnie na kolei. Poprzez kontrolowanie całej sieci węzłowej równocześnie system może z dużą dokładnością określić zarówno miejsce awarii jak i jej czas wystąpienia. Porównując to do aktualnie stosowanych technologii na kolei, w których samo wykrycie przyczyny awarii systemów może zająć nawet kilka dni, można zauważyć jak wielką oszczędnością na przyszłość może być zastosowanie technologii MPLS-TP.

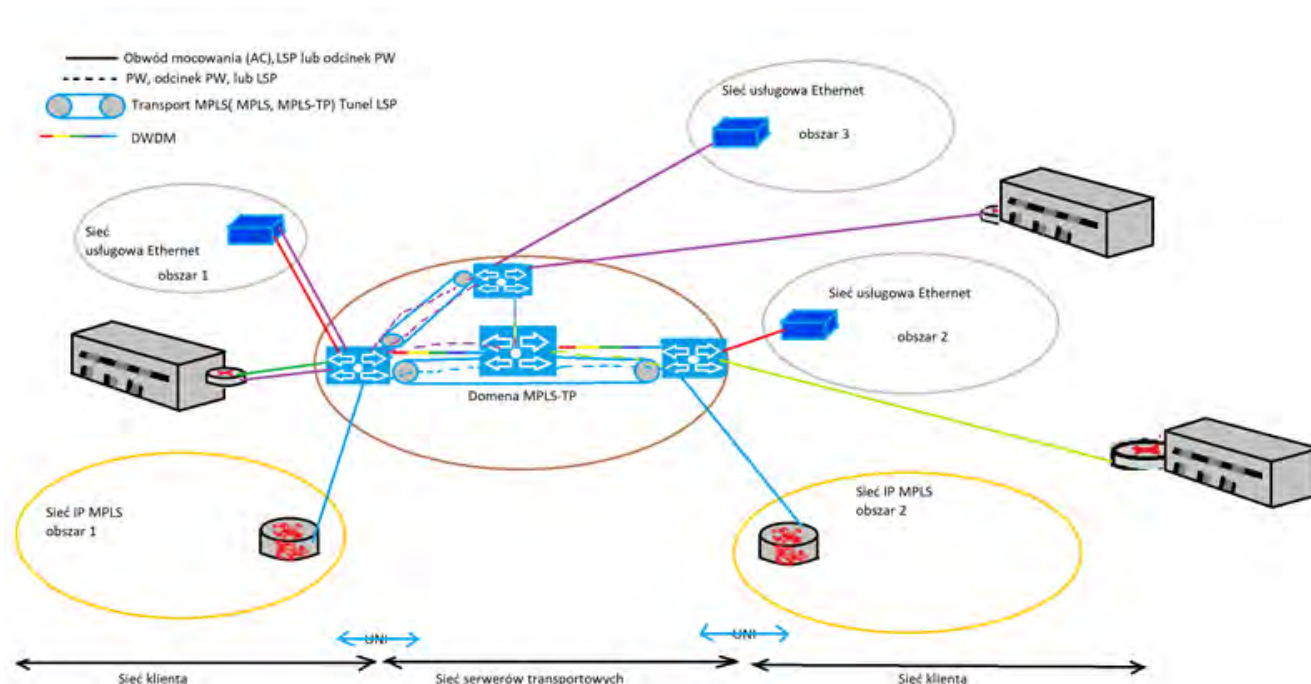
Największym wyzwaniem w stosowaniu tej technologii jest zapewnienie odpowiednio wykwalifikowanych ekspertów w dziedzinie elektroniki do początkowego wprowadzenie systemu w danej sieci. Mimo wysokiego progu wejścia, w momencie zakończenia inicjalizacji sprzętu i oprogramowania, otrzymujemy dotąd niespotykaną łatwość i wygodę obsługiwanego systemu. Odpowiednio skonfigurowane oprogramowanie wykonuje znaczącą część operacji automatycznie przez co oszczędzany jest czas jak i minimalizuje się wpływ błędu ludzkiego. Utworzenie połączenia pomiędzy wykorzystywanymi modułami i pozwala na stworzenie dowolnej konfiguracji tras przełączania etykiet (LSP) oraz określenia parametrów i ograniczeń usług poprzez **pseudoprzewody**. Możemy dzięki temu określić dokładną trasę poruszania się przesyłanych pakietów, zapewnić redundantność naszej struktury jak i modyfikować takie parametry jak szerokość pasma czy typ wykorzystywanego protokołu. Jednakże najważniejszą funkcją takiej konfiguracji jest możliwość dostosowania zakresów funkcjonowania **pseudokabla**, tak aby odpowiadał naszemu zastosowaniu, np. Dobierając odpowiednie wielkości i udział ramek, którymi będą przesyłane dane.

Jak widzimy na powyższym schemacie we wnętrzu **pseudokabla** zostały wydzielone odpowiednie kanały dla wszystkich potrzebnych usług wraz z określoną przepływnością. Dzięki tak prostemu interfejsowi zarządzania, można kontrolować i wprowadzać na bieżąco modyfikacje w systemie, równocześnie obserwując jak na te zmiany reaguje.



Przykładowe rozmieszczenie MPLS-TP

Poniższy schemat pokazuje przykładową możliwość rozlokowania usługi MPLS-TP przez dostawcę.



Powyższy schemat przedstawia nam system, gdy dostawca usługi ma wspólną domenę MPLS-TP w swojej infrastrukturze długodystansowej, która to jest wykorzystywana do łączenia oddzielnych sieci dostępowych w danej aglomeracji tak jak klienci MPLS-TP.

W tym przypadku pokazani są zarówno klienci IP / MPLS, jak i klienci Ethernet, a sieć transportowa MPLS-TP jest używana do wzajemnego połączenia tak samo jak w przypadku połączeń między obszarami usługi w danej aglomeracji. Interfejs Użytkownik-Sieć (UNI) jest używany między siecią klienta a serwerem sieci MPLS-TP w celu wymuszenia ścisłej granicy warstwy, a także umożliwienia różnym usługodawcom obsługi sieci dalekiego zasięgu MPLS-TP oraz sieci usługowej IP/MPLS klienta. Podany schemat mógłby być przykładowym rozwiązaniem zastosowanym w potencjalnym systemie transportowym.

6. Podsumowanie

Przez lata na polskiej kolei były wykorzystywane różne systemy sterowania ruchem kolejowym. Zarówno Ethernet, transmisja szeregową czy tak szeroko wykorzystywany Sonet SDH spełniały swoje zadanie i były z sukcesami eksploatowane we wszelkiego rodzaju projektach, jednakże w celu realizacji bardziej skomplikowanych i przyszłościowych inicjatyw, kolej potrzebowała nowoczesnej technologii mogącej przewyższyć ograniczenia i ułatwić sposoby implementacji i użytkowania. W tym celu narodziła się technologia MPLS

oraz jej następcy MPLS/IP i MPLS-TP, która w założeniach bierze pozytywne aspekty starszych technologii i eliminuje związane z nimi ograniczenia, aby stworzyć jeden uniwersalny i łatwy w obsłudze system zarządzania koleją.

MPLS-TP ma ogromny potencjał do wykorzystania w systemach sterowania ruchem kolejowym. Zabezpiecza każdy serwis oraz ogranicza liczbę wymaganych światłowodów.

W sieci tej można skonfigurować cały system z poziomu jednego urządzenia co znacznie ułatwia obsługę szczególnie w sytuacji, gdy linia kolejowa ma kilkaset kilometrów i do konfiguracji systemu należałoby jechać do każdego z kilkunastu czy też kilkudziesięciu urządzeń znajdujących się przy linii.

MPLS-TP jest technologią bardziej przyjazną od MPLS/IP dla rozwiązań kolejowych. Dane przesyłane są konkretną wcześniej ustaloną ścieżką. W MPLS/IP nie jest zdefiniowane, którędy dane zostaną wysłane. Dodatkowo nie potrzeba tak wykwalifikowanych specjalistów jak w przypadku MPLS/IP. Zamiast informatyków do obsługi wystarczą automatycy.

7. Bibliografia

- [1] Mehmet Toy, Networks and Services : Carrier Ethernet, PBT, MPLS-TP, and VPLS : Carrier Ethernet, PBT, MPLS-TP, and VPLS, 2012
- [2] Shen Ping, Wang Sujing, Wang Lide, Liu Bin, Design and application of Train-CAN protocol on train communication, Beijing, 2008
- [3] Andrew G. Malis, MPLS-TP: Where are we?, IEEE, Los Angeles, 2012
- [4] Cisco Packet Transport Network – MPLS-TP, Cisco Plus Canada
https://www.cisco.com/c/dam/global/en_ca/assets/plus/assets/pdf/Cisco-Packet-Transport-RPILLUTLA.pdf?fbclid=IwAR3MzJtV6ldXP2eA7-4Fi7i70m34_NKT4pUgEQbqoAvNWYLGchPQznlFPQ8
- [5] Przemysłowe sieci MPLS-TP - następcza SDH, Gliwice
<https://tekniska.pl/przemyslowe-sieci-mpls-tp-nastepca-sdh/>
- [6] Ethernet-over-SDH: Technologies Review and Performance Evaluation, 2011.
- [7] SDH advantages and disadvantages.
<https://www.ecstuff4u.com/2020/03/sdh-advantages-disadvantages.html>
- [8] Ie-166. Wymagania na system teleinformatyczny do prowadzenia ruchu pociągów. 2020
- [9] A Beginner's Guide to Ethernet 802.3, Ralf Neuhaus, 2005.
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/EE-269.pdf?fbclid=IwAR0Vr8QqUht-UNDgkE3G4pP6xvEHiwBuG5L2B2eFu2lxN-DzsDeQhwlp1E>

-
- [10] Introduction to Ethernet, The Extension, 1999.
https://www.ccontrols.com/pdf/ExtV1N3.pdf?fbclid=IwAR2bKtK1WLL3IUUVJpPYrpNtRM Aan_rxEesrGnM0B_4dKDjOkayb2tYMMqgM
- [11] Ethernet Basics Rev. 02, Phoenix Contact
https://www.mouser.com/pdfdocs/Ethernet_Basics_rev2_en.pdf
- [12] Różnice między RS-232, RS-422, RS-485, Wolitum
<https://woltium.pl/aktualnosci/43,czym-sie-rozni-interfejs-rs-232-rs-422-i-rs-485>
- [13] RS422 vs RS485
<https://sites.google.com/site/markgurries/home/cmri-notes/rs422-vs-rs485>
- [14] RS485/RS-422 Circuit Implementation Guide, Hein Marals.
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/AN-960.pdf?doc=an-1177.pdf>
- [15] <https://elektronikab2b.pl/technika/52608-rs-232-oraz-rs-485-klasyczne-interfejsy-szeregowe>
- [16] IEEE 802.3-2018 – IEEE Standard for Ethernet
https://standards.ieee.org/standard/802_3-2018.html
- [17] MPLS-TP Explained, OTN Systems.
- [18] MPLS/TP vs MPLS-IP, OTN Systems.
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/CSM>
- [21] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Multicast>
- [22] https://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_optical_networking
- [23] <https://en.wikipedia.org/wiki/CSM>
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/In-band_signaling
- [25] https://pl.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching
- [26] <https://pl.wikipedia.org/wiki/DGT>
- [27] <https://pl.wikipedia.org/wiki/FTTH>
- [28] <https://pl.wikipedia.org/wiki/WDM>
- [29] https://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_networking
- [30] https://en.wikipedia.org/wiki/Operations,_administration_and_management
- [31] https://en.wikipedia.org/wiki/Statistical_time-division_multiplexing
- [32] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Handshake>
- [33] https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_wave

MODELE POWIĄZAŃ KOMPUTEROWYCH STACYJNYCH URZĄDZEŃ SRK Z PÓLSAMOCZYNNYMI I SAMOCZYNNYMI BLOKADAMI LINIOWYMI

Mateusz Madej

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Alstom / Bombardier Transportation (Rail Engineering) Polska Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

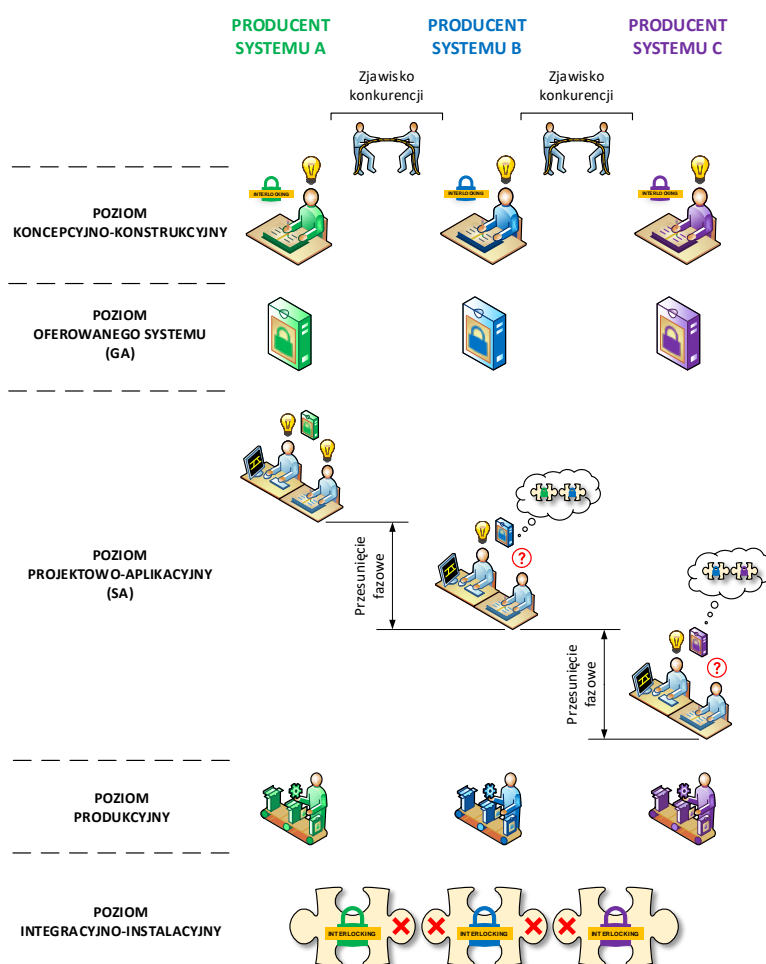
Urządzenia sterowania i kierowania ruchem kolejowym zapewniają bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego. Zbiór opracowanych zależności w danych urządzeniach (w języku angielskim określanych jako *Interlocking*) umożliwiają sterowanie i kontrolę wewnętrznych i zewnętrznych urządzeń takich jak: blokady stacyjne i liniowe, zwrotnice, semafony, przejazdy kolejowo – drogowe, itp. Zaprojektowane systemy pozwalają na bezpieczne i efektywne przemieszczanie się pojazdów kolejowych.

Polscy oraz inni europejscy zarządcy infrastruktury kolejowej od dłuższego czasu zmagają się z problemem dotyczącym bezpiecznej integracji nowo budowanych oraz eksploatowanych systemów sterowania ruchem kolejowym, które pochodzą od różnych dostawców. Prawa własności intelektualnej dla starych technologii zależnościowych opartych na połączeniach kablowych np. urządzeń przekaźnikowych należą głównie do zarządców infrastruktury lub dostawców danych systemów. Natomiast w latach 80. i 90. XX wieku na rynku kolejowym zaczęły pojawiać się elektroniczne urządzenia srk, których własności intelektualne należą już w dużej mierze do producentów danych systemów.

Nowo budowane urządzenia nie zawsze są w stanie poprawnie i w sposób bezpieczny współpracować z urządzeniami i systemami już istniejącymi. Z tego względu dynamicznie zmieniający i kształtujący się rynek urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego mimowolnie wymusza opracowanie jednoznacznego standardu współpracy systemów pochodzących od różnych producentów. Brak standaryzacji w wymienionym obszarze powoduje wymianę istniejących, w pełni sprawnych systemów lub wprowadza konieczność projektowania dedykowanych interfejsów i powiązań, których realizacja jest bardzo kosztowna i pracochłonna, aby zachowane było bezpieczne i niezawodne działanie współpracujących ze sobą systemów srk. Ponadto istniejąca konkurencja będąca

pewnego rodzaju mechanizmem polegającym na dążeniu do osiągnięcia jak największych korzyści przez wszystkich uczestników procesu gospodarowania na rynku kolejowym determinuje ograniczenie lub nawet całkowity brak współpracy ze strony producentów poszczególnych systemów.

Opracowanie rozwiązania standaryzującego pozwoli na ponowne przeniesienie własności intelektualnych połączeń systemów odmiennych producentów na zarządców infrastruktur. Również poprzez standaryzację komunikacji przy połączeniach systemów poprzez opracowane uniwersalne interfejsy oferowane systemy staną się bezproblemowo wymienne. Elementy systemów podłączone do interfejsów mogą pozostać takie same jednak wymiana informacji będzie realizowana w takim samym „języku” i będzie gwarantować właściwą wymianę wiadomości oraz zmniejszy niepotrzebnie generowane koszty.



Rys. 2 Graficzny schemat obrazujący problem integracji systemów sterowania ruchem kolejowym różnego pochodzenia
 Źródło: [10]

W celu szerszego wyjaśnienia problemu związanego z integracją urządzeń sterowania ruchem kolejowym różnego pochodzenia został opracowany ogólny schemat procesu od powstawania do instalacji systemów zależnościowych (Rys. 1). Na schemacie przedstawiono przykładowo trzech producentów:

- **Producent systemu A** (np. liniowego systemu zależnościowego),
- **Producent systemu B** (np. stacyjnego systemu zależnościowego),
- **Producent systemu C** (np. liniowego systemu zależnościowego).

Każdy z wytwórców danego systemu posiada swoje własne cele dla utrzymania dobrej kondycji swojego przedsiębiorstwa oraz prowadzi ciągły rozwój oferowanych produktów. Do przykładowych takich celów możemy zaliczyć cele ekonomiczne związane z długookresowymi i krótkookresowymi zyskami, wzrostem produktywności, innowacyjności oraz cele techniczno-produkcyjne związane z maksymalizacją produkcji oraz poprawą jakości. Na graficznym schemacie (Rys. 1) wyszczególniono pięć poziomów działań nad systemami srk:

- **Poziom koncepcyjno-konstrukcyjny**, na którym opracowany jest plan danego projektu związanego ze stworzeniem nowego systemu srk wraz z określeniem ograniczeń, funkcjonalności systemu oraz z analizą aktualnie obowiązujących dokumentów normatywnych z dotyczącego obszaru działań. Następnie po opracowaniu niniejszego planu i ogólnej struktury działania tworzonego systemu uszczegóławia się projekt o konstrukcyjne wykonanie produktu.
- **Poziom oferowanego systemu (GA)**, na którym gotowy zaprojektowany system jest oferowany na rynku kolejowym. Każda wersja danego, oferowanego systemu posiada nienaruszalne cechy funkcjonalne, które są obligatoryjnie niezmiennie, określane jako GA (ang. *generic application*). Zaimplementowane na stałe funkcjonalności systemu zostały przetestowane pod względem bezpieczeństwa i prawidłowości działania wdrożonego mechanizmu.
- **Poziom projektowo-aplikacyjny (SA)**, na którym projektanci branży sterowania ruchem kolejowym opracowują projekt wykonawczy, będący aplikacją dla danego obiektu (np. stacji) przy wykorzystaniu produktu wybranego producenta. Ponadto jeżeli zachodzi taka potrzeba do użytego systemu implementuje się dodatkowe cechy funkcjonalne, które nie zostały zaaplikowane na poziomie GA. Dodatkowe zmiany funkcjonalne określane są jako SA (ang. *specific application*).

- **Poziom produkcyjny**, na którym zgodnie z wykonanym projektem wykonawczym dany system wytwarzany jest w niezbędnej ilości i konfiguracji w zakładzie produkcyjnym oraz wstępnie instalowany na stojakach lub szafach.
- **Poziom integracyjno-instalacyjny**, na którym dokonuje się głównej instalacji oraz przeprowadza się ewentualną integrację (o ile jest to wymagane przez warunki zewnętrzne) systemu z innymi zainstalowanymi już wcześniej systemami.

Opisany problem związany z integracją systemów różnego pochodzenia może zostać zidentyfikowany na wszystkich wymienionych poziomach danego schematu. Najbardziej korzystna lecz najtrudniejsza jest identyfikacja scharakteryzowanego problemu już na poziomie koncepcyjno-konstrukcyjnym, w którym może zostać już przewidziane i wdrożone rozwiązanie na etapie tworzenia nowego systemu.

Jednakże występujące zjawisko konkurencji powoduje, że problem ten dopiero ujawnia się najczęściej podczas realizacji inwestycji tj. na poziomie projektowo-aplikacyjnym lub integracyjno-instalacyjnym, w którym zostaje tylko możliwość realizacji rozwiązania mało efektywnego i nieekonomicznego. W skrajnych przypadkach dochodzi do wymiany w pełni sprawnych i funkcjonalnych urządzeń na takie, które będą w stanie się zintegrować z innymi urządzeniami. Ponadto przesunięcia fazowe realizacji poszczególnych inwestycji również mają znaczący wpływ na możliwości integracji urządzeń projektowanych i instalowanych w różnych fazach modernizacyjnych.

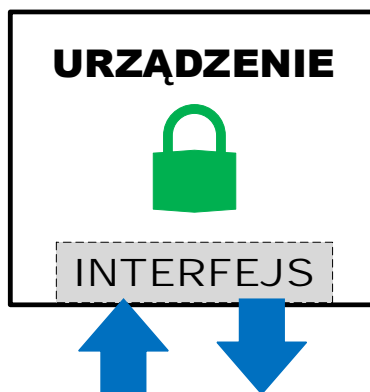
W literaturze model definiowany jest jako „układ założeń przyjmowanych w danej nauce w celu ułatwienia (lub umożliwienia) rozwiązania danego problemu badawczego” [4].

2. Definicja interfejsu i powiązania w systemach sterowania ruchem kolejowym

Szereg popularnonaukowych dostępnych źródeł podaje definicję interfejsu jako styk, złącze lub łącznik, który w informatyce i elektronice określa urządzenie pozwalające na połączenie dwóch innych urządzeń, które bez niego nie mogą współpracować. Encyklopedia PWN formułuje interfejs jako zestaw sprzętu lub oprogramowania służący do połączenia kilku części komputera (w tym wypadku jest też tak zwanym złączem) lub kilku programów, mających różne charakterystyki [3]. Pojęcie to wywodzi się głównie z obszarów tematyki związanej z dziedziną informatyki. Natomiast dane określenia w szerszym zakresie są niepoprawne i niewystarczające dla zdefiniowania interfejsów w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym, ponieważ w analizowanym obszarze stosowana technika do przekazywania sygnałów zależnościowych

i informacyjnych nie jest wyłącznie komputerowa, ale również mechaniczna, elektryczna (przełącznikowych), optyczna lub hybrydowa (mieszana).

W literaturze **interfejs** określany jest jako *rodzaj podłączenia do danego urządzenia umożliwiające komunikację z innym urządzeniem*.

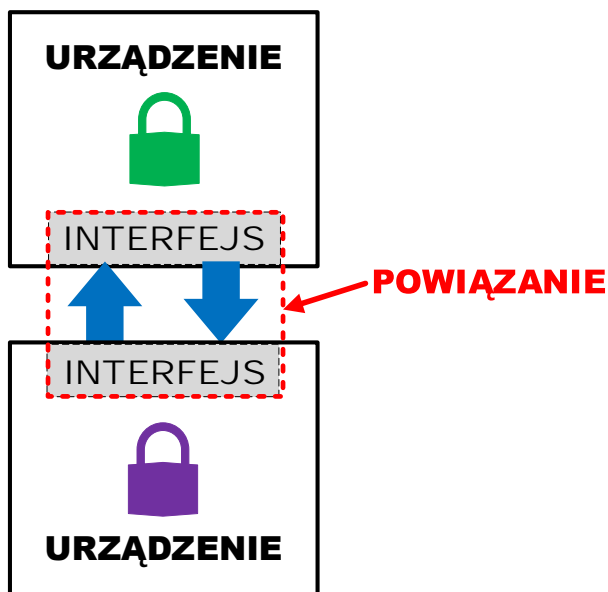


Rys. 3 Graficzna interpretacja interfejsu wraz z sygnałami komunikacyjnymi wejściowymi oraz wyjściowymi

Źródło: opracowanie własne na podstawie [8] i [10]

Autorzy artykułu naukowego [8] związanego z formalno-prawnymi wymaganiami dotyczącymi badania interfejsów w systemach srk zdefiniowali **interfejs** jako *układ wejść i wyjść danego urządzenia (systemu, podsystemu) wraz z sygnałami przez nie przesyłanymi oraz odpowiadającą im logiką i sekwencjami działania urządzenia, umożliwiające łączenie i współpracę pomiędzy tym urządzeniem z innymi urządzeniami*.

Kolejnym terminem, które należało wyszczególnić w niniejszym referacie jest powiązanie. Słownik języka polskiego PWN definiuje powiązanie jako połączenie ze sobą pewnych elementów, części, motywów w jakąś całość [11]. Odnosząc wyjaśnienie tego pojęcia na obszar związany z kierowaniem i sterowaniem ruchem kolejowym możemy je zakwestionować, że jest to pojęcie szersze, które obejmuje wcześniej omawiane interfejsy. Łączone systemy w wyniku wykonanego powiązania tworzą pewną strukturę urządzeń kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Autorzy artykułu naukowego [8] zdefiniowali także pojęcie **powiązania** określając go jako *układ połączeń wykorzystujący interfejsy urządzeń, mogące zawierać dodatkowe elementy, które umożliwiają łączenie i współpracę pomiędzy urządzeniami połączonymi za jego pośrednictwem. Współpraca jest rozumiana jako przenoszenie energii i/lub wymiana sygnałów o określonej postaci*.

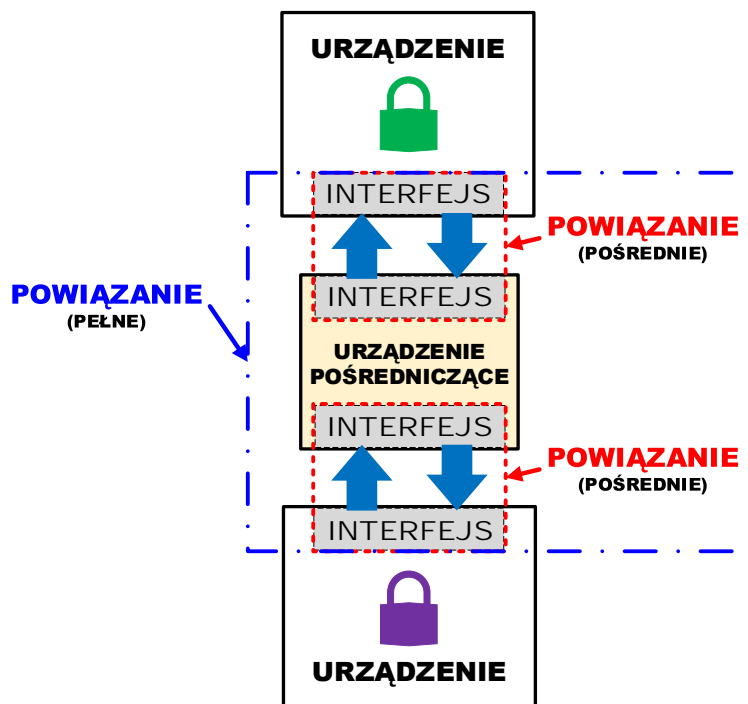


Rys. 4 Graficzna interpretacja powiązania jako pojęcia szerszego w stosunku do definicji interfejsu
Źródło: opracowanie własne na podstawie [8] i [10]

Zamierzeniem autorów [8] było stworzenie definicji, które będą bardziej obrazowały i wpasowywały się w dziedzinę kierowania i sterowania ruchem kolejowym w porównaniu do powszechnie stosowanych definicji.

Ponadto został jeszcze wyszczególniony sposób integracji dwóch urządzeń poprzez dodatkowe niezależne urządzenie pośredniczące posiadające również swoje interfejsy.

Taki dodatkowy układ pośredniczący ma zastosowanie podczas, gdy oba oferowane na rynku urządzenia lub systemy posiadają w pełni odmienne już zaprojektowane i zaimplementowane interfejsy, które są ze sobą wzajemnie niekompatybilne. Specjalnie zaprojektowane urządzenie pośredniczące jest pewnego rodzaju przetwornikiem danych, który pozyskuje informacje z jednego urządzenia komunikującego się w konkretny sposób, a następnie przetwarza i przesyła otrzymane sygnały na „język” odczytywany przez drugie urządzenie. W takim przypadku specjalizowany układ pośredniczący musi mieć zaimplementowany w sobie dwa rodzaje interfejsów do utworzenia tak zwanych pośrednich powiązań. Całość tak zrealizowanych połączeń, które tworzą pośrednie powiązania integrują oba interesujące nas urządzenia tworząc pełne powiązanie i pozwalając na poprawną współpracę tych dwóch urządzeń.



Rys. 5 Graficzny schemat realizacji powiązania z wykorzystaniem urządzenia pośredniczącego
Źródło: opracowanie własne na podstawie [8] i [10]

Zaprojektowanie w pełni działającego powiązania wymaga na początku zidentyfikowania, w jaki sposób będą integrowane dwa systemy wymagające wzajemnej współpracy. Wybór odpowiedniego sposobu integracji umożliwia zastosowanie gotowego produktu już posiadanego, przetestowanego i zainstalowanego na innym obiekcie przez danego producenta urządzeń lub zaprojektowanie zupełnie nowego interfejsu oraz powiązania. W przypadku realizacji inwestycji obciążonej wysokim ryzykiem pomyłki i ograniczeniem czasowym najczęściej na etapie przygotowywania koncepcji powiązania wybierane jest jedno główne rozwiązanie techniczne, które jest realizowane oraz drugie rezerwowe na wypadek pojawienia się problemów z wykonaniem bazowego rozwiązania.

3. Blokady liniowe we współpracy ze stacijnymi urządzeniami sterowania ruchem kolejowym

Systemy kierowania i sterowania ruchem kolejowym cechują się brakiem autonomiczności, stosowaniem zamkniętych rozwiązań technicznych oraz są integralną częścią infrastruktury transportowej. Na liniach kolejowych wiele urządzeń srk ma za zadanie współpracować z innymi urządzeniami zaprojektowanymi, wyprodukowanymi i zainstalowanymi na danych obiektach w różnych okresach

prorowadzonych inwestycji. Współczesne systemy kierowania i sterowania ruchem kolejowym są szeroko złożonymi i zintegrowanymi strukturami tworzącymi pewną hierarchię składającą się z urządzeń różnych producentów. Dla zapewnienia bezpiecznej oraz niezawodnej współpracy urządzeń stacyjnych i liniowych niezbędne jest szczegółowe poznanie zasad działania i funkcjonalności blokad liniowych. Urządzenia blokad liniowych charakteryzują się cechami wspólnymi do których zaliczamy min. realizację zasady prowadzenia ruchu pociągów w stałym odstępie drogi, uzależnienie czynności nastawczych na sąsiednich posterunkach ruchu w dwóch innych okręgach sterowania, ustalenie kierunku ruchu po torze wyposażonym w niniejsze urządzenia (w przypadku blokad zmiennokierunkowych).

Realizacja i wdrażanie interfejsów oraz powiązań wymagają zastosowania specyficznych metod i technik projektowania, które zostaną przedstawione w kolejnych akapitach niniejszego referatu.

4. Półsamoczynne blokady liniowe

Półsamoczynne blokady liniowe (pbl) służą do prowadzenia ruchu pociągów na szlakach, które nie są wyposażone w sygnalizatory samoczynne. Ich zadaniem jest uniemożliwienie wyprawienia pociągu na szlak lub odstęp do czasu potwierdzenia przyjazdu pociągu w całości na sąsiedni posterunek ruchu. Ich obsługą zajmuje się personel zlokalizowany na sąsiadujących ze sobą posterunkach ruchu. Działanie tych systemów oparte jest na zasadzie blokowania i zwalniania blokady. Zablockowanie blokady należy rozumieć jako uniemożliwienie nastawienia sygnału zezwalającego na semaforach. Sygnał zezwalający na semaforze wyjazdowym na szlak może być wyświetlony wyłącznie jeden raz do chwili zwolnienia blokady i jej przejścia do stanu zasadniczego. Zwolnienie blokady półsamoczynnej jest możliwe po spełnieniu sekwencyjnie pewnych warunków [5]:

- 1) zajęcie urządzenia oddziaływania za semaforem wjazdowym na posterunku, do którego został wyprawiony pociąg,
- 2) nastawienie sygnału „Stój” na wyżej wymienionym semaforze wjazdowym,
- 3) zwolnienie kontrolowanego odcinka szlakowego (jeżeli jest zastosowana kontrola niezajętości szlaku),
- 4) zwolnienie urządzenia oddziaływania za danym semaforem wjazdowym.

Można wyróżnić następujące półsamoczynne blokady liniowe z układową kontrolą niezajętości szlaku, których praca polega na:

- uzależnieniu nastawienia sygnału zezwalającego na semaforach osłaniających odstęp od stanu niezajętości odcinka szlakowego,
- wykorzystaniu dodatkowo bloku pozwolenia do ustalenia kierunku ruchu,
- automatycznym zwolnieniu kierunku na podstawie stanu niezajętości odcinka szlakowego.

Jeżeli urządzenia półsamoczynnych blokad liniowych nie zapewniają układowej kontroli niezajętości szlaku, zwolnienie blokady obligatoryjnie musi zostać poprzedzone wzrokowym stwierdzeniem przez personel wjazdu pełnego składu pociągu na posterunek poprzez sprawdzenie sygnałów końca pociągu na ostatnim pojeździe [7].

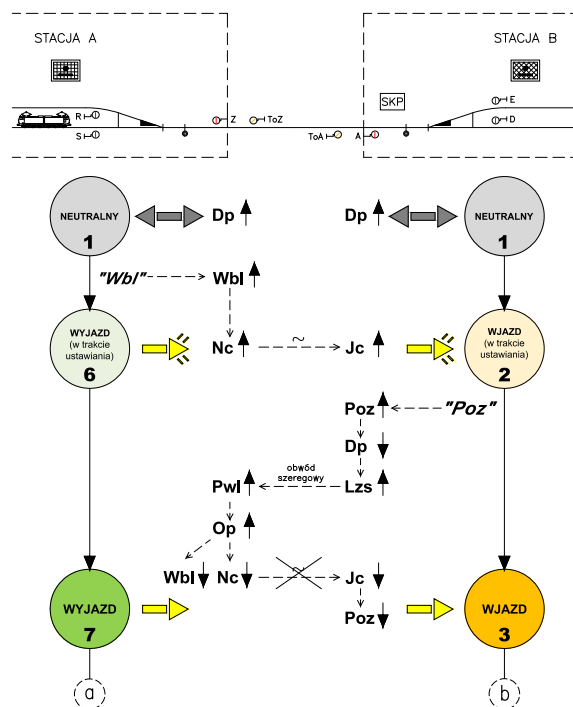
Szlak pomiędzy sąsiadującymi posterunkami ruchu może być podzielony na odstępy, na których zlokalizowane są semafony półsamoczynne z masztami malowanymi w biało-czerwone pasy [6], a blokowanie i zwalnianie blokady odbywa się na takich samych zasadach jak na posterunkach ruchu, tj. poprzez obsługę ręczną. W szczególnych przypadkach przewiduje się wyposażanie posterunków w urządzenia automatycznego posterunku odstępowego (APO) [5].

5. Półsamoczynna blokada liniowa typu Eap

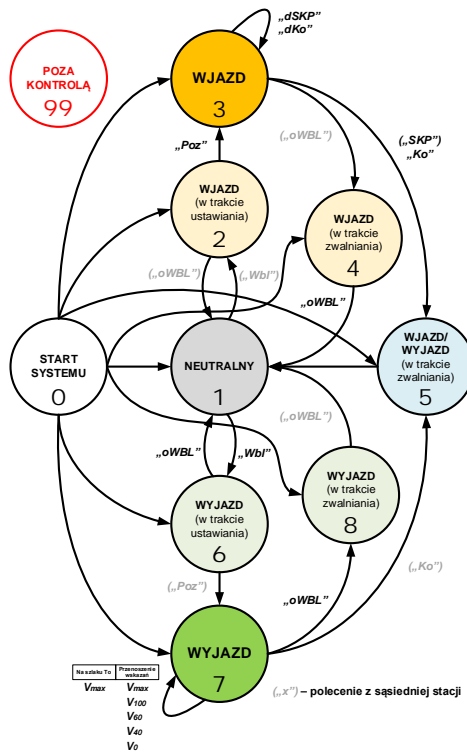
Blokada typu Eap jest przekaźnikową, dwukierunkową, półsamoczynną blokadą liniową, która charakteryzuje się odpornością na wpływ wysokich napięć i zakłóceń. Blokada Eap działa na podstawie dwuprzewodowej linii transmisyjnej, którą przesyłane są sygnały prądu przemiennego i stałego o zmiennej polaryzacji. Separacja sygnałów realizowana jest przy pomocy obwodów liniowych (odbiorników kryteriów). Blokada w stanie zasadniczym jest neutralna. Na obu stacjach ograniczających szlak nie jest włączony żaden z kierunków ruchu. Blokada zbudowana jest w oparciu o przekaźniki, które są zamontowane w zunifikowanych stojakach. Urządzenia te mogą współpracować z dowolnym typem urządzeń stacyjnych wyposażonych w sygnalizację świetlną oraz sygnalizacją kształtową. Dodatkowo istnieje możliwość rozbudowy blokady o dodatkowe posterunki odstępowe. Blokada typu Eap może współpracować z urządzeniami oddziaływania pociągu takimi jak: elektroniczne obwody nakładane (EON), odcinki izolowane, elektroniczne liczniki osi z bezpiecznymi wyjściami przekaźnikowymi.

Celem przedstawienia koncepcji powiązania półsamoczynnej blokady liniowej typu Eap z komputerowymi stacyjnymi urządzeniami srk opracowano graficzne schematy wyszczególniające sekwencje pracy niniejszego typu blokady.

Schemat przedstawiony na Rys. 5 obrazuje stany blokad, przejścia pomiędzy stanami, stany przekaźników oraz zobrazowanie na pulpicie sterującym. Na podstawie opracowanych sekwencji pracy opracowano graf stanów półsamoczynnej blokady liniowej typu Eap (Rys. 6). Należy jednak zwrócić uwagę, iż przedstawiony graf nie jest grafem stanów pracy całej blokady, a tylko jej połowy, która jest identyfikowana przez urządzenia stacyjne. Poznanie filozofii działania blokady typu Eap oraz zebranie wszystkich danych zależnościowych pozwoliło na opracowanie ideowego modelu powiązania blokady typu Eap z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym, który został przedstawiony na rysunku nr (Rys. 7). Sygnały wprowadzane do interfejsu i wyprowadzane z interfejsu tworzącego powiązanie z blokadą Eap mogą być przesyłane bezpośrednio lub za pośrednictwem przekaźników pośredniczących. Na powyższym schemacie blokada znajduje się w stanie neutralnym. Szczegółowe techniczne rozwiązanie wykonania powiązania jest uzależnione od zaprojektowanego interfejsu i określonego typu blokady Eap zainstalowanego na danym obiekcie. Ponadto wykonanie rzeczywistego w terenie powiązania z zastosowaniem zaproponowanego przykładu powinno zostać poprzedzone przeprowadzeniem szeregu badań laboratoryjnych oraz wykonania testów funkcjonalnych np. z wykorzystaniem elektronicznych symulatorów powszechnie stosowanych w zakładach konstrukcyjnych.

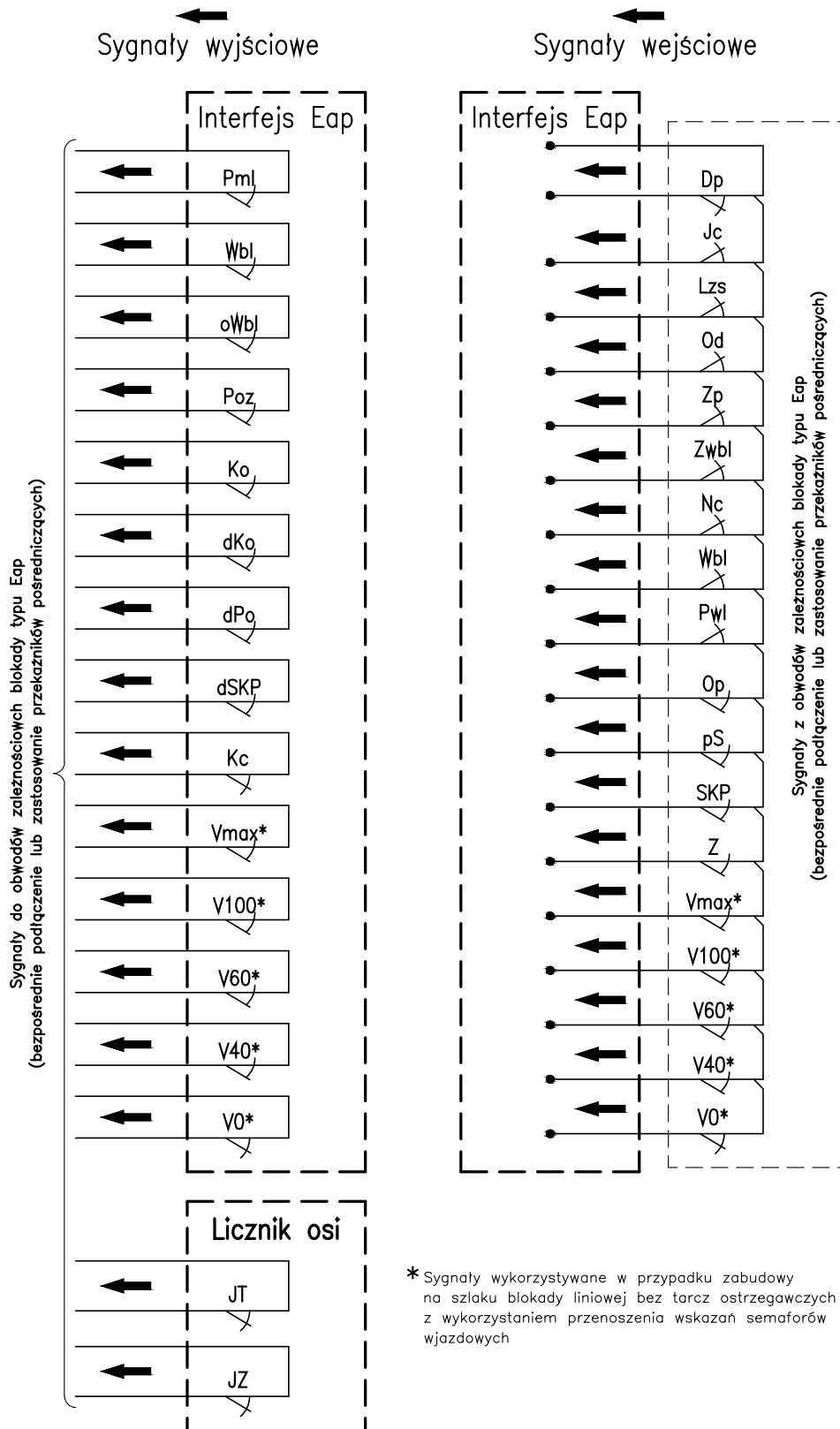


Rys. 6 Przykładowy opracowany graficzny schemat procesu ustawiania kierunku blokady typu Eap
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1] i [10]



Rys. 7 Graf stanów blokady typu Eap poddany analizie celem implementacji w komputerowym stacyjnym systemie srk

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1] i [10]



Rys. 8 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu Eap z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1] i [10]

6. Samoczynne blokady liniowe

Samoczynne blokady liniowe (sbl) służą do prowadzenia ruchu pociągów na szlakach, które są wyposażone w układową kontrolę niezajętości szlaku lub odstępów na szlaku. Zazwyczaj szlak jest podzielony na odstępów, które są stosunkowo krótkie. Gęsto zlokalizowane odstępów pozwalają uzyskać większą przepustowość na liniach kolejowych. Ruch pociągów na szlaku wyposażonym w samoczynną blokadę liniową jest regulowany na podstawie kontroli niezajętości odstępów blokowych za pomocą obwodów torowych (instalowanych dawniej) lub liczników osi (instalowanych obecnie). Na szlakach zainstalowane są samoczynne semafony odstępowe z masztami malowanymi na biało [6], na których sygnały wyświetlane są w sposób samoczynny zależnie od aktualnej sytuacji ruchowej i ustawionego kierunku ruchu po danym torze. Prowadzenie ruchu na szlakach z samoczynną blokadą liniową nie wymaga obsługi urządzeń liniowych poza zmianą kierunku. Samoczynne blokady liniowe pod względem liczby wskazań sygnałowych (stawności) możemy podzielić na [5]:

- 1) dwustawne (bardzo rzadko spotykane na polskiej sieci kolejowej),
- 2) trzystawne,
- 3) czterostawne.

Poprzez stawność rozumie się sygnalizację, która umożliwia przekazanie przez sygnalizator informacji o możliwości jazdy na $m-1$ odstępach położonych za danym sygnalizatorem. Szlaki w samoczynnej blokadzie liniowej dwustawnej dzieli się na odstępów nie krótsze niż podwójna długość drogi hamowania na danej linii kolejowej, a semafony odstępowe poprzedzane są tarczami ostrzegawczymi. W samoczynnej blokadzie liniowej trzystawnej graniczną wartością dla podziału układu torowego na odstępów jest długość drogi hamowania. W tym przypadku odstęp nie może być krótszy niż droga hamowania na danej linii kolejowej. W tym przypadku rolę tarcz ostrzegawczych pełnią poprzedzające semafony odstępowe lub semafony wyjazdowe. Natomiast w samoczynnej blokadzie liniowej czterostawnej odstępów nie mogą być krótsze niż połowa długości drogi hamowania na danej linii kolejowej. Dla tego typu blokady stosowany jest dodatkowy sygnał w postaci migającej górnej komory światła zielonego, który uprzedza o sygnale „Stój” występującym w odległości dwóch odstępów blokowych. W sytuacji ustawionego danego kierunku samoczynnej blokady liniowej semafony przeciwnego kierunku są wygaszone za wyjątkiem ostatniego semafora odstępowego pełniącego funkcję tarczy ostrzegawczej, który wskazuje sygnał zależny od stanu semafora wyjazdowego na dany posterunek ruchu oraz stanu niezajętości odstępów osłanianego przez ten semafor.

Wyposażenie samoczynnej blokady liniowej zasadniczo dzieli się na urządzenia sbł części stacyjnej (stacyjne punkty sterowania) zlokalizowane na posterunkach ruchu oraz urządzenia części liniowej (liniowe punkty sterowania) instalowane zazwyczaj w kontenerach przytorowych. Coraz częściej spotyka się również blokady zintegrowane w zależnościowych urządzeniach stacyjnych, w których części liniowe są przeniesione do części stacyjnych i tam realizowane są zależności dla poszczególnych odstępów. Zaletą takich rozwiązań jest uproszczona budowa oraz łatwość utrzymania. Również na polskiej sieci kolejowej instaluje się samoczynne blokady liniowe jednodostępowe, które pozwalają prowadzić ruch pociągów na podobnych zasadach co półsamoczynne blokady liniowe. W takiego typu aplikacjach semafor wyjazdowy z jednego posterunku uzależnione są bezpośrednio od wskazań semafora wjazdowego na następnym posterunku ruchu, do którego wyprawiany jest pociąg [5].

7. Samoczynna blokada liniowa typu Eac

Blokada typu Eac jest przekaźnikową, międzystacyjną, dwukierunkową, samoczynną blokadą liniową, która może występować w wersji trzystawnej lub czterostawnej. Urządzenia blokady składają się z przekaźnikowych układów przełączania kierunku (automatyki liniowej) na stacjach i posterunkach odstępowych (punktach sterowania), połączonych dwuprzewodową linią transmisyjną oraz obwodów torowych stwierdzających obecność pociągu na kontrolowanych odstępach blokowych. Na przyległych do szlaku posterunkach ruchu znajdują się układy zależnościowe, służące do włączania i zwalniania blokady oraz powiązania urządzeń stacyjnych z urządzeniami niniejszej blokady.

Zarys historyczny powstawania niniejszej blokady wywodzi się z czasów, gdy na polskiej sieci kolejowej zaszła potrzeba stworzenia nowego systemu, dwukierunkowej, samoczynnej blokady liniowej. Początkowo eksploatowano trzy systemy samoczynnych blokad liniowych tj. sbł typu kodowego (COB-58, CNII), sbł o ciągłym zasilaniu obwodu torowego (E), sbł typu Ea. Dwa pierwsze systemy są blokadami jednokierunkowymi, trzystawnymi, przy czym obwód torowy jest wykorzystywany do przesyłania informacji. Prowadzenie ruchu w oparciu o blokadę jednokierunkową jest znacznym utrudnieniem w przypadku tymczasowych zamknięć torowych lub usterek.

Przeprowadzenie analizy istniejących i stosowanych systemów blokad liniowych w innych zarządach kolejowych spowodowało wybranie za podstawę dwukierunkowego systemu sbł typu E, który po przystosowaniu do polskich warunków otrzymał nazwę

samoczynnej blokady liniowej typu Ea. Przeprowadzona kolejna modyfikacja blokady typu Ea doprowadziła do doprecyzowania jej rozwiązań funkcjonalnych i powstanie dwukierunkowej, trzystawnej lub czterostawnej ze stanem neutralnym, samoczynnej blokady liniowej typu Eac.

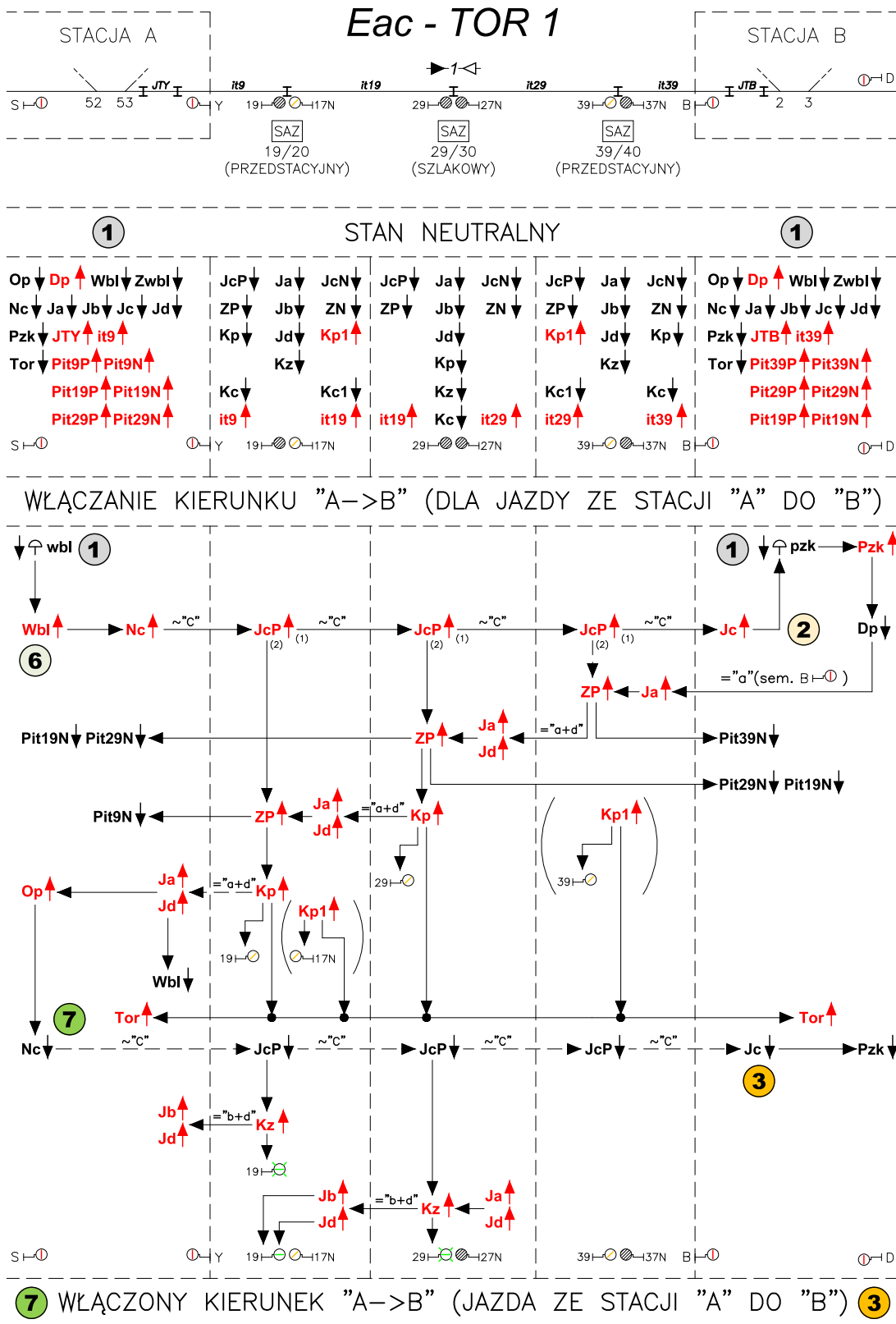
Posiadane doświadczenie z kilkuletniej eksploatacji rozwiązań technicznych z sbl typu Ea tj.: zasada działania, obwody: torowe, liniowe, świateł oraz obwody nadajników i odbiorników kryteriów pozwoliło na przyjęcie nieco innego rozwiązania w sbl typu Eac polegającego na zastosowaniu jednego odbiornika i jednego nadajnika sygnałów zależnościowych oraz jednego obwodu wykonawczego do sterowania światłami semaforów. Dzięki temu uzyskano system o zwiększonej funkcjonalności przy jednoczesnym zmniejszeniu liczby elementów.

Dodatkowym atutem blokady typu Eac jest jej uniwersalność polegająca na identycznym okablowaniu i wyposażeniu posterunku dla blokady trzystawnej lub czterostawnej. O stawności blokady decyduje zamontowany jeden zestaw wtykowy w obudowie typu ERL10014 (blokada trzystawna) lub ERL 10015 (blokada czterostawna). Ponadto w omawianej blokadzie liniowej zmodyfikowano dodatkowo obwody włączania i zwalniania blokady na stacjach, uzyskując wzrost ich funkcjonalności. Obwód torowy w sbl typu Eac jest obwodem zasilanym pośrodku prądem przemiennym o częstotliwości 50Hz i służy wyłącznie do kontroli zajętości odstępu blokowego. Informacje zależnościowe między posterunkami są przesyłane dwuprzewodową linią transmisyjną. W systemie sbl typu Eac zaprojektowano integralny system informacyjno-diagnostyczny (SIDIAG), który służy do ciągłej kontroli prawidłowości pracy blokady. Każda usterka jest sygnalizowana w szafie torowej za pomocą tzw. lupy diagnostycznej oraz na przyległych posterunkach ruchu na specjalnych pulpitych [9].

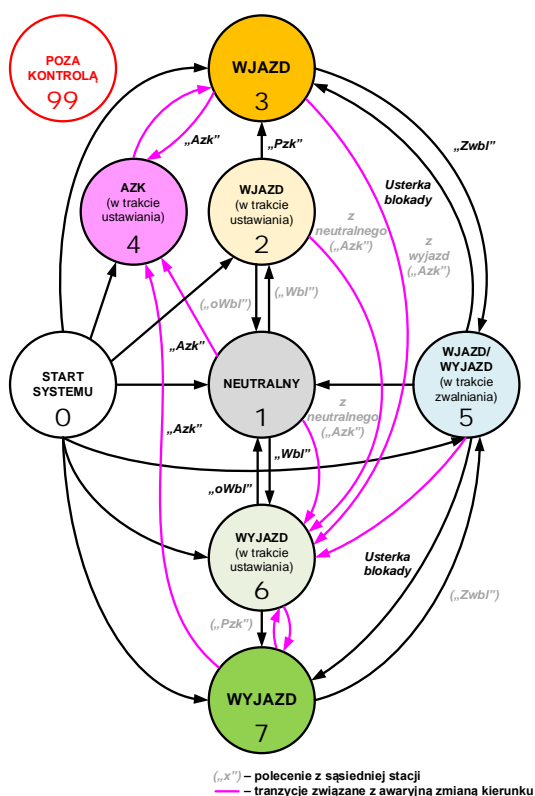
Celem przedstawienia koncepcji powiązania samoczynnej blokady liniowej typu Eac z komputerowymi stacyjnymi usrk opracowano graficzne schematy wyszczególniające sekwencje pracy niniejszego typu blokady. Schemat przedstawiony na Rys. 9 przedstawia przejścia pomiędzy stanami oraz stany przekaźników. Następnie na podstawie opracowanych sekwencji pracy opracowano graf stanów samoczynnej blokady liniowej typu Eac (Rys. 10). Należy jednak zwrócić uwagę, iż przedstawiony graf nie jest grafem stanów pracy całej blokady, a tylko jej połowy, która jest identyfikowana przez urządzenia stacyjne. Poznanie filozofii działania samoczynnej blokady typu Eac oraz zebranie wszystkich danych zależnościowych pozwoliło na opracowanie dwóch ideowych modeli powiązań blokady typu Eac z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym.

Pierwsza filozofia polega na przetwarzaniu danych wewnątrz opracowanego dedykowanego sterownika powiązaniu z blokadą Eac. W tym przypadku maszyna stanów blokady typu Eac zostaje zaimplementowana w stacyjnym komputerze zależnościowym, który odczytuje bądź przesyła poszczególne niezbędne kryteria zależnościowe i na ich podstawie steruje oraz przetwarza dane dotyczące aktualnego stanu blokady. Sygnały wprowadzane do interfejsu i wyprowadzane z interfejsu tworzącego powiązanie z blokadą Eac mogą być przesyłane bezpośrednio lub za pośrednictwem przekaźników pośredniczących. Na pierwszym opracowanym schemacie (Rys. 11), dla pierwszej filozofii powiązania, blokada znajduje się w stanie neutralnym (stan zasadniczy).

Natomiast drugą filozofię powiązania blokady typu Eac charakteryzuje fakt bezpośredniego przesyłania sygnału, który niesie ze sobą informację o jednoznacznym i aktualnym stanie blokady. W tym przypadku maszyna stanów blokady Eac jest przetwarzana w zaprojektowanych do tego dedykowanych obwodach (Rys. 13) oraz dokładna informacja wyprowadzana jest bezpośrednio na funkcyjne przekaźniki, których zestyki są umiejscowione w obwodach elektronicznego interfejsu (Rys. 14). Sterowanie blokadą odbywa się na podobnej zasadzie co w opisanej już pierwszej filozofii powiązania tj. z wykorzystaniem pośredniego połączenia za pomocą przekaźników pośredniczących (Rys. 12). Szczegółowe techniczne rozwiązania wykonania powiązań jest uzależnione od zaprojektowanego interfejsu i określonego typu blokady Eac zainstalowanego na danym obiekcie. Ponadto wykonanie rzeczywistego w terenie powiązania z zastosowaniem zaproponowanych przykładów powinno zostać poprzedzone przeprowadzeniem szeregu badań laboratoryjnych oraz wykonaniem testów funkcjonalnych np. z wykorzystaniem elektronicznych symulatorów powszechnie stosowanych w zakładach konstrukcyjnych.

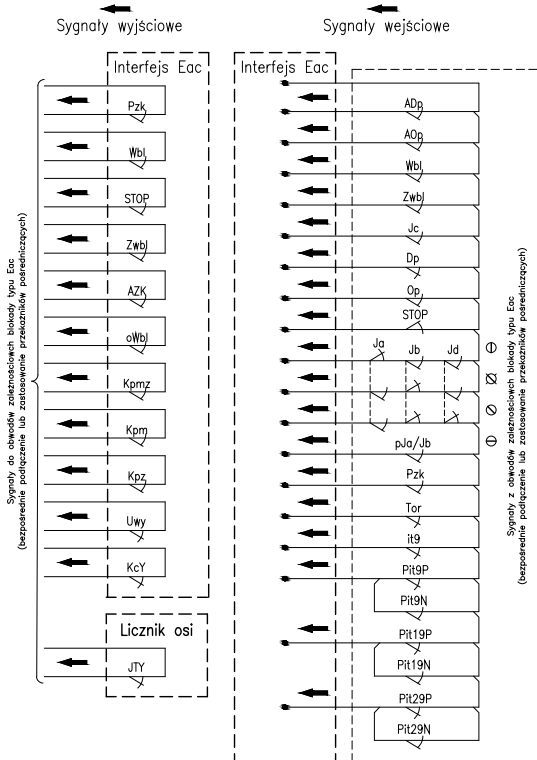


Rys. 9 Przykładowy opracowany graficzny schemat procesu ustawiania kierunku blokady typu Eac
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]



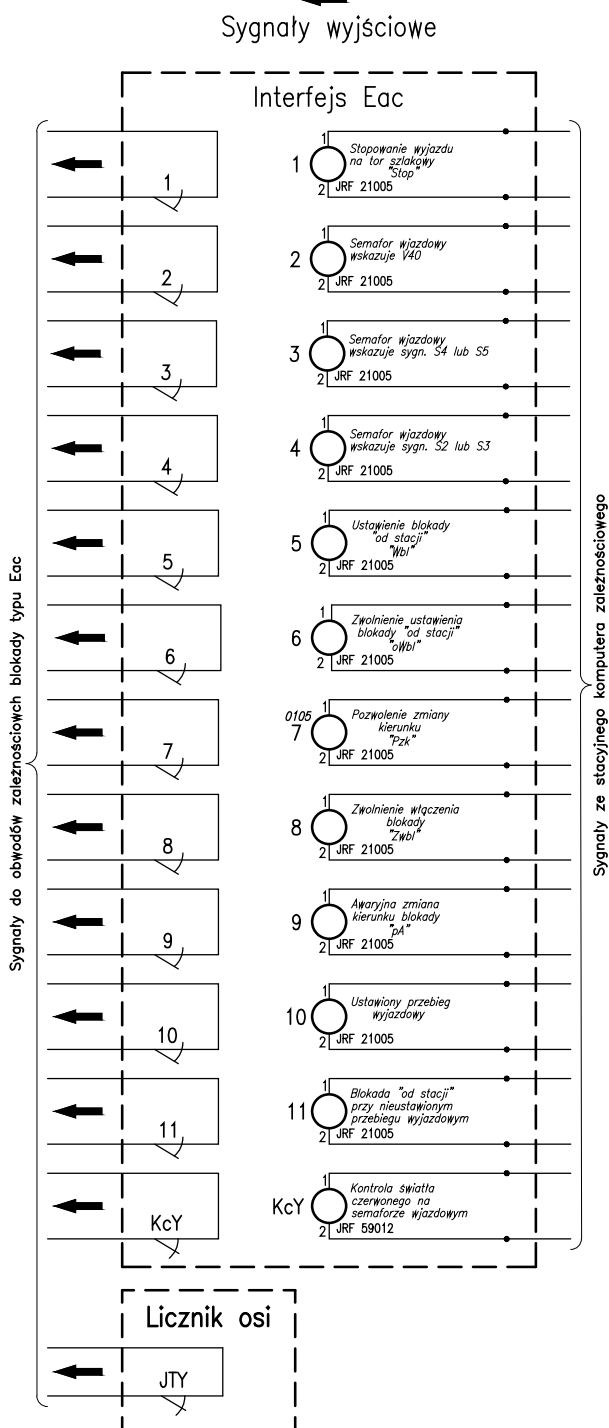
Rys. 10 Graf stanów blokady typu Eac poddany analizie celem implementacji w komputerowym stacyjnym systemie srk

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]



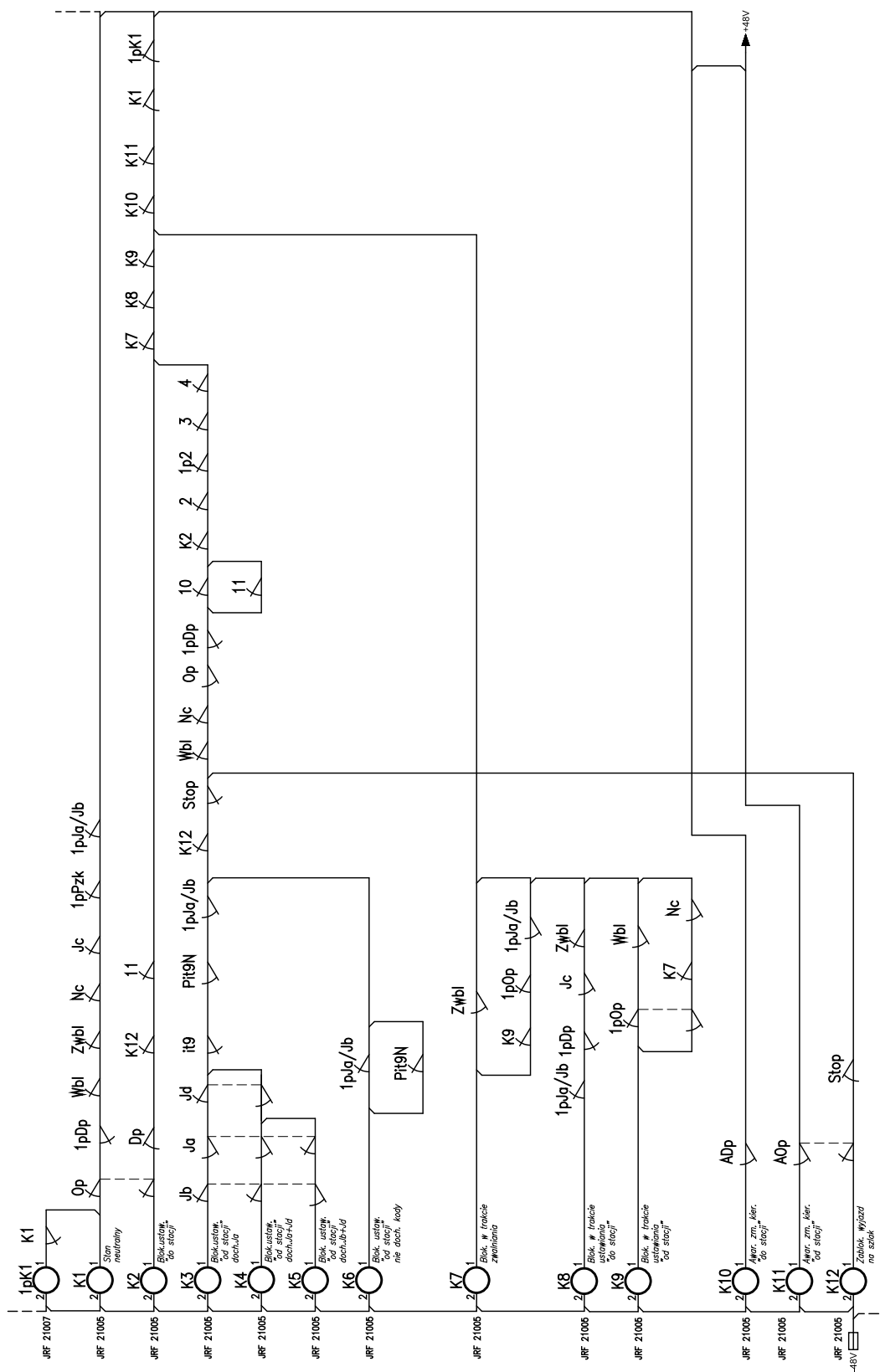
Rys. 11 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu Eac z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym (filozofia nr 1)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]



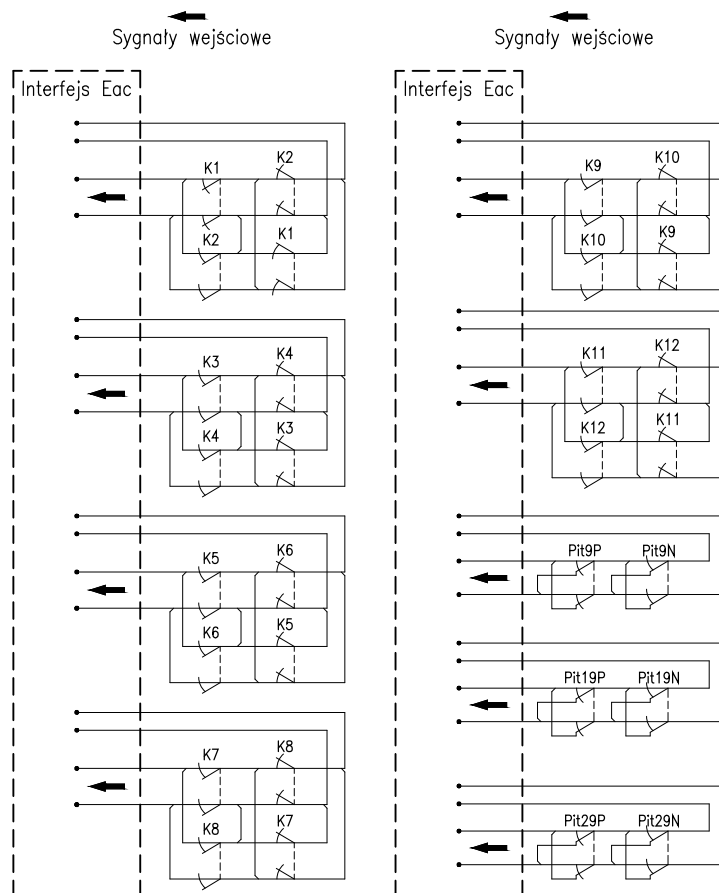
Rys. 12 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu Eac z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym (filozofia nr 2) – sygnały wyjściowe ze stacyjnego komputera zależnościowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]



Rys. 13 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu Eac z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym (filozofia nr 2) – obwody przekaźników sygnałów wejściowych do stacyjnego komputera zależnościowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]



Rys. 14 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu Eac z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym (filozofia nr 2) – sygnały wejściowe wprowadzane do stacyjnego komputera zależnościowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2], [9] i [10]

8. Samoczynna blokada bezobsługowa (autonomiczna) typu OPEN LINE

Samoczynna blokada bezobsługowa typu OPEN LINE jest komputerowym, niekonwencjonalnym systemem blokady liniowej zaimplementowanym na holenderskiej sieci kolejowej, który może być dość nietypowym przykładem, a zarazem fundamentalną koncepcją do wprowadzenia tego typu rozwiązania na polski rynek kolejowy. Holenderski projekt obejmuje przekształcenie istniejącej sieci kolei ciężkiej w kolej lekką przy jednoczesnym zachowaniu istniejącego ruchu towarowego obsługiwanego poza godzinami szczytu. Obecna linia pomiędzy Hook van Holland i centrum miasta Schiedam została połączona z istniejącą siecią metra w Rotterdamie. Główną zaletą omawianej blokady jest brak wymaganej jej obsługi. Zmiany stanów urządzeń stacyjnych (przy spełnieniu odpowiednich zaprojektowanych warunków zależnościowych) bezpośrednio wpływają na sterowanie blokadą bez wymogu przeprowadzania dodatkowych działań przez dyżurnego ruchu stycznego do szlaku posterunku ruchu. W rozwiązaniu holenderskim na szlaku, w terenie nie występuje przytorowa sygnalizacja

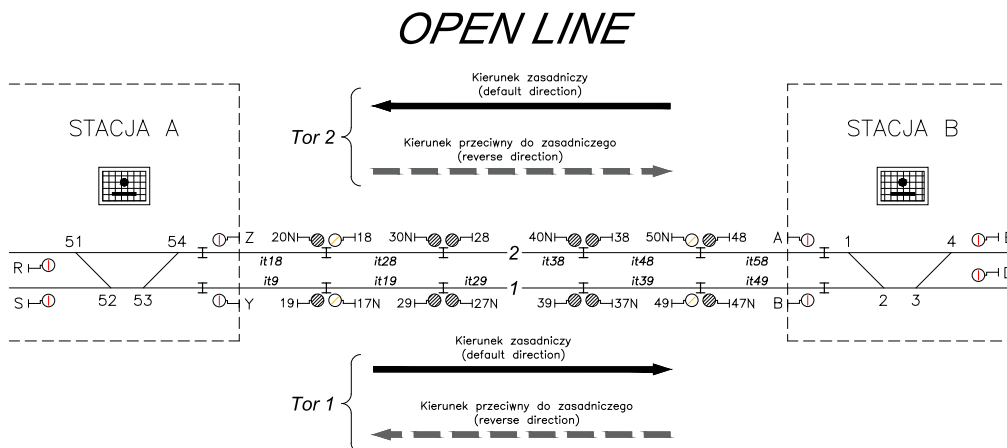
świetlna. Sygnalizatory występują w formie „wirtualnych” obiektów logicznych w powiązaniu z urządzeniami kontroli niezajętości poszczególnych odcinków.



Rys. 15 Schemat przekształcania linii kolejowej w obszarze miasta Rotterdam, na której została zaimplementowana blokada liniowa typu OPEN LINE

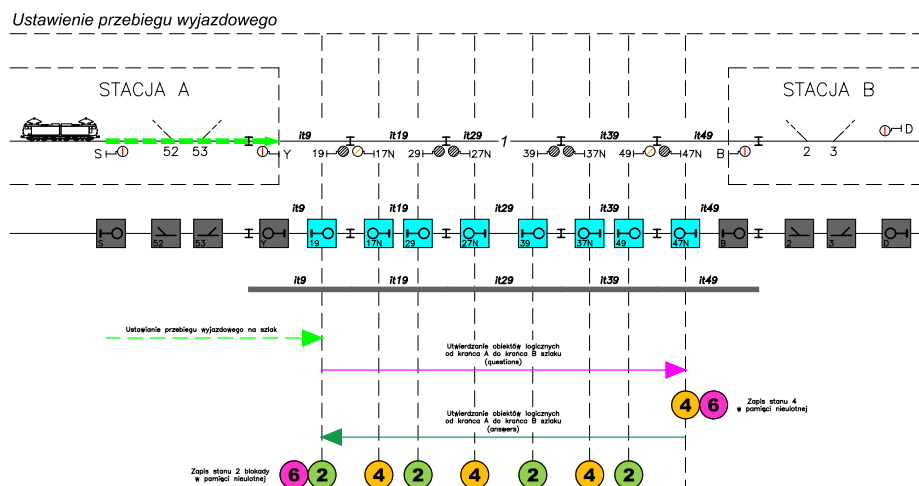
Źródło: <https://hoekselijn.mrdh.nl>

W celu dostosowania przedstawionego rozwiązania holenderskiego do polskich standardów i wymogów formalnych dotyczących pracy liniowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym w niniejszym referacie dostosowano dany mechanizm do norm krajowych. Wstępem do omówienia mechanizmu pracy blokady liniowej typu OPEN LINE wprowadza się przykład szlaku dwutorowego, na którym prowadzony jest ruch w dwóch kierunkach (Rys. 16). Na każdym torze programowo jest zdefiniowany kierunek zasadniczy tj. ruch prawostronny (tor nr 1 – ruch zasadniczy w kierunku od stacji A do stacji B, tor nr 2 – kierunek zasadniczy od stacji B do stacji A). Szlaki zostały podzielone po pięć odcinków. Za krańcowe obiekty logiczne rozgraniczające szlak od stycznych posterunków ruchu przyjęto pierwsze semafony ostepowe (semafony: 19, 20N, 48, 47N). Graniczne obiekty logiczne będą przyjmowały dodatkowe stany i w odróżnieniu do szlakowych obiektów będą również obejmowały pomocnicze funkcje przekazywania informacji o stanie blokady na całym rozpatrywanym szlaku.

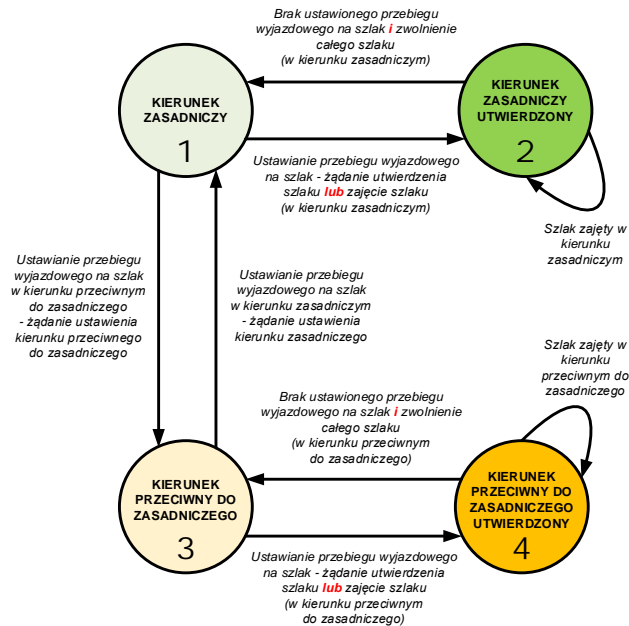


Rys. 16 Rozpatrywane szlaki w celu implementacji na nich blokady liniowej typu OPEN LINE
Źródło: [10]

Celem przedstawienia koncepcji powiązania samoczynnej blokady bezobsługowej (autonomicznej) typu OPEN LINE z komputerowymi stacyjnymi urządzeniami srk opracowano graficzne schematy wyszczególniające sekwencje pracy niniejszego typu blokady. Poniższy jeden z wielu graficznych schematów przedstawia stany poszczególnych zdefiniowanych obiektów logicznych, przejścia pomiędzy stanami oraz przekazywane informacje pomiędzy posterunkami ruchu (Rys. 17). Następnie na podstawie opracowanych sekwencji pracy opracowano grafy stanów samoczynnej blokady bezobsługowej (autonomicznej) typu OPEN LINE (Rys. 18 i Rys. 19).



Rys. 17 Przykładowy opracowany graficzny schemat procesu ustawienia przebiegu wyjazdowego na szlak z blokadą typu OPEN LINE (struktura obliczeniowa)



Źródło: [10]

Rys. 18 Podstawowy graf stanów blokady typu OPEN LINE poddany analizie celem implementacji w komputerowym stacijnym systemie srk

Źródło: [10]



Rys. 19 Grafy uzupełniające dla krańcowych obiektów logicznych blokady typu OPEN LINE poddane analizie celem implementacji w komputerowym stacijnym systemie srk


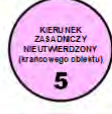



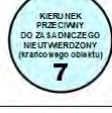


Źródło: [10]

Poznanie filozofii działania blokady typu OPEN LINE oraz zebranie wszystkich danych zależnościowych opracowano ideowy model powiązania blokady typu OPEN LINE z komputerowymi systemami srk. Ze względu, iż blokada liniowa typu OPEN LINE jest typu komputerowego, to zależności wprowadzane i wyprowadzane z interfejsu tworzącego powiązanie z blokadą mogą być binarnymi telegramami zgodnie z przyjętym danym protokołem wymiany informacji (Tab. 1). Każdy typ wyjścia lub wejścia interfejsowego posiada swój niepowtarzalny trzon binarny przesyłanego telegramu. Statusy wejściowe jak i wyjściowe powinny być przesyłane w odpowiednio krótkich cyklach czasowych charakterystycznych dla pracy komputerów srk z systemami operacyjnymi czasu rzeczywistego. Szczegółowe techniczne rozwiązanie wykonania

danego powiązania jest uzależnione od zaprojektowanego interfejsu i określonego typu stacyjnego komputera zależnościowego zainstalowanego na danym obiekcie.

Tab. 1 Uproszczony techniczny model powiązania blokady typu OPEN LINE z komputerowymi systemami sterowania ruchem kolejowym – zbiór wszystkich niezbędnych typów telegramów zależnościowych

Źródło: [10]

Wyjście statusowe z interfejsu blokady	Trzon binarny telegramu					Wyjście statusowe z interfejsu blokady	Trzon binarny telegramu				
	0	1	0	1	0		0	1	1	1	0
	0	1	0	1	1		0	1	1	1	1
	0	1	1	0	0		1	0	0	0	0
	0	1	1	0	1		1	0	0	0	1

9. Podsumowanie i wnioski

Niezależnie od tego jaki producent i w jakiej technologii będzie wytwarzał swój własny opracowany system blokady liniowej to idea działania i funkcjonalność tych systemów najczęściej będzie bardzo zbliżona. Również przedstawione przykłady realizacji powiązań uwzględniają szereg parametrów niezbędnych do rozpatrzenia celem uzyskania poprawnej pracy, a przede wszystkim bezpiecznego działania blokad liniowych współpracujących z stacyjnymi usrk. Przykłady te mają na celu ułatwienie pracy projektanta i pokazanie pewnych idei tworzenia podstawowych założeń oraz wykonywania odpowiednich analiz podczas realizacji projektów powiązań blokad liniowych ze stacyjnymi usrk. Niniejszy referat skłania do wyciągnięcia następujących wniosków:

- Brak przepisów standaryzujących realizację powiązań blokad liniowych z stacyjnymi usrk sprawia trudności w wykonywaniu projektów na realnych obiektach,
- Występująca konkurencja na rynku kolejowym w połączeniu z płytkimi wymaganiami formalnymi dotyczącymi tworzenia powiązań i interfejsów powoduje tworzenie projektów o bardzo złożonej strukturze prowadzącej do zbędnej nadmiarowości,

- Niezależnie w jakiej technologii i przez jakiego producenta został wyprodukowany system blokady liniowej, to każde zaprojektowane powiązanie musi spełniać szereg wymagań natury funkcjonalnej, jak i również formalnej (analizy bezpieczeństwa, testy funkcjonalne),
- Pomimo zbliżonej zasady działania poszczególnych typów blokad liniowych realizacja powiązania ze stacjami wymaga niezależnej analizy przed przystąpieniem do projektowania.

10. Bibliografia

- [1] Album schematów półsamoczynnej blokady liniowej typu Eap – aktualizacja 1994, zatwierdzony przez Dyrektora CBP-BBKol pismem nr TA-149/94 z dnia 1994.05.23 i akceptowany do stosowania na sieci PKP przez Dyrektora Naczelnego Zarządu Automatyki i Telekomunikacji Dyrekcji Generalnej PKP pismem KA 2a-5410/01/93 z dnia 1993.01.12.
- [2] Album schematów samoczynnej blokady liniowej typu „Eac”, Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego, Warszawa 1990.
- [3] Encyklopedia PWN, Interfejs, [online], [dostęp 4 kwietnia 2020], dostępny w Internecie: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/model;3942505.html>.
- [4] Encyklopedia PWN, Model, [online], [dostęp 18 listopada 2020], dostępny w Internecie: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/interfejs;3915079.html>.
- [5] Ie-4 (WTB-E10), Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, załącznik do uchwały Nr 870/2019 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 30 grudnia 2019 r.
- [6] Ie-117, Wymagania techniczne dla sygnalizatorów stosowanych na liniach kolejowych oraz ich konstrukcji wsporczych, załącznik do uchwały Nr 1273/2016 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 20 grudnia 2016 r.
- [7] Ir-1, Instrukcja o prowadzenia ruchu pociągów, załącznik do uchwały Nr 693/2017 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 27 czerwca 2017 r., tekst uwzględniający zmiany wprowadzone uchwałą Nr 355/2020 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 2 czerwca 2020 r.
- [8] Karolak J., Kochan A., Zastosowanie protokołów TCP i UDP w powiązaniu systemów sterowania ruchem kolejowym, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, Warszawa 2019.

- [9] Maciejewski A., Plewka A., Samoczynna blokada liniowa typu Eac, Opis działania systemu, miesięcznik techniczno-gospodarczy Automatyka Kolejowa Nr 8, sierpień 1987, s. 153-162.
- [10] Madej M., Praca dyplomowa magisterska: Opracowanie modeli powiązań komputerowych stacyjnych urządzeń srk z pól samoczynnymi i samoczynnymi blokadami liniowymi, Politechnika Warszawska Wydział Transportu, Warszawa, 2020.
- [11] Słownik języka polskiego PWN, Powiązanie, [online], [dostęp 4 kwietnia 2020], dostępny w Internecie: <https://sjp.pwn.pl/slowniki/powiazanie.html>.

KONCEPCJA SCENTRALIZOWANEGO LEU W SYSTEMIE ERTMS/ETCS POZIOM 1

inż. Dobromir Jasiński

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

1. Wstęp

Systemy kolejowe rozwijały się w wielu miejscach na świecie równocześnie i często zupełnie niezależnie, w wyniku czego potrafią się znacząco różnić względem siebie, w zależności od państwa czy regionu w którym powstawały. W początkowym okresie większość połączeń było lokalnych często w ramach danego regionu lub kraju, a te międzynarodowe dopiero się pojawiały i stanowiły niewielki odsetek. Jednakże, wraz z rozwojem gospodarczym i zwiększającą się częstością podróżowania pomiędzy państwami, zapotrzebowanie na takie relacje wzrosło. Pojawił się wówczas problem, ponieważ przejazd pociągu pomiędzy krajami, posiadającymi różne systemy sterowania ruchem kolejowym, wymagał instalowania wielu takich systemów na pojeździe. Co więcej maszynista musiał wiedzieć jak się każdym z nich obsługiwać. Obecnie liczba potrzebnych systemów pokładowych podsystemu sterowanie na jednej trasie potrafi dochodzić nawet do 7 [1].

W Europie istnieje kilkadziesiąt różnych systemów sterowania. Aby obniżyć koszty związane z wyposażaniem pojazdów oraz zunifikować systemy kolejowe w Europie, zebrało się konsorcjum firm pod nazwą UNISIG, które za cel postawiło sobie utworzenie międzynarodowego standardu zwanego ERTMS (ang. *European Rail Traffic Management System*), składającego się z systemu zarządzania ruchem kolejowym ETCS oraz systemu komunikacji tor-pojazd GSM-R (ang. *Global System for Mobile Communication for Railways*). W skład konsorcjum firm, które utworzyły ERTMS wchodziły ADTRANZ, ALCATEL, ALSTOM, ANSALDO SIGNAL, INVENSYS RAIL, SIEMENS. System ten, stał się nie tylko europejskim standardem, ale również na świecie jest on szeroko wykorzystywany. Aż 35% linii wyposażonych w ERTMS znajduje się w Azji.

Chiny stworzyły własny system zwany CTCS (ang. *China Train Control System*), który bazuje na założeniach systemu ERTMS [2].

Jeszcze przed powstaniem międzynarodowego standardu, jakim jest ERTMS producenci systemów krajowych w swoich rozwiązaniach wykorzystywali sygnalizację kabinową. Przykładami takich systemów są niemieckie LZB (niem. *Linienzugbeeinflussung*)

czy EBICAB Bombardiera, stosowane głównie w Szwecji i Norwegii. W Polsce planowano wdrożyć system EBICAB jednak zrezygnowano na rzecz systemu ERTMS/ETCS, którego zbliżająca się perspektywa wdrożenia dawała większe korzyści [3]. Pierwszy eksperymentalny system, obsługujący sygnalizację kabinową, był testowany w Wielkiej Brytanii w latach dziesiątych dwudziestego wieku [4]. Ich mnogość również przyczyniła się do potrzeby standaryzacji na rynku europejskim, gdyż w przypadku kilku systemów krajowych zainstalowanych na pojeździe, gdzie część miała sygnalizację kabinową, niezbędne było umieszczenie każdej z nich tak aby maszynista mógł ją obserwować. Co niewątpliwie obniża komfort pracy maszynisty i powoduje zwiększone ryzyko pomyłki z której sygnalizacji kabinowej powinien korzystać w danym miejscu.

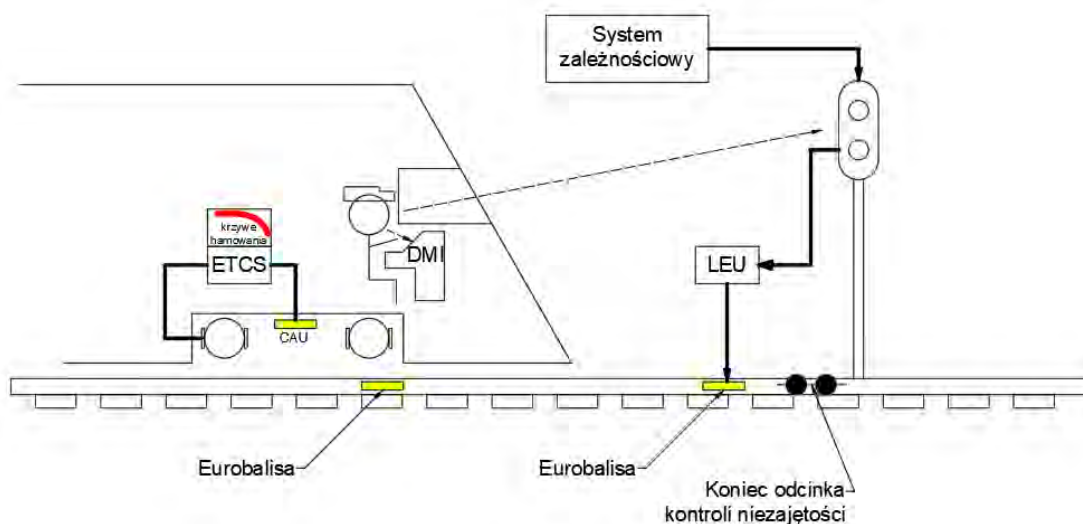
System ERTMS (ang. *European Rail Traffic Management System*) jest systemem zarządzania ruchem kolejowym wspieranym przez Unię Europejską, mającym na celu zapewnienie interoperacyjności transportu kolejowego. System ten składa się z dwóch części - sterowania ruchem kolejowym – ETCS (ang. *European Train Control System*) oraz łączności radiowej – GSM-R (ang. *Global System for Mobile Communications – Railway*).

ETCS, zwany również systemem klasy A, zapewnia zwiększony poziom bezpieczeństwa w porównaniu z systemami klasy B (systemami krajowymi). Dodatkowo zawiera sygnalizację kabinową dającą maszyniście ciągłą informację, o sytuacji ruchowej przed pociągiem oraz przede wszystkim zwiększa poziom bezpieczeństwa. Łączność cyfrowa tor-pojazd realizowana jest w dwóch standardach jako punktowa jednokierunkowa (Eurobalisy, Europętle) lub dwukierunkowa ciągła (radio GSM-R). Wdrożenie systemu ERTMS/ETCS jest kluczowym przyszłościowym elementem dla polskiej kolei, dający możliwość zwiększenia szybkości pociągów, gdyż zgodnie z prawem bez systemu ERTMS/ETCS, pociągi mogą jeździć tylko z prędkością nie przekraczającą 160 km/h [5].

Kolejną składową systemu ERTMS jest sieć łączności GSM-R, który jest specjalną odmianą łączności komórkowej GSM dla kolei. Wykorzystuje się go do wymiany danych w systemie ETCS oraz w celu zapewnienia komunikacji głosowej z maszynistą.

W systemie ERTMS/ETCS poziomu 1 podstawowym środkiem komunikacji między pojazdem szynowym a urządzeniami zależnościami są eurobalisy, występujące w dwóch odmianach: eurobalisy nieprzełączalne (ang. *fixed*) oraz eurobalisy przełączalne nazywane też programowalnymi (ang. *transparent*). Eurobalisy nieprzełączalne są wykorzystywane we wszystkich poziomach systemu ETCS. Przekazują one stałe – niezmiennie informacje do pojazdu, takie jak numer grupy balis, profil podłużny

odcinka, wiadomość zapowiadającą następną grupę balis (ang. *linking*), czy zestaw wartości narodowych (ang. *National Values*). Jednakże nie są w stanie przekazać informacji zmiennych w czasie i zależnych od sytuacji ruchowej. Do tego celu wykorzystywane są eurobalisy przełączalne, które otrzymują zmienny telegram od kodera LEU (ang. *Lineside Electronic Unit*) który śledzi zachowanie się systemu zależnościowego poprzez podglądanie stanu jego wyjść (zazwyczaj stanu żarówek na sygnalizatorach).



Rys. 1 Schemat działania poziomu pierwszego systemu ERTMS/ETCS

2. Zasada działania kodera LEU

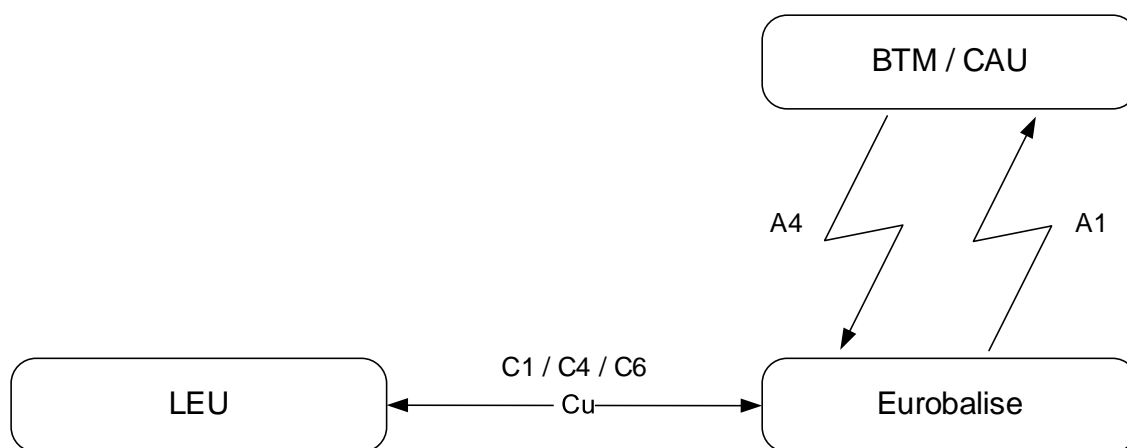
Koder LEU w klasycznej odmianie czyta stan urządzeń wykonawczych systemu zależnościowego, tj. semaforów, tarcz ostrzegawczych przejazdowych (TOP), tarcz manewrowych oraz niekiedy zwrotnic. Klasyczny koder LEU składa się z następujących podzespołów:

- karty kodera LEU realizującej interfejsy C1, C6 i C4
- kart wejść analogowych do czytania stanu żarówek na sygnalizatorach
- kart wejść dwustanowych do czytania np. położenia zwrotnic lub innych sygnałów zależnościowych
- kasety, zasilacza i innego niezbędnego osprzętu.

Na stacji lub linii zazwyczaj znajduje się wiele takich zestawów.

Zadaniem kodera LEU jest, na podstawie zidentyfikowanego stanu urządzeń wybrać z tablicy decyzyjnej telegram a następnie za pośrednictwem interfejsu C1/C6 nadać wybrany telegram do eurobalisy [6]. Następnie eurobalisa, zasilona poprzez telepowering

(interfejs A4) z anteny umieszczonej na pojeździe, za pomocą interfejsu A1 wysyła ten telegram do przejeżdżającego pociągu. Warto zwrócić uwagę, że koder LEU czyta stan tylko jednego urządzenia typu sygnalizator oraz pomocniczo np. stan zwrotnic (ta funkcjonalność jest bardzo rzadko wykorzystywana). Dlatego dla każdego istotnego stanu sygnalizatora i stanów pomocniczych projektowany jest indywidualny telegram, wprowadzany następnie do tablicy decyzyjnej kodera LEU z uwzględnieniem wszelkich zasad bezpieczeństwa. Tak przygotowane LEU jest już gotowe w oparciu o stan urządzeń do nadawania odpowiednich telegramów do podłączonej do niego eurobalisy przełączalnej używając interfejsów C6 – w celu jej zasilenia oraz C1 – w celu nadania telegramu.

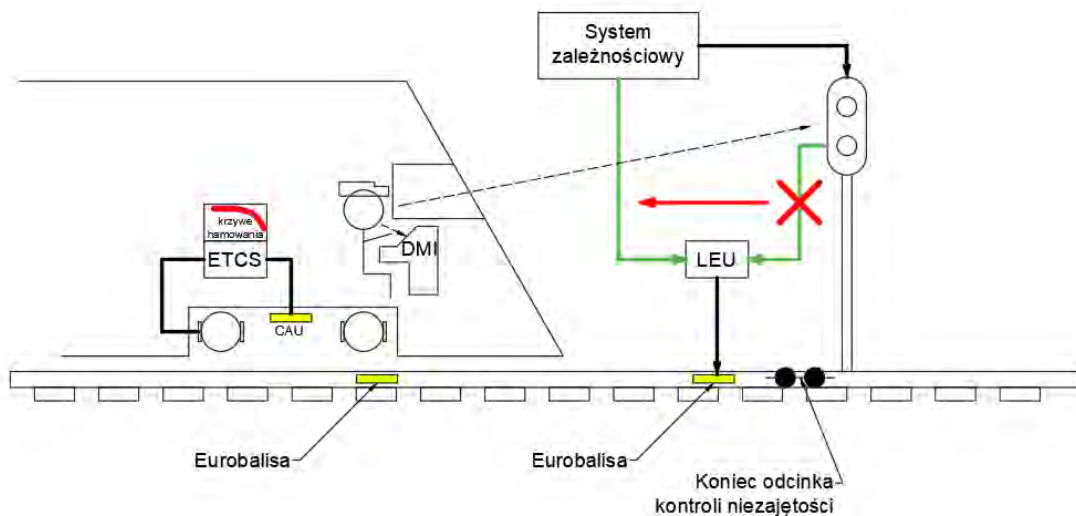


Rys. 2 Interfejsy wymiany danych między LEU i eurobalisą [7]

W trakcie zmiany stanów urządzeń zależnościowych, nierzadko dochodzi do zmiany nadawanego telegramu. Aby ułatwić urządzeniom pojazdowym detekcję zmiany telegramu, nadawana jest przez LEU krótka seria zer. Ponadto opcjonalnie w koderze LEU występuje interfejs C4, za pomocą którego z balisy do LEU jest przekazywana informacja o pociągu nad balisą. Tę informację LEU może wykorzystać do opóźnienia zmiany telegramu by niezaszła ona pod pociągiem (opóźnienie to oczywiście jest limitowane czasowo).

3. Co to znaczy LEU scentralizowane?

Podejście klasyczne zapewnia zmienność nadawanych informacji w zależności od stanu urządzeń zależnościowych oraz dużą ilość okablowania, jednakże takie rozwiązanie jest mało elastyczne. Da się uzależnić telegram tylko od stanu jednego urządzenia, ewentualne uzależnianie z większą ilością urządzeń jest bardzo kosztowne, gdyż wymaga poprowadzenia kabli między wszystkimi tymi urządzeniami.



Rys. 3 Schemat działania poziomu pierwszego systemu ERTMS/ETCS z zastosowaniem scentralizowanego LEU

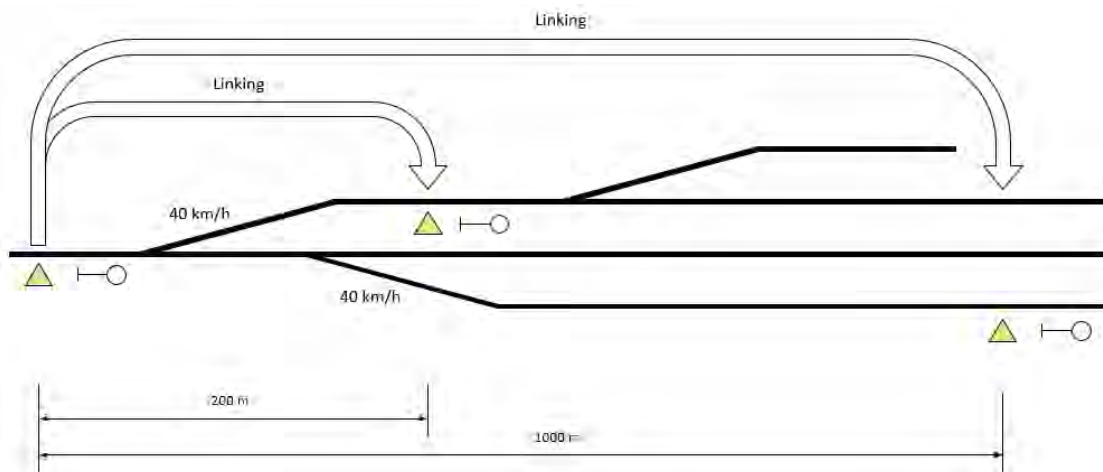
Scentralizowane LEU, to koder LEU pozbawiony wejść analogowych i kart dwustanowych. Zastąpione są one interfejsem elektronicznym pobierającym dane bezpośrednio z systemu zależnościowego. Dzięki integracji logiki kodera LEU z danymi z systemu zależnościowego, oraz dzięki braku ograniczeń w ilości przekazywanych danych można bardzo uelastyczyć tablice decyzyjne logiki kodera LEU. Nadawany telegram do eurobalisy przełączalnej można uzależnić od ustawionego przebiegu lub grupy przebiegów, zamiast od stanu świateł pojedynczego semafora. Takie rozwiązanie daje znacznie większe możliwości konfiguracji i poprawia płynność ruchu.

Scentralizowane LEU składa się z następujących podzespołów:

- centralnej logiki współpracującej z urządzeniami zależnościowymi (jedne na stację)
- karty kodera LEU realizującej interfejsy C1, C6 i C4 (wiele na stacji)
- kasety, zasilacza i innego niezbędnego osprzętu.

Głównym problemem klasycznego podejścia jest sytuacja, gdy taki sam obraz sygnalizatora jest wyświetlany dla dwóch różnych przebiegów, a szczególnie kłopotliwe jest to w przypadku, gdy obie drogi przebiegu różnią się znacznie długością. W nadawanym z telegramie eurobalisy powinna znajdować się informacja zapowiadająca następną grupę eurobalis (tak zwany linking), przy czym dla obu powyższych przebiegów te grupy posiadają inną nazwę oraz znajdują się w różnej odległości od eurobalisy linkującej.

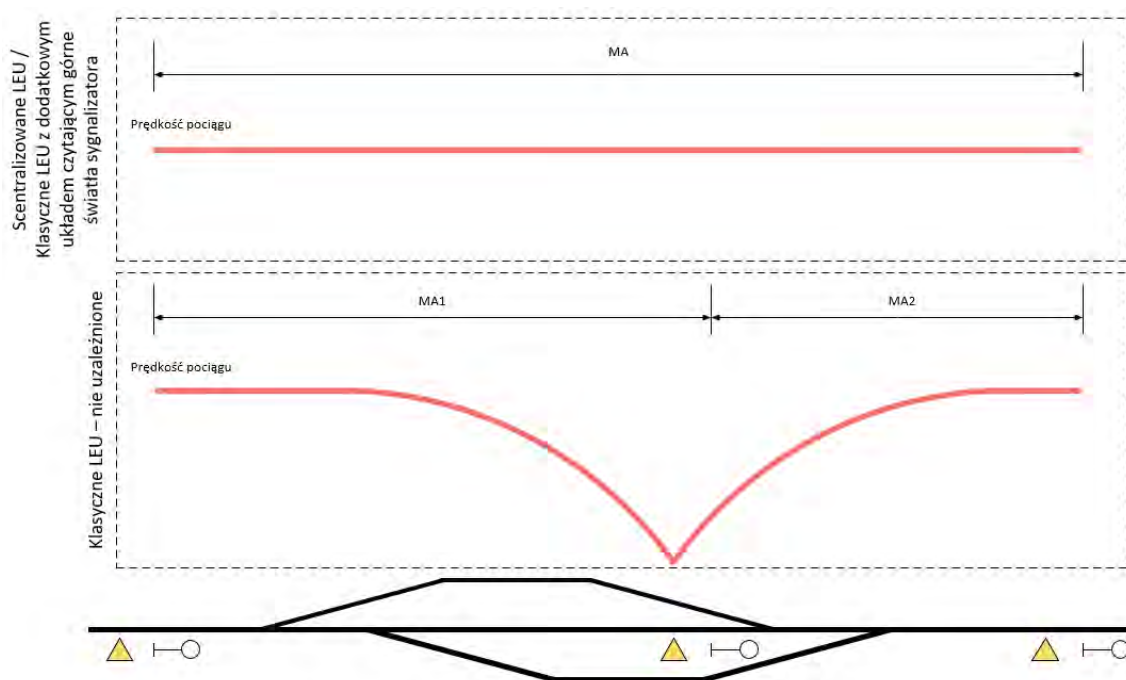
Dla scentralizowanego LEU nie jest to żaden problem, gdyż tak jak wcześniej zostało wspomniane, telegram można uzależnić od ustawionego przebiegu.



Rys. 4 Przykład sytuacji gdy dla jednakowego wskazania sygnalizatora mogą być linkowane dwie różne eurobalisy.

Dodatkową funkcjonalnością jaką umożliwia to podejście jest dynamiczne wprowadzanie tymczasowych ograniczeń prędkości z poziomu nastawni. Możliwe jest to oczywiście w miejscach wcześniej zdefiniowanych i tylko w obszarach gdzie obowiązuje przynajmniej baseline 3 [8]. Umożliwia on nadawanie telegramu z pakietem numer 0: Virtual Balise Cover (Subset 026 rozdział 7 „ERTMS/ETCS language” podpunkt 7.4.2.0) [9], który informuje system pokładowy o tym, że powinien pominąć informacje zawarte w tej eurobalisie.

Następnym rozszerzeniem funkcjonalności jest możliwość dostosowania konfiguracji koderów LEU do przebiegów bez zatrzymania. W podejściu klasycznym jest to możliwe, ale wymaga dodatkowo czytania stanu górnych świateł sygnalizatora, co dalej zwiększa koszty instalacji [10]. Takie rozszerzenie funkcjonalności powoduje, że system ERTMS/ETCS poziomu 1 jest funkcjonalnie podobny do poziomu 2, przy znacznie niższych kosztach [11]. Jednakże z uwagi na punktową transmisję tor-pojazd, nie jest w stanie uzyskać równie dobrej przepustowości. Nie wymaga on instalacji systemu bezprzewodowej komunikacji tor-pojazd – GSM-R w wersji dla L2 na obszarze objętym systemem.



Rys. 5 Różnica prędkości pociągu dla przebiegów bez zatrzymania

4. Diagnostyka i zarządzanie

W obecnych czasach diagnostyka urządzeń LEU staje się coraz bardziej istotna, a śledząc przetargi można zauważyć, że PKP PLK również zaczyna tę potrzebę dostrzegać. W konwencjonalnym podejściu aby zapewnić diagnostykę koderów LEU niezbędne jest okresowe sprawdzanie ich stanu przez zatrudnionych monterów na stacji lub budowa dodatkowych kosztownych urządzeń diagnostycznych. Urządzenia te czytają powtórnie stan sygnałów czytanych przez LEU i wygenerowanych przez nie telegramów, co powoduje, dłuższy czas wykrywalności ewentualnych usterek lub też możliwość generacji fałszywych alarmów o uszkodzeniach, w momencie uszkodzenia urządzenia diagnozującego. W podejściu scentralizowanym, dane diagnostyczne są dostępne bez problemu z poziomu źródła danych dla LEU czyli z nastawni. System diagnostyczny i LEU dostają takie same dane w tej samej chwili, co powoduje że trafność decyzji diagnostycznych jest zdecydowanie wyższa. Oprogramowanie diagnostyczne może informować obsługę o ewentualnych usterek, praktycznie w chwili jej wystąpienia, a koszt takiej diagnostyki jest dużo niższy.

Zalety scentralizowanego koderów LEU

- Pozwala łatwiej i mniejszym kosztem uzależnić nadawany telegram od stanu systemu zależnościowego sterowania ruchem kolejowym.
- Karty wejść analogowych do czytania stanu żarówek na sygnalizatorach oraz karty wejść dwustanowych do czytania np. położenia zwrotnic i innych sygnałów zależnościowych, zastąpione są interfejsem elektronicznym, pobierającym dane bezpośrednio z systemu zależnościowego.
- Pozwala uzależnić nadawany telegram do eurobalisy od realizowanego przebiegu.
- Nie ma problemu, gdy taki sam obraz sygnalizatora jest wyświetlany dla dwóch różnych przebiegów – zależności leżą na poziomie systemu zależnościowego a nie świateł sygnalizatora.
- Daje możliwość dynamicznego wprowadzania tymczasowych ograniczeń prędkości z poziomu nastawni.
- Możliwe jest dostosowanie konfiguracji koderów LEU do przebiegów bez zatrzymania bez dodatkowego sprzętu.
- Daje większe możliwości diagnostyczne. Precyzyjniejsze, w czasie rzeczywistym, nie wymagające dodatkowego sprzętu ani personelu.

Bibliografia

- [1] „https://pl.wikipedia.org/wiki/Europejski_System_Zarz%C4%85dzania_Ruchem_Kolejowym”, 18 Kwiecień 2021. [Online].
- [2] B. Ning, T. Tang, K. Qiu, C. Gao i Q. Wang, „CTCS—Chinese Train Control System”, *Computers in Railways IX*, pp. 393-399, 2004.
- [3] M. Pawlik, „Prezentacja „Wpływ Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami poziomu 2 (ETCS I2) na urządzenia srk oraz wyzwania prawne na styku pomiędzy ETCS i systemami srk warstwy podstawowej”, 2013.
- [4] „https://en.wikipedia.org/wiki/Cab_signalling”, 15 Kwiecień 2021. [Online].
- [5] PKP PLK S.A., Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów Ir-1, Warszawa, 2020.
- [6] ERA, SUBSET-036 FFFIS for Eurobalise - wydanie 3.1.0, 2015.
- [7] Rail-Mil sp. z o.o. so. Komandytowa, *Dokumentacja techniczna rmRailProtector 4.0*.
- [8] PKP PLK S.A., Instrukcja obsługi tymczasowych ograniczeń prędkości (TSR) w systemie ERTMS/ETCS, Warszawa, 2014.
- [9] ERA, SUBSET-026 System Requirements Specification - wydanie 3.6.0, 2016.
- [10] PKP PLK S.A., Instrukcja sygnalizacji le-1, Warszawa, 2016.

- [11] E. Kulińska, M. Dendera-Gruszka, L. Wojtynek, D. Maślowski i M. Szczurek,
„Europejski System Sterowania Ruchem Kolejowym - Analiza Techniczno-
Ekonomiczna”, *Autobusy*, nr 06, 2017.

ROZBUDOWA KOLEJOWYCH REJONÓW PRZEŁADUNKOWYCH JAKO POTRZEBA GOSPODARCZA ORAZ WSPÓŁCZESNE WIELOBRANŻOWE WYZWANIE PROJEKTOWE

Łukasz Tomaszewski

Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

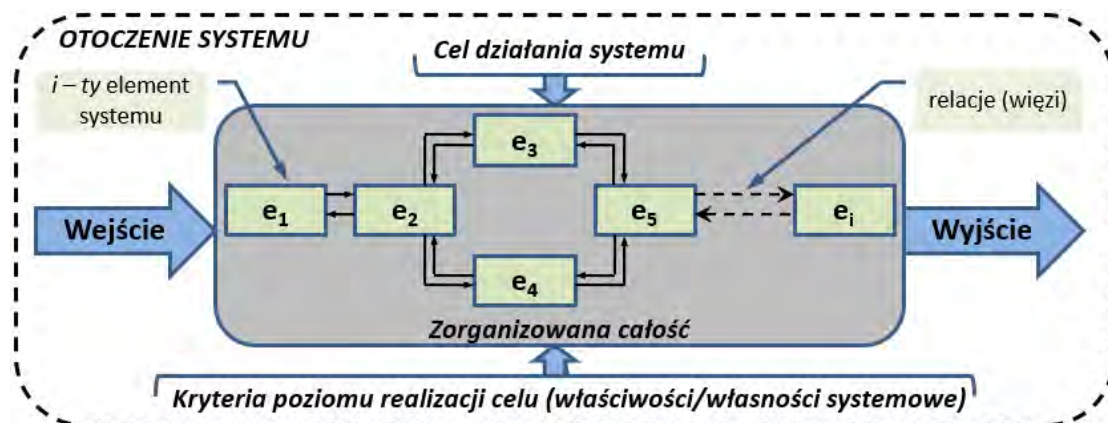
W dobie zintensyfikowanego rozwoju transportu kolejowego (głównie pasażerskiego) oraz koniecznością dostosowywania infrastruktury do jednolitych, europejskich wymagań w celu zapewnienia swobodnego przepływu osób, usług, towarów i kapitału coraz większym zainteresowaniem międzynarodowym obejmowane są kolejowe rejony przeładunkowe, zlokalizowane w przebiegu najważniejszych, transgranicznych korytarzy transportowych. Dynamiczna zmiana na przestrzeni lat struktury przewożonych ładunków ukierunkowana na konteneryzację przewozów i/lub poszukiwanie alternatywnych wymiarów intermodalności z wykorzystaniem transportu kolejowego stała się bezpośrednią determinantą wzrostu znaczenia gospodarczego takich obszarów. Z uwagi na występujące korelacje, złożoność infrastrukturalną oraz styk interesów wielu Podmiotów, podejście systemowe można przyjąć jako bazową i skuteczną formę opisu sposobu funkcjonowania każdego złożonego obiektu technicznego (kolejowego rejonu przeładunkowego). W wyniku takiej analizy dostrzega się, że wskazane rodzaje systemów na sieci transportowej kraju mogą być obciążane szeregiem czynników ograniczających ich zdolność przepustową, która powinna nadążać wraz z rosnącą podażą ładunków towarów. Mowa tutaj o intensyfikacji wymiany handlowej, realizowanej w ciągu *Nowego Jedwabnego Szlaku*, a co za tym idzie potrzebie identyfikowania i rozwoju rejonów przeładunkowych na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm. Jako konkretny przykład takiego systemu w sposób szczególny wpisuje się rejon przeładunkowy Małaszewicze.

Z uwagi na specyfikę funkcjonowania, rozbudowa/modernizacja rejonu przeładunkowego na styku systemów 1435/1520 mm celem osiągnięcia przez niego docelowej zdolności przepustowej to przedsięwzięcie wielobranżowe, definiowane szeregiem wymagań formalno – prawnych. W ruchu kolejowym problem ten należy rozpatrywać całościowo, z uwzględnieniem komplementarności wszystkich branż oraz z zachowaniem standardów interoperacyjności, których stosowalność wobec takich

systemów wydaje się być niejednoznaczna, a z pewnością niepraktykowana na tak dużą skalę, jak w przypadku kolejowych inwestycji liniowych.

2. Istota funkcjonowania kolejowego rejonu przeładunkowego w ujęciu systemowym

Kolejowe rejon przeładunkowe to złożone systemy działania wyodrębniane na sieci transportowej, których funkcjonowanie determinowane jest zachowaniem się obiektów technicznych tworzących ich strukturę. W istocie, z naukowego punktu widzenia przez obiekt techniczny należy rozumieć tutaj zespół systemów, maszyn, urządzeń i ludzi, związanych ze sobą zarówno w sensie strukturalnym, jak i funkcjonalnym i mający do wykonania ściśle określone zadanie w ciągu zadanego czasu pracy w dokładnie sprecyzowanych warunkach zewnętrznych¹. Interpretując powyższe, kolejowy rejon przeładunkowy to pewna zorganizowana całość, która może być definiowana poprzez identyfikację jej elementów wejścia/wyjścia, celów działania systemu (rejonu) oraz kryteriów poziomu ich realizacji (właściwości/własności systemowe).



Rys. 1 Cybernetyczny model kolejowego rejonu przeładunkowego jako systemu działania
 Źródło: opracowanie własne

Dokonując analizy uproszczonego, cybernetycznego modelu kolejowego rejonu przeładunkowego (Rys. 1) w ujęciu analitycznym można wykazać, że na wymieniane komponenty składają się przede wszystkim [22]:

- 1) **elementy wejściowe:** kapitał (przeznaczany na eksploatację i utrzymanie obiektów technicznych), pracownicy (m.in. obsługa posterunków ruchu i terminali, personel utrzymania infrastruktury), infrastruktura (m.in. układy torowe, urządzenia sterowania ruchem kolejowym, sieć trakcyjna i potrzeb nietrakcyjnych, sieć teletechniczna, obiekty inżynierskie, budynki i budowle, urządzenia przeładunkowe

¹ Pihowicz W., *Inżynieria bezpieczeństwa technicznego – problematyka podstawowa*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2008, str. 22

i transportu bliskiego), technologia (w tym przepisy i standardy branżowe według których projektowane są kolejowe obiekty techniczne) oraz zasoby (m.in. informacyjne, energetyczne, materialne),

- 2) **cel działania:** identyfikowany jako dążenie do osiągnięcia wymaganego, zakładanego poziomu wskaźników ekonomicznych, jakościowych lub niezawodnościowych,
- 3) **kryteria poziomu realizacji celu (właściwości systemu):** użyteczność (realizacja funkcji podstawowych przez rejon), funkcjonalność (sposób spełnienia/realizacji funkcji podstawowych), niezawodność (jako miara bezpieczeństwa i sprawności działania), efektywność (koszt osiągnięcia celu, wydajność i przepustowość rejonu przeładunkowego), ryzyko (obraz niepożądanych zdarzeń), jakość (będąca funkcją wymienionych wcześniej właściwości) oraz gotowość, żywotność, kompletność, kompleksowość i synergia systemowa.
- 4) **główny element wyjściowy:** wytworzona przez system (kolejowy rejon przeładunkowy) określona usługa przewozowa/transportowa/przeładunkowa ładunków towarów dostosowana do potrzeb gospodarczych.

Na gruncie powyższych rozważań oraz mając na uwadze specyfikę pracy eksploatacyjnej, kolejowy rejon przeładunkowy można definiować jako obszar koncentracji (na sieci transportowej kraju) infrastruktury służącej do obsługi ruchu towarowego/intermodalnego, która (czynnik wyróżniający) zlokalizowana jest na styku dwóch systemów kolejowych [1]. W istocie, jest to przede wszystkim również rozległa sieć powiązań tworzona przez wytwórców usług podstawowych w rejonie, tj. zarządców infrastruktury kolejowej, przewoźników kolejowych, właścicieli terminali, spedytorów oraz innych uczestników kształtujących proces transportowy, a wchodzących w skład szeroko rozumianego otoczenia rejonu przeładunkowego (polityczno – prawne, społeczno – kulturowe, ekonomiczne, techniczne, międzynarodowe). Ważną właściwością rejonu jako systemu jest w tym ujęciu dążenie do osiągnięcia przez niego zoptymalizowanego poziomu synergii systemowej, który kształtowany jest przez spójne działania uczestników procesu transportowego – a zwłaszcza tych (Rys. 2), których codzienna działalność i sposób organizacji pracy ma wpływ na efektywność obszaru i jego przepustowość.



Rys. 2 Koordynacja działań w obrębie kolejowego rejonu przeładunkowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [6]

Zgodnie z Ustawą o transporcie kolejowym, zarządca infrastruktury kolejowej to podmiot odpowiedzialny za zarządzanie infrastrukturą kolejową, jej eksploatację, utrzymanie, odnowienie lub udział w rozwoju tej infrastruktury, a w przypadku budowy nowej infrastruktury, podmiot, który przystąpił do jej budowy w charakterze inwestora.², natomiast przewoźnik kolejowy to przedsiębiorca uprawniony na podstawie licencji do wykonywania przewozów kolejowych lub świadczenia usługi trakcyjnej lub podmiot wykonujący przewozy na infrastrukturze kolei wąskotorowej³. Zdefiniowane wprost, główne rodzaje Podmiotów funkcjonujących w obrębie każdego kolejowego rejonu przeładunkowego stanowią w istocie podstawę możliwości prowadzenia działalności przez zespoły bocznic i terminali z infrastrukturą o różnym rozstawie szyn, strukturze ładunków oraz technologii pracy (w tym z uwzględnieniem czynnika interoperacyjności) [23].

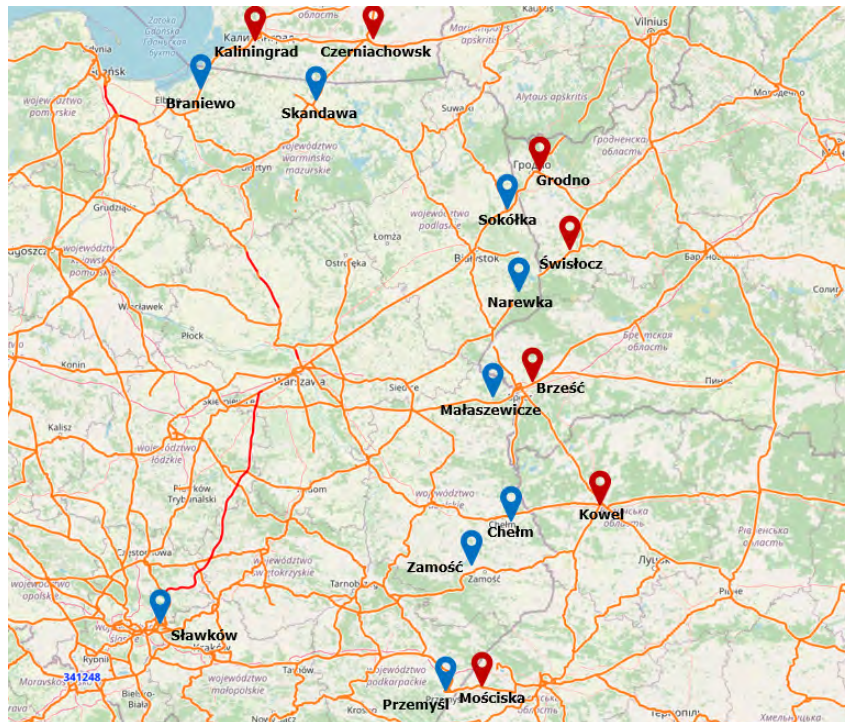
3. Znaczenie gospodarcze kolejowych rejonów przeładunkowych

Udział i znaczenie kolejowych rejonów przeładunkowych na styku systemów 1435/1520 mm w systemie logistycznym poszczególnych państw ulegał na przestrzeni lat dynamicznym przeobrażeniom. Nasilony rozwój tej infrastruktury nastąpił w XX wieku jako dedykowanej dla potrzeb wojskowych, a następnie przemysłowych (hutnictwo) z doprowadzaniem układów szerokotorowych do zakładów metalurgicznych [1]. Współcześnie, w Europie Środkowo – Wschodniej (w tym na wschodniej ścianie Unii Europejskiej) identyfikuje się kilkadziesiąt takich systemów kolejowych, z których część

² Ustawa o transporcie kolejowym (Dz. U. 2020r., poz. 1043), Rozdział 1, Art. 4 ust. 7

³ Tamże, Rozdział 1, Art. 4, ust. 9

jest nieczynna lub nieprzystosowana technicznie do narastających potrzeb gospodarczych i trendu konteneryzacji przewozów.



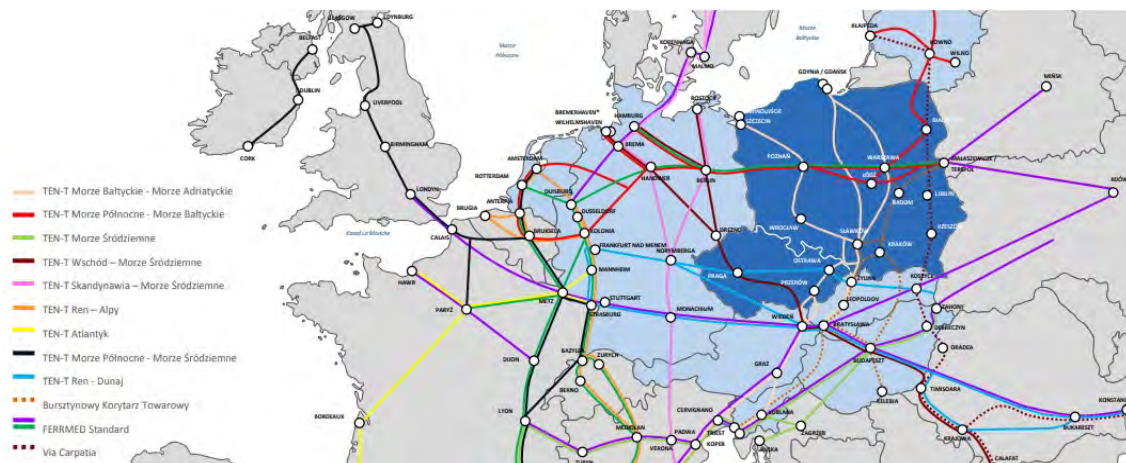
Rys. 3 Wybrane rejonry przeładunkowe na styku systemów 1435/1520 mm wzdłuż polskiej granicy

Źródło: opracowanie własne

W Polsce, z racji największego zagregowania bocznic i terminali (w tym częściowo kontenerowych) i samego rozmiaru infrastruktury kolejowej szczególną uwagę należy zwrócić na rejonry przeładunkowe zlokalizowane w Braniewie (11), Przemyski – Medyka (9) [1], Małaszewiczach (21) oraz Linie Hutniczą Szerokotorową LHS (11) [1]. Według danych ogólnych publikowanych przez Urząd Transportu Kolejowego [20], w strukturze realizowanych przewozów w Polsce główne grupy stanowią węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa oraz gaz ziemny (blisko 40% udział w rynku). W pozostałym zakresie transportowane są zwłaszcza rudy metali, pozostałe produkty górnictwa i kopalnictwa, koks, brykiety oraz produkty rafinacji ropy naftowej. Dzięki strategicznemu położeniu, Polska ma szansę stać się ważnym punktem w przebiegu *Nowego Jedwabnego Szlaku*, będącym ideą odtworzenia dróg handlowych, łączących Kraj Środka z Europą i Bliskim Wschodem. W związku z tym o konieczności rozwoju kolejowych rejonów przeładunkowych świadczy (odnotowywany na przestrzeni lat) bardzo dynamiczny wzrost przewozów intermodalnych (z 404 tys. ton w 2014r. do 19 509 tys. ton w 2019r.) [20], który jest wynikiem usytuowania kraju w ciągu najważniejszych korytarzy transportowych (Rys. 4). Ustanowienie tych korytarzy (sieć bazowa TEN-T) było determinowane potrzebą efektywniejszego implementowania sieci, a co za tym idzie

przyspieszania prac nad projektami, które w wymiarze europejskim posiadają największą gospodarczą wartość dodaną [10]. Dla transportu kolejowego jako kluczowy wskazuje się [15]:

- 1) korytarz RFC5 Morze Bałtyckie – Morze Adriatyckie (oś północ – południe) zaczynający się w Gdyni i przebiegający przez Tczew, Bydgoszcz, Warszawę, Katowice, Ostrawę, Wiedeń, Triest do Rawenny,
- 2) korytarz RFC8 Morze Północne – Morze Bałtyckie łączący Bremerhaven, Amsterdam, Rotterdam/Antwerpię przez Berlin, Warszawę i Terespol z Kownem na Litwie. Korytarz ten realizuje przewóz towarów z Chin do Europy Zachodniej oraz,
- 3) bursztynowy korytarz towarowy RFC11 łączący Polskę, Słowację, Węgry i Słowenię z granicą białoruską w Terespole – przebiegający przez stolice i duże centra przemysłowe.



Rys. 4 Identyfikacja kluczowych europejskich szlaków kolejowych
Źródło: [7]

Jak wynika z danych [7] publikowanych przez największego polskiego przewoźnika kolejowego – Spółkę PKP CARGO S.A. przepływ transportowanych towarów na *Nowym Jedwabnym Szlaku* z wykorzystaniem terminali kontenerowych odbywa się głównie w relacjach granicznych Braniewo – Mamonovo, Kuźnica – Bruzgi, Czeremcha – Vyskolitovsk, Siemianówka – Świśtocz, Terespol – Brest, Hrubieszów – Izov oraz Medyka – Mostiska. Wskazuje się przy tym wyszczególnieniu, że rejon przeładunkowy Małaszewicze to największy suchy port w Europie obsługujący 94% pociągów kontenerowych w ramach tego szlaku oraz główny punkt wpisany w przebieg korytarza RFC8 Morze Północne – Morze Bałtyckie.



Rys. 5 Usytuowanie Polski w przebiegu Nowego Jedwabnego Szlaku
Źródło: [8]

Według badań [4] przeprowadzonych przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych – współcześnie, o wyborze lokalizacji terminala intermodalnego decyduje głównie możliwość zapewnienia jego dostępu do sieci kolejowej. Taka tendencja jest prawidłowa z uwagi na rosnącą podaż i zmieniającą się strukturę ładunków, jednakże badania wskazują także na występowanie bardzo istotnych barier koniunkturalnych oraz rozwojowych wynikających głównie z niewystarczającej przepustowości infrastruktury kolejowej na przejściach granicznych oraz braku dostatecznej ilości taboru kolejowego. W tym sensie, rośnie samo znaczenie kolejowych rejonów przeładunkowych, których rozbudowa wpisuje się w projekty określane mianem flagowych dla gospodarki kraju i rozwoju transportu intermodalnego [4]:

- 1) projekt flagowy nr 1 „eksport – import”: rozwój przewozów w korytarzach RFC5, RFC8 i RFC11 (działanie: eliminacja ograniczeń w stacjach węzłowych),
- 2) projekt flagowy nr 2 „wąskie gardła”: eliminacja wąskich gardła na sieci kolejowej poprzez poprawę jej parametrów techniczno – eksploatacyjnych (w tym zapewnienie możliwości przyjmowania dłuższych składów ze zwiększonym naciskiem na oś),
- 3) projekt flagowy nr 3 „tranzyt”: przeniesienie części tranzytu z transportu drogowego na kolejowy na trasach Białoruś – Polska – Niemcy, Litwa – Polska – Niemcy oraz w kierunkach wschód – południe i północ – południe,
- 4) **projekt flagowy nr 4 „Polska wschodnia”**: wykorzystanie strategicznej lokalizacji geograficznej kraju jako bramy Unii Europejskiej (wzrost ładunków przeładowywanych i odprawianych na terenie kraju). Kluczowym działaniem

jest dążenie do zwiększenia potencjału kolejowych rejonów przeładunkowych o rozstawie szyn 1435/1520 mm.

4. Czynniki ograniczające zdolność przepustową kolejowych rejonów przeładunkowych

Potrzeba rozbudowy kolejowych rejonów przeładunkowych celem dostosowania ich do rosnących potrzeb gospodarczych związana jest wprost ze zjawiskiem ograniczonej zdolności przepustowej. Zdolność tę definiuje się jako *maksymalną liczbę pociągów lub par pociągów, która może w sposób płynny przejechać po analizowanej linii kolejowej w ciągu określonego czasu – zazwyczaj doby*⁴. Czynnikiem ograniczającym ten parametr może być wiele, jednakże wśród kluczowych wymienia się charakterystykę techniczno – eksploatacyjną rejonów (m.in. prędkość maksymalna, liczba i układ torów, ograniczenia prędkości, rodzaj urządzeń sterowania ruchem kolejowym), charakterystykę pojazdów trakcyjnych (w tym dostępność taboru) oraz charakterystykę i zdolność przeładunkową terminali. Efektywność pracy kolejowego rejonu przeładunkowego wynika także wprost ze stanu infrastruktury, jak również rodzaju i typu zabudowanych obiektów technicznych. Jako ważne czynniki traktuje się występowanie ograniczeń w długości wprowadzanych składów, brak możliwości alternatywnego sposobu prowadzenia ruchu kolejowego (np. przy wykorzystaniu mijanek), dostępność torów stacyjnych oraz ograniczenia konstrukcyjne układów torowych dla możliwości wjazdu taboru ze zwiększonym naciskiem na oś – co w szczególności dotyczy układów szerokotorowych [4].

Tabela 1 Wybrane czynniki ograniczające przepustowość kolejowych rejonów przeładunkowych

Lp.	Czynnik	Skutek
1.	niewydolny i przestarzały system sterowania ruchem kolejowym lub jego brak (w szczególności brak zabudowanych stacyjnych i liniowych urządzeń srk)	ograniczone możliwości wyprawiania pociągów w kierunku bocznic oraz terminali (bardzo duży interwał pomiędzy kolejnymi pociągami), długotrwałe układanie dróg przebiegu, prowadzenie ruchu na podstawie zapowiadania telefonicznego
2.	prowadzenie ruchu pociągów oraz prac manewrowych przez wielu przewoźników	brak płynności w podstawianiu składów na bocznicę i terminale (konieczność oczekiwania na zakończenie obsługi przez danego przewoźnika)
3.	brak możliwości przyjmowania składów o długości powyżej 750m oraz naciskiem 245kN/oś	konieczność dzielenia składów lub oddanie inicjatywy prowadzenia przeładunków przez inny rejon przeładunkowy (poza granicami kraju)

⁴ Jacyna M. i inni, *Organizacja ruchu kolejowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2019r., str. 142

Lp.	Czynnik	Skutek
4.	koncentracja na jednej stacji całości pracy związanej z zestawieniem oraz rozformowaniem pociągów z/na sieć kolei państwa sąsiedniego oraz pociągów i składów manewrowych do obsługi bocznic i terminali	wydłużony czas na przyjęcie i wyprawienie pociągów na sieć kolejową kraju z uwagi na konieczność wykonywania czynności zdawczo – odbiorczych i granicznych na jednej stacji
5.	duża ilość posterunków ruchu biorąca udział w układaniu dróg przebiegu	czasochłonna praca eksploatacyjna na gruncie
6.	osiąganie przez poszczególne stacje graniczne maksymalnej zdolności przepustowej	brak możliwości podłączania kolejnych terminali, utrudniony rozwój gospodarczy regionu
7.	brak w obrębie terminali torów zdawczo – odbiorczych o docelowej długości lub brak wystarczającej zdolności przeładunkowej	konieczność prowadzenia manewrów w stacjach z przeciążaniem górek rozrządowych i torów wyciągowych
8.	niejednorodność składów towarowych	konieczność prowadzenia długotrwałych operacji rozrządowych np. dodatkowo przy przestarzałym systemie sterowania ruchem kolejowym (srk)
9.	niedostateczna długość torów wyciągowych	brak możliwości podstawiania składów całopociągowych do obsługi terminali
10.	bardzo duże obciążenie istniejącej infrastruktury torowej potokiem ruchu	częstsze i szybsze zużywanie się elementów nawierzchniowych (dokonywanie zamknięć torowych)
11.	usytuowanie torów szlakowych w sąsiedztwie frontów ładunkowych	ograniczenia prędkości, brak płynności prowadzenia ruchu kolejowego, obniżenie poziomu bezpieczeństwa

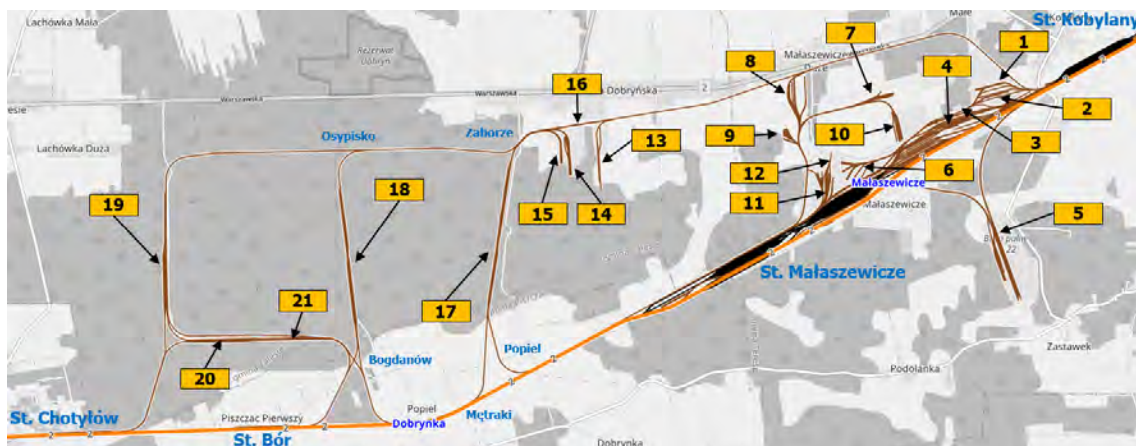
Źródło: opracowanie własne

W większości przypadków poprawa zdolności przepustowej może być wyłącznie wynikiem prac modernizacyjnych, a z uwagi na występujące korelacje wielopodmiotowe (patrz: rozdział 2) jest zadaniem skomplikowanym i wielobranżowym zarówno na płaszczyźnie infrastrukturalnej, taborowej oraz instytucjonalnej.

5. Krajowy przykład koncepcji rozbudowy strategicznego rejonu przeładunkowego

Przykładem rejonu o bardzo dużym potencjale rozwojowym z uwagi na strategiczne położenie na mapie Europy (wschodnia brama Unii Europejskiej) jest rejon przeładunkowy Małaszewicze. To obszar kolejowy zlokalizowany w obrębie przejścia granicznego Brześć – Terespol na obszarze gmin Terespol, Piszczac oraz Zalesie skomunikowany z siecią kolejową kraju poprzez linię (szerokotorowa 1520 mm) nr 60 Kobylany – Terespol oraz (normalnotorowa 1435 mm) nr 2 Warszawa – Terespol [2, 14]. Małaszewicze są największym suchym portem przeładunkowym znajdującym się w ciągu korytarza transportowego Morze Północne – Morze Bałtyckie. Infrastrukturalnie, rejon swoim zasięgiem obejmuje stacje Kobylany, Małaszewicze, Chotyłów oraz Bór, jak również wewnętrznie rozbudowaną sieć torów dojazdowych do bocznic i terminali

towarowych/intermodalnych. Obsługę tych terminali po torze szerokim 1520 mm zapewnia Stacja Kobyłany i linia kolejowa nr 450 Kobyłany – Wólka – Kobyłany, natomiast po torze normalnym 1435 mm pozostałe stacje. Połączenie linii kolejowej nr 2 Warszawa – Terespol z układem torowym stacji Małaszewicze realizowane jest przez dwutorową linię nr 865 Magdalenka – Małaszewicze MsC (wjazdy i wyjazdy w kierunku zachodnim), linię nr 866 Magdalenka – Małaszewicze MsR (grupa torów kierunkowo – odjazdowych, wyjazd w kierunku zachodnim) oraz linię nr 867 Małaszewicze MsC – Małaszewicze MsE (wjazdy i wyjazdy w kierunku wschodnim). Połączenie stacji Chotyłów i Bór z linią nr 2 Warszawa – Terespol zapewnia linia nr 906 Chotyłów – Mętraki [2, 14].



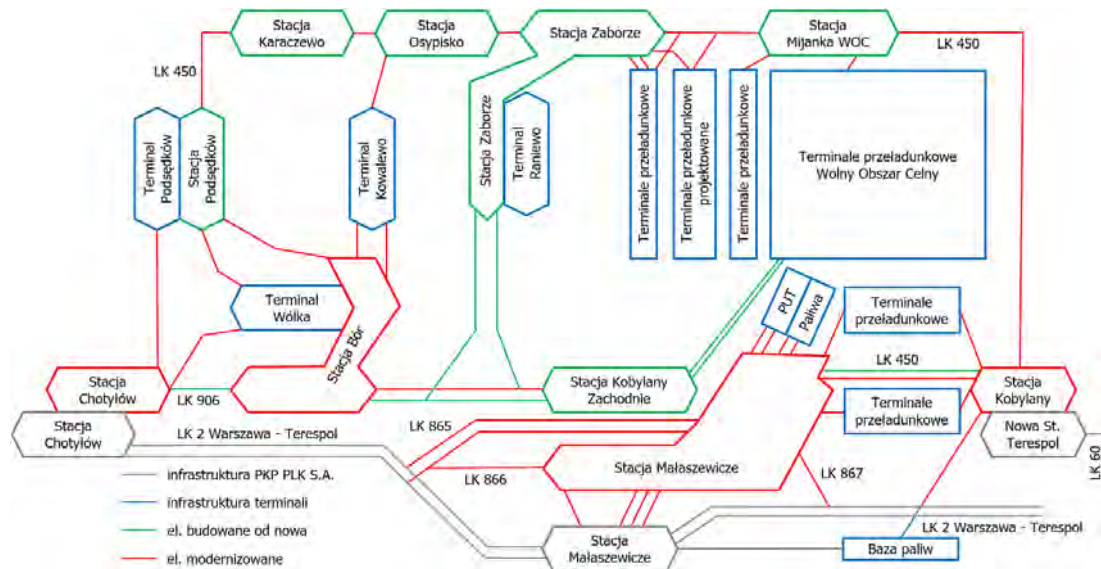
Rys. 6 Rejon Przeładunkowy Małaszewicze – układ stacji i sieć bocznic/terminali
Źródło: opracowanie własne przy wykorzystaniu [9]

Łączna długość torów 1435 mm i 1520 mm zarządzanych bezpośrednio przez Zarządcę Infrastruktury Kolejowej w rejonie przeładunkowym Małaszewicze wynosi ~ 155 km (w tym 39,869 km o statusie linii kolejowej, gdzie 28,515 km to linia kolejowa 1520 mm) [2, 3]. Na wymienianym układzie torowym zabudowanych jest ~ 270 rozjazdów (zwykajnych i krzyżowych), kilkadziesiąt przejazdów kolejowo – drogowych (kat. A, D i F), zespoły budynków, budowli i obiektów inżynierskich (mosty, wiadukty), a część układu torowego jest również zelektryfikowana. Cały rejon przeładunkowy sterowany jest przy wykorzystaniu stacyjnych urządzeń mechanicznych scentralizowanych lub kluczowych z sygnalizacją świetlną/kształtową, natomiast ruch na szlakach odbywa się za pomocą zapowiadania telefonicznego lub przy wykorzystaniu półsamoczynnych blokad elektromechanicznych. W istocie, infrastruktura ta jest przeznaczona do obsługi następujących terminali przeładunkowych, paliwowych oraz intermodalnych (Rys. 6):

- ✓ (1) Terminal AGROSTOP Sp. z o.o. (przeładunek kontenerów, paliw, gazu, parafiny),
- ✓ (2) Punkt Odpraw Weterynaryjnych, Sanitarnych, Fitosanitarnych i Celnych w Kobylanach, zarządzany przez Lubelski Zarząd Obsługi Przejść Granicznych,
- ✓ PKP CARGO Terminale Sp. z o.o. (3) terminal kontenerowy (przeładunki kontenerów), (4) terminal uniwersalny (przeładunek ładunków masowych oraz sztukowych), (17) terminal Raniewo (przeładunek ładunków masowych luzem – węgiel, drewno, zrębka), (18) terminal Kowalewo (przeładunek ładunków sypkich – ziarno, nawozy) oraz (19) terminal Podsędków (przeładunek ładunków masowych luzem – węgiel, drewno, zrębka, rudy żelaza).
- ✓ (5) PERN S.A. (przeładunek paliw i olejów, magazynowanie, badania laboratoryjne),
- ✓ (6) P.H.U.B. TRASA Sp. z o.o. Terminal Aleksandra (przeładunek ładunków masowych oraz gazów płynnych propan, butan, propan – butan),
- ✓ (7) Terminal ADAMPOL S.A. (usługi przewozowe, magazynowe, składowe – skład celny oraz przeładunek kontenerów),
- ✓ (8) Terminal EUROPORT Sp. z o.o. (składowanie i przeładunek kontenerów, naczep samochodowych oraz nadwozi wymiennych w różnych relacjach przeładunkowych),
- ✓ (9) INBAP Terminal (przeładunek parafiny i paliw ciekłych oraz ładunków masowych),
- ✓ (10) Terminal GASPOL S.A. (przeładunek gazów skroplonych),
- ✓ (11) Punkt utrzymania taboru PKP CARGO S.A. Centralny Zakład Spółki,
- ✓ (12) PKP ENERGETYKA S.A. Oddział w Warszawie – Paliwa (kolejowa stacja paliw),
- ✓ PKP CARGO CONNECT Sp. z o.o. (13) terminal Zaborze oraz (21) terminal Wólka (przeładunki ładunków sypkich i towarów masowych),
- ✓ (14) Terminal Bialchem Group Sp. z o.o. (import gazu, nawozów mineralnych, cementu oraz węgla kamiennego z krajów WNP),
- ✓ (15) Terminal AMERIGAS Polska Sp. z o.o. (import oraz dystrybucja gazu),
- ✓ (16) Terminal FERTIZ S.A. (import oraz dystrybucja węgla),
- ✓ (20) Terminal Gazów Skroplonych TRANSGAZ S.A. (przeładunek gazów skroplonych oraz wyrobów petrochemicznych).

Z uwagi na potrzebę podniesienia zdolności przepustowej kolejowego przejścia granicznego Brześć – Terespol do 55 par składów pociągów na dobę po torze 1520 mm

wyduje się, że ponadnarodowego znaczenia gospodarczego nabiera projekt pn. *Modernizacja infrastruktury kolejowej w Rejonie Przeładunkowym Małaszewicze korytarza nr 8 linii towarowych na granicy UE z Białorusią – prace studyjne* [6].



Rys. 7 Uproszczony, planowany stan docelowy rejonu przeładunkowego Małaszewicze
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [6]

Przedstawiany przez Zarządcę Infrastruktury Kolejowej stan docelowy rejonu przeładunkowego Małaszewicze zobrazowano na Rys. 7. Wynika z niego, że osiągnięcie projektowanej zdolności przepustowej wymaga podejścia systemowego, zakładającego gruntowną modernizację infrastruktury kolejowej, a co za tym idzie reorganizację procesów zachodzących w rejonie. Takie przedsięwzięcie będzie wielobranżowe, gdyż zakłada się w nim m.in. implementację nowoczesnego systemu sterowania ruchem kolejowym (srk), całkowitą przebudowę układów torowych z przystosowaniem ich do nacisków 245 kN/oś (po torze 1520 mm) i możliwości przyjmowania składów o długości 1050m, przygotowanie infrastruktury pod ewentualną przyszłą zabudowę alternatywnych systemów intermodalności (np. system wymiany wózków), stworzenie zaplecza technicznego z pełnym wyposażeniem do utrzymania infrastruktury kolejowej oraz budowę potencjału magazynowo – składowego [6]. To założenie wymaga z kolei konieczności dokonania przebudowy wszystkich istniejących stacji w rejonie wraz z budową nowych, ponownego zaprojektowania i wydzielenia okręgów nastawczych i budowy nowych nastawni, budowy i/lub przebudowy dróg, przejazdów kolejowo – drogowych, obiektów inżynierskich (mosty, przepusty, wiadukty), sieci: trakcyjnej, teletechnicznej elektroenergetycznej, sanitarnej, wodociągowej oraz

oświetleniowej, jak również budowy nowych budynków administracyjnych, zaplecza technicznego i warsztatowego.

Tabela 2 Planowany zakres przebudowy rejonu przetładunkowego Małaszewicze – wybrane aspekty

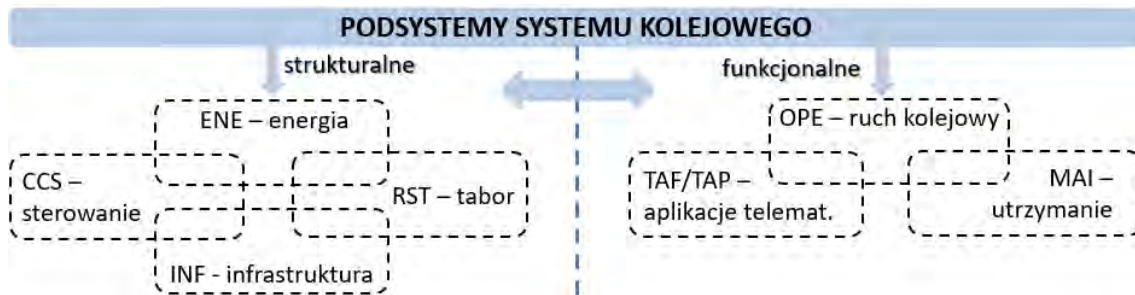
Branża	Cecha	j.m.	Wartość
torowa	długość torów 1435/1520 mm	km	186,91
	rozjazdy i skrzyżowania torów	szt.	392
	wagi wagonowe	szt.	3
sterowanie ruchem kolejowym (srk)	zmiana typu urządzeń na przekaźnikowe (z pulpitem kostkowym lub komputerowym) lub komputerowe, budowa LCS Małaszewicze oraz CUiD (Centrum Utrzymania i Diagnostyki)		
sieć trakcyjna	długość sieci trakcyjnej nad układem 1435 mm	km	78,40
sieci telekomunikacyjne	długość sieci teletechnicznej	km	90,00
sieci elektroenergetyczne	długość sieci oświetleniowych	km	50,57
	długość sieci zasilających średniego napięcia	km	1,10
	długość sieci EOR i pozostałych niskiego napięcia	km	99,99
	liczba stacji transformatorowych	szt.	1
architektura	liczba budynków (w tym nastawni)	szt.	21
obiekty inżynierskie	mosty	szt.	2
	przepusty kolejowo i drogowe	szt.	41
	wiadukty	szt.	2
układy drogowe i place	liczba przejazdów kolejowo - drogowych	szt.	36
	długość odcinków dróg	km	7,41
	powierzchnia placów	m ²	40 320
sieci sanitarne	długość sieci sanitarnych (kanalizacja sanitarna i deszczowa, drenaż francuski, wodociąg, gazociąg)	km	124
	podziemne zbiorniki wody ppoż.	szt.	7
	liczba przepompowni	szt.	5
	liczba zbiorników retencyjno - rozsączających	szt.	10

Źródło: [6]

6. Wielobranżowość projektowa w kontekście wymagań interoperacyjności

W kontekście procesu modernizacji infrastruktury rejonów przetładunkowych na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm na szczególną uwagę zasługują wymagania definiowane przez Dyrektywę 2016/797 z dnia 11.05.2016r. w sprawie *interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej*. Wymieniony akt prawny porządkuje i definiuje spójne oraz jednolite dla wszystkich krajów UE wytyczne dotyczące w szczególności projektowania, budowy, dopuszczenia do eksploatacji, modernizacji, odnowienia, eksploatacji i utrzymania określonego podsystemu [12]. Wiąże się z tym, że system kolejowy w sposób komplementarny musi spełniać warunki określone mianem *zasadniczych wymagań* wśród których wymienia się bezpieczeństwo, niezawodność i dostępność, zdrowie, ochrona środowiska naturalnego, zgodność techniczna oraz dostępność. Zrealizowana przez Dyrektywę dekompozycja tego systemu pozwoliła

na jego skuteczny podział na podsystemy o charakterze funkcjonalnym (ruch kolejowy, aplikacje telematyczne, utrzymanie) i strukturalnym (infrastruktura, energia, sterowanie – warstwa przytorowa i pokładowa, tabor) w odniesieniu do których przeprowadza się ocenę zgodności z zasadniczymi wymaganiami [11]. Z punktu widzenia przedmiotu analizy, rozważania w tej części odnoszą się do podsystemów INF – infrastruktura, CCS – sterowanie: urządzenia przytorowe oraz ENE – energia.



Rys. 8 Podsystemy systemu kolejowego – strukturalne i funkcjonalne

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5, 12]

Interoperacyjność trzech zasadniczych podsystemów strukturalnych (infrastruktura, sterowanie, energia) określana jest przez pryzmat składników interoperacyjności. Są to wszelkie elementarne składniki, grupy części składowych, podzespoły lub pełne zespoły sprzętowe, włączone lub mające być włączone do podsystemu (...) ⁵ wśród których wyróżnia się:

- 1) CCS – sterowanie: urządzenia przytorowe (RBC – Radio Block Centre, urządzenia do radiowego przesyłania informacji uaktualniających, eurobalisa, europętla, eurobalisa LEU, europętla LEU) [18],
- 2) ENE – energia (sieć trakcyjna: układ przewodów przeprowadzanych nad torami kolejowymi wraz z oprzyrządowaniem, izolatory liniowe oraz inne elementy dołączone jak przewody zasilające i zwory) [19],
- 3) INF – infrastruktura (szyna, system przytwierdzeń, podkłady) [17].

Z uwagi na fakt, że najistotniejsze gospodarczo rejonu przeładunkowe na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm zlokalizowane są w ciągu głównych korytarzy transportowych ustanowionych przez Rozporządzenie 1316/2013 [16] to mogą one w tym wymiarze zaliczać się do infrastruktury transportu kolejowego jako *terminale towarowe i platformy logistyczne do przeładunku towarów w ramach transportu kolejowego*

⁵ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej, Art. 2 pkt 7

a innymi rodzajami transportu⁶ (dodatkowo również – Rozporządzenie 1315/2013 [15] włącza bocznicę kolejową jako integralną część sieci transeuropejskiej). Dyrektywa [5] na poziomie ogólnym definiuje sieć jako *linie, stacje, terminale i wszystkie rodzaje stałego wyposażenia niezbędne do zapewnienia bezpiecznej i ciągłej eksploatacji systemu kolei w Unii*⁷, do której zalicza się m.in. *towarowe centra logistyczne łącznie z terminalami intermodalnymi*⁸, jak również *linie łączące powyższe elementy*⁹. Przedstawiona interpretacja pozwala na wniosek, że proces szeroko rozumianej rozbudowy kolejowych rejonów przeładunkowych podlega wprost obowiązkowi stosowalności Dyrektywy [5], co najmniej w odniesieniu do bazowych podsystemów strukturalnych. Zakres stosowania (w tym wydaje się, że niejednoznaczny w interpretacji dla podsystemu sterowanie) na dalszym stopniu dekompozycji potwierdzają wymagania opisane w poszczególnych technicznych specyfikacjach interoperacyjności (TSI).

Tabela 3 Zakres stosowania technicznych specyfikacji interoperacyjności w kontekście rejonów przeładunkowych na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm

Podsystem	Rozporządzenie	Zakres stosowania TSI
Infrastruktura	1299/2014 z dnia 18.11.2014r. (TSI Infrastruktura)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Art. 2 ust. 1: Niniejsze TSI mają zastosowanie do całości nowego, modernizowanego lub odnawianego podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej zdefiniowanego w pkt 2.1 załącznika II do Dyrektywy 2016/797 tj. tory, rozjazdy, przejazdy, obiekty inżynieryjne (mosty, tunele itd.), elementy stacji związane z koleją, urządzenia bezpieczeństwa i urządzenia ochronne, ✓ Art. 2 ust. 5: TSI stosuje się do sieci o następujących nominalnych szerokościach toru: 1435 mm, 1520 mm, 1524 mm, 1600 mm, 1668 mm.
Energia	1301/2014 z dnia 18.11.2014r. (TSI Energia)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Art. 2 ust. 1: TSI stosuje się do wszystkich nowych, modernizowanych lub odnawianych podsystemów „Energia” systemu kolei w Unii Europejskiej zdefiniowanego w pkt 2.2 załącznika II do dyrektywy 2016/797, tj. system elektryfikacji, w tym linie napowietrzne oraz przytorowa część systemu pomiaru zużycia energii elektrycznej i obciążania za nią. ✓ Art. 2 ust. 5: TSI stosuje się do sieci o następujących nominalnych szerokościach toru: 1435 mm, 1520 mm, 1524 mm, 1600 mm, 1668 mm.
Podsystem	Rozporządzenie	Zakres stosowania TSI
Sterowanie – urządzenia przytorowe	2016/919 z dnia 27.05.2016r. (TSI Sterowanie)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Art. 2 ust. 1: Niniejsza specyfikacja ma zastosowanie do wszystkich nowych, modernizowanych lub odnowionych podsystemów „Sterowanie – urządzenia przytorowe” (...) systemu kolejowego,

⁶ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylające decyzję nr 661/2010/UE, Art. 11, ust. 1, lit. b.

⁷ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej, Art. 2 pkt 4

⁸ Tamże: Załącznik I, pkt 1, lit. h

⁹ Tamże: Załącznik I, pkt 1, lit. i

		<p>jak określono w pkt 2.3 (...) załącznika II do Dyrektywy 2016/797 tj. wszystkie przytorowe urządzenia niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa oraz sterowania ruchem pociągów na sieci.</p> <p>✓ pkt 1.2 Zakres geograficzny: Niniejsza TSI ma zastosowanie do sieci o szerokości toru 1435 mm, 1520 mm, 1524 mm, 1600 mm i 1668 mm. Nie ma ona jednak zastosowania do krótkich odcinków linii na przejściach granicznych o szerokości toru 1520 mm, połączonych z siecią państw trzecich.</p>
--	--	---

Źródło: opracowanie własne na podstawie [17, 18, 19]

Przywołany w Tabeli nr 3 zakres stosowania TSI jednoznacznie wskazuje na konieczność uzyskiwania weryfikacji WE dla podsystemów *Infrastruktura* oraz *Energia* podczas procesu modernizacji rozpatrywanych systemów działania wyodrębnianych na sieci kolejowej. W związku z tym, że TSI CCS w dalszym wyróżnieniu obejmują kilka istotnych części, tj. [18]:

- 1) kontrola pociągu (klasa A tj. bazowo ETCS),
- 2) głosowa łączność radiowa (klasa A tj. bazowo GSM-R),
- 3) radiowa wymiana danych (dla systemu kontroli pociągu klasy A – bazowo GSM-R),
- 4) detekcja pociągów (np. system licznika osi dopuszczony jako składnik interoperacyjności),

to sama skala stosowalności tej technicznej specyfikacji interoperacyjności jest determinowana doбором systemu ETCS/GSM-R, jak również projektowaniem układu kontroli niezajętości torów i rozjazdów z wykorzystaniem (lub nie) systemu licznika osi. Szczególną uwagę przy tym należy zwrócić na wymóg zdefiniowany w Art. 12 ust. 2 lit. a Rozporządzenia 1315/2013 [15], który stanowi, że *Państwa członkowskie zapewnią, aby infrastruktura kolejowa była wyposażona w ERTMS, z wyjątkiem sieci odizolowanych*¹⁰. Jako sieć odizolowaną definiuje się tutaj *sieć kolejową państwa członkowskiego lub jej część o szerokości toru innej od nominalnej normatywnej europejskiej szerokości toru (1435 mm), w przypadku której nie da się uzasadnić niektórych dużych inwestycji infrastrukturalnych pod względem korzyści i kosztów gospodarczych z uwagi na specyficzny charakter tej sieci związany z jej geograficznym oddaleniem lub peryferyjną lokalizacją*¹¹. Można zatem uznać, że infrastruktura kolejowa o rozstawie szyn 1520 mm rozpatrywana jako układ torów kolejowych, leżących przy granicy z państwem trzecim jest poza zakresem geograficznym

¹⁰ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylające decyzję nr 661/2010/UE, Art. 12, ust. 2, lit. a.

¹¹ Tamże: Art. 3 lit. u

stosowania TSI CCS, zabudowa na niej systemu ERTMS (*European Rail Traffic Management System*) nie jest konieczna i fakt ten nie wymaga uzyskiwania odstępstwa. Należy tutaj zwrócić dodatkowo uwagę, że hipotetyczna zabudowa systemu ETCS na układzie 1520 mm oznaczałaby w efekcie brak wykorzystania potencjału urządzeń przytorowych z uwagi na nieprzystosowanie pojazdów trakcyjnych krajów WNP (poza Unią Europejską) do współpracy z systemem. W odniesieniu do infrastruktury normalnotorowej (1435 mm), zabudowanej w obrębie kolejowego rejonu przeładunkowego trzeba uznać, że powinna ona być wyposażona w system ETCS/GSM-R, którego rodzaj i zakres geograficzny będzie zależny od rzeczywistego, przewidywanego w rejonie sposobu prowadzenia ruchu kolejowego (manewry, jazdy pociągowe etc.) – a zwłaszcza przy założeniu, że przyjmowane rozwiązania techniczne nie będą stanowiły nadmiarowości systemu.

7. Podsumowanie

W Polsce, na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm identyfikuje się wiele rejonów przeładunkowych o różnym potencjale. Największym i najlepiej rozwiniętym rejonem na wschodniej granicy Unii Europejskiej są Małaszewicze, położone w ciągu korytarza transportowego Morze Północne – Morze Bałtyckie. W rejonach tych, jako złożonych systemach działania występuje ścisła korelacja pomiędzy wieloma uczestnikami procesu transportowego. Wydaje się, że z uwagi na rozwój *Nowego Jedwabnego Szlaku* następuje nowy, infrastrukturalny trend rozwojowy oraz dążenie poszczególnych państw do uzyskiwania przewagi gospodarczej właśnie z udziałem suchych portów przeładunkowych. W istocie, głównym czynnikiem ograniczającym przepustowość takich miejsc może być w rzeczywistości przestarzała infrastruktura kolejowa oraz niewydolny system sterowania ruchem kolejowym. Dlatego też, sam proces przebudowy należy traktować systemowo – a w niektórych przypadkach wymagana jest budowa wielu elementów od nowa. Na wybranym przykładzie w sposób uproszczony zobrazowano wielobranżowość takiego przedsięwzięcia oraz podkreślono złożoność działań inwestycyjnych w obrębie kolejowych rejonów przeładunkowych z uwagi na konieczność stosowania przepisów według których zapewniana jest interoperacyjność systemu kolejowego. Jest to w rezultacie wyznacznik międzynarodowego charakteru oraz czynnik podkreślający znaczenie gospodarcze rejonów przeładunkowych na styku systemów kolejowych 1435/1520 mm.

W opracowaniu – oprócz wskazywanych pozycji literaturowych, Autor wykorzystał wiedzę i znajomość geograficzną nt. wybranego rejonu przeładunkowego, jak również informacje dostępne na stronach internetowych poszczególnych bocznic i terminali.

Bibliografia

- [1] Bocheński T., *Funkcjonowanie rejonów przeładunkowych na styku sieci kolejowych o rozstawie torów 1435 mm i 1520 mm w Europie*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2017r.,
- [2] CARGOTOR sp. z o.o., *Regulamin obiektu infrastruktury usługowej „Rejon Przeładunkowy Małaszewicze”* (<https://cargotor.com/regulaminy/> - stan na: 20.04.2021r.),
- [3] CARGOTOR sp. z o.o., *Regulamin sieci CARGOTOR sp. z o.o. na rozkład jazdy 2020/2021*, Warszawa 2020r. (<https://cargotor.com/regulaminy/> - stan na: 20.04.2021r.),
- [4] Centrum Unijnych Projektów Transportowych, *Kierunki rozwoju transportu intermodalnego do 2030r. z perspektywą do 2040r.*,
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016r. *w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej*,
- [6] <https://cargotor.com/wp-content/uploads/2021/03/PREZENTACJA-KONSULTACJE-INWESTORSKIE.pdf> (stan na: 15.04.2021r.)
- [7] <https://www.pkpcargo.com/media/998977/190612-prezentacja-dzie%C5%84-inwestora.pdf> (stan na: 16.04.2021r.)
- [8] <https://industrial.pl/aktualnosci/newsy/378-nowy-jedwabny-szlak-z-wiekszym-terminalem-na-transport-z-chin> (stan na: 16.04.2021r.)
- [9] <https://www.openrailwaymap.org/>,
- [10] Jacyna M. i inni, *Organizacja ruchu kolejowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 2019r.,
- [11] Kochan A., Koper E., *Proces certyfikacji podsystemów strukturalnych w świetle regulacji prawnych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej z. 118, Politechnika Warszawska Wydział Transportu, Warszawa 2017r.
- [12] Pawlik M. (red.), *Interoperacyjność systemu kolei unii europejskiej: infrastruktura, sterowanie, energia, tabor. Wymagania europejskie i komplementarne wymagania polskie*, Kurier Kolejowy, Warszawa 2017r.,
- [13] Pihowicz W., *Inżynieria bezpieczeństwa technicznego – problematyka podstawowa*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2008,
- [14] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., *Instrukcja Id-12 Wykaz linii*,
- [15] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013r. *w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylające decyzję nr 661/2010/UE*,

- [16] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 1316/2013 z dnia 11 grudnia 2013r. *ustanawiające instrument „Łącząc Europę”, zmieniające rozporządzenie (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 680/2007 i (WE) nr 67/2010,*
- [17] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014r. *dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej,*
- [18] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 2016/919 z dnia 27 maja 2016r. *w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w Unii Europejskiej,*
- [19] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1301/2014 z dnia 18 listopada 2014r. *w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Energia” systemu kolei w Unii,*
- [20] Urząd Transportu Kolejowego, *Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2019r.,* Warszawa 2020r.,
- [21] Ustawa z dnia 28 marca 2003r. *o transporcie kolejowym* (Dz. U. z 2020r. poz. 1043),
- [22] Zaskórski P. i inni, *Zarządzanie projektami w ujęciu systemowym,* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2015r.,
- [23] Żurkowski A., Pawlik M., *Ruch i przewozy kolejowe. Sterowanie ruchem,* PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2010r.,

URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Dulęba Krzysztof, Kornaszewski Mieczysław

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

1. Wstęp

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk), jako elementy infrastruktury kolejowej zapewniają bezpieczny oraz sprawny ruch pociągów po liniach kolejowych. Od momentu wynalezienia i wdrożenia do eksploatacji kolei aż do dnia dzisiejszego urządzenia srk są stale udoskonalane tak, aby zredukować możliwość wystąpienia sytuacji zagrażających bezpieczeństwu użytkowników transportu kolejowego oraz zwiększyć ergonomię korzystania z tego rodzaju transportu.

Duże wymagania techniczne i organizacyjne stawiane są przed państwem polskim w procesie wdrożenia tzw. kolei dużych prędkości. Koleje dużych prędkości rozwijane cały czas wymagają odpowiednio przygotowanej infrastruktury i najwyższych standardów bezpieczeństwa, a co za tym idzie najnowszych rozwiązań technicznych również w urządzeniach srk. Kolej dużych prędkości (tj. w Polsce prędkości powyżej 200 km/h) odnosi się do całości usługi transportowej i związanej z nią infrastruktury. Według Międzynarodowego Związku Kolejowego UIC za kolej dużej prędkości uważana jest taka, w której pociągi osiągają prędkość handlową powyżej 250 km/h [19].

W Polsce istnieje szczególna potrzeba przystosowania rozwiązań systemów srk m.in. do potrzeb Centralnej Magistrali Kolejowej (CMK) oraz nowopowstających linii kolejowych o znaczeniu międzynarodowym.

Rozwój kolei dużych prędkości powiązany jest również z interoperacyjnością europejskiego transportu kolejowego oraz budową i rozwojem nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym. Państwa członkowskie Unii Europejskiej posiadają systemy kolejowe rozwijające się niezależnie od siebie, w oparciu o różne rozwiązania techniczne. Koncepcja interoperacyjności kolei wśród państw członkowskich Unii Europejskiej obejmuje m.in. redukcję, bądź wyeliminowanie czynności technicznych związanych z przekraczaniem granic państw, np. wymiana lokomotywy, czy załogi ją obsługującej. Wdrożenie interoperacyjności jest procesem długofalowym, w związku z czym nie jest możliwe przeprowadzenie generalnej modernizacji infrastruktury

kolejowej dla wszystkich państw Unii Europejskiej, a sam proces jest stopniowy i rozłożony na wiele lat. Bardzo ważna jest unifikacja wymagań technicznych, które zawarte są w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności, będących europejskimi aktami prawnymi [3,18].

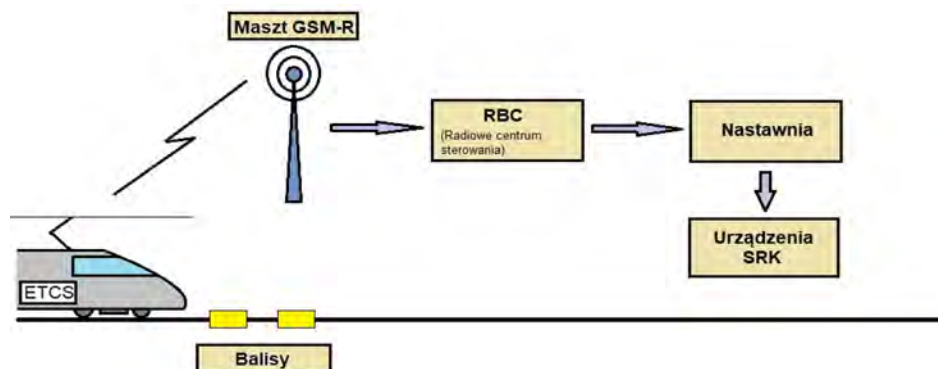
2. Bezpieczne prowadzenie ruchu pociągów z wykorzystaniem systemu ETCS poziom I

2.1. Rozwój systemów ERTMS i ETCS w kierunku bezpiecznego prowadzenia ruchu kolejowego

W wyniku rozwoju koncepcji interoperacyjności kolei państw członkowskich Unii Europejskiej powstał Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS). Stanowi on kluczowy element integralności europejskich systemów kolejowych. Głównym celem wdrożenia systemu ERTMS jest zwiększenie możliwości wykorzystania transportu kolejowego do przewozu towarów (obecnie transport kolejowy w Europie obsługuje ok 15% towarów, a dla przykładu w Stanach Zjednoczonych jest to niemal 30%). Stan obecny transportu kolejowego nie jest atrakcyjny dla podmiotów chcących przemieścić towar przez granice kilku państw europejskich. Problemy z wymianą taboru oraz zróżnicowane systemy kolejowe (m.in. różnice w sterowaniu i zasilaniu) państw nakładają dodatkowe koszty, czego brak jest chociażby w przypadku transportu drogowego. Poza względami ekonomicznymi zaletą zwiększenia aktywności transportu kolejowego mógłby być również wzrost ochrony środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie liczby towarów przewożonych transportem drogowym, a co za tym idzie redukcja liczby ciężkich pojazdów i spalin na drogach [13].

Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS) jest złożonym projektem i obejmuje dwa elementy:

- ETCS – system sterowania ruchem kolejowym,
- GSM-R – system łączności cyfrowej.



Rysunek 18: Ogólny schemat działania systemu ERTMS [opracowanie własne w oparciu o 17]

Początkowo w swoich założeniach system ERTMS obejmował również ETML, tj. system wspólnej warstwy zarządzania pociągami. Jednak w trakcie wdrażania systemu ERTMS, ze względu na zbyt duże zróżnicowanie systemów telematycznych stosowanych w zarządzaniu i sterowaniu ruchem kolejowym, zdecydowano się zaniechać wdrażania modułu ETML. W jego miejsce tymczasowo uruchomiono ogólny interfejs pozwalający na funkcjonalne połączenia między lokalnymi systemami zarządzania. [17]

Do prowadzenia bezpiecznego i sprawnego ruchu pociągów w ramach projektu kolei dużych prędkości wykorzystywany jest Europejski System Sterowania Pociągiem (ETCS). Jako integralny element systemu ERTMS bierze on udział w zwiększeniu interoperacyjności kolei (Rysunek 1). Jego głównym zadaniem jest automatyzacja procesu sterowania pociągami oraz unifikacja systemów europejskich. System ETCS składa się z trzech podstawowych poziomów rozwojowych uwzględniających zróżnicowane technicznie zarządzanie i sterowanie ruchem kolejowym. W Polsce wdrożony został pierwszy poziom systemu na Centralnej Magistrali Kolejowej na odcinku Grodzisk Mazowiecki – Zawiercie (223,8 km), jednak prowadzone są już prace wykończeniowe nad wyposażeniem odcinka Warszawa – Gdańsk (350 km) w ETCS poziomie II. W ramach instalacji tego systemu w torach umieszczono ponad 4100 balis (transponderów), które na bieżąco weryfikują lokalizację i prędkość pociągów oraz wybudowano 54 maszty radiowe, pozwalające na wysyłanie do pociągów sygnałów z 8 LCS-ów (Lokalnych Centrów Sterowania) [12].

2.2. Rozwój Centralnej Magistrali Kolejowej i wyposażenie w urządzenia srk

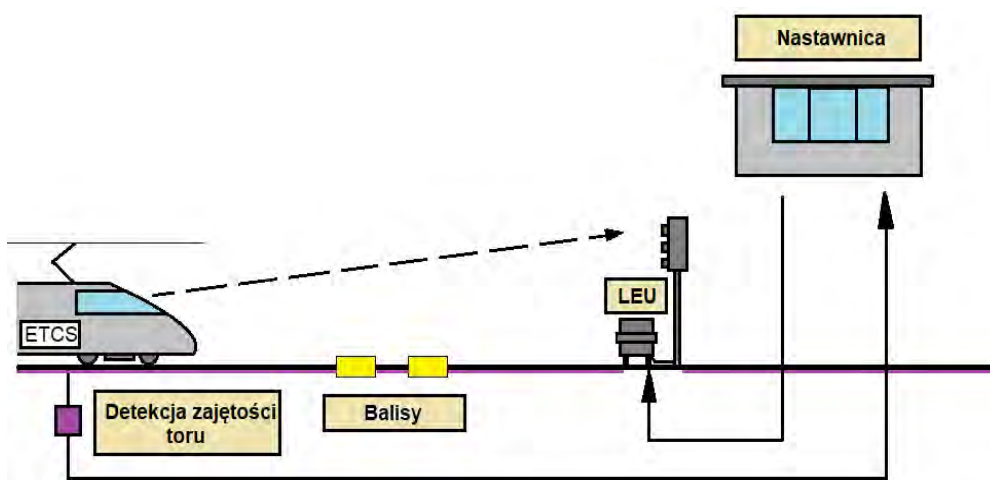
Obecnie najpopularniejszą wdrożoną do użytku publicznego w Polsce linią kolei dużych prędkości wyposażoną w system ETCS poziomu I jest linia kolejowa nr 4, zwana Centralną Magistralą Kolejową (Rysunek 2). Historia CMK sięga lat 70-tych ubiegłego wieku. Już podczas etapowej budowy linia została zelektryfikowana. Na przestrzeni lat, regularnie była modernizowana i przystosowywana do największych prędkości rozkładowych na sieci kolejowej w Polsce. Dziś umożliwia ruch z prędkością maksymalną wynoszącą 200 km/h. Mimo przystosowania do poruszania się z taką prędkością, to jednak istnieją odcinki, gdzie prędkość nie może być rozwinięta do maksymalnej ze względu na występujące tam w poziomie szyn przejazdy kolejowo-drogowe. Obecne prace modernizacyjne zakładają zlikwidowanie przejazdów kolejowo-drogowych oraz po zabezpieczeniu linii, wdrażanie kolejnych większych progów dopuszczalnej prędkości. Będzie się to odbywać wraz z rozwojem i wdrażaniem odpowiednio przystosowanych urządzeń srk [4,16].



Rysunek 19: Przebieg trasy Centralnej Magistrali Kolejowej na odcinku Grodzisk Mazowiecki – Zawiercie [16]

2.3. Wykorzystanie systemu ERTMS/ECTS do prowadzenia ruchu pociągów na Centralnej Magistrali Kolejowej

Jak wspomniano wcześniej, obecnie do bezpiecznego sterowania ruchem pociągów na Centralnej Magistrali Kolejowej zastosowany został Europejski System Sterowania Pociągami – poziom I (Rysunek 3). W ramach tego poziomu tabor kolejowy powinien zostać wyposażony w odpowiednie urządzenia sterujące, które kontrolują prędkość pociągu. Transmisja informacji odbywa się za pomocą rozmieszczonych wewnątrz torów transponderów rejestrujących, zwanych ogólnie balisami (Rysunek 4). Przekazują one zezwolenie na jazdę zależnie od wskazań sygnalizatorów. Maszynista musi więc nieprzerwanie kontrolować sygnały nadawane przez przytorowe sygnalizatory [5].



Rysunek 20: Schemat działania systemu ETCS poziomu I [opracowanie własne w oparciu o 17]

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym stosowane na linii CMK na potrzeby systemu ETCS poziom 1 (prędkości poruszania się pociągów ok. 200 km/h) zostały zmodernizowane i wymienione w większości na wykonane w nowszych technologiach.



Rysunek 21: Współpraca balis rozłożonych na torach z urządzeniami odbiorczymi na pociągu (źródło: Siemens) [24]

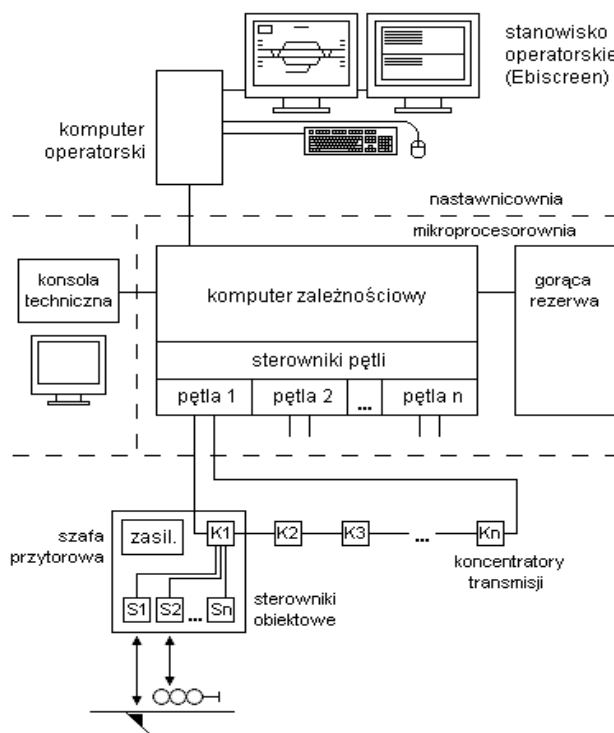
Poniżej przedstawiono charakterystyki wybranych rozwiązań technicznych nowoczesnych systemów i urządzeń srk stosowanych obecnie na Centralnej Magistrali Kolejowej.

2.3.1. Komputerowy system nastawczy

Pierwszym w Polsce komputerowym systemem nastawczym był uruchomiony w 1994 roku Ebilock 850. Pracował on w okręgu stacji Ożarów wchodzącym w skład Centralnej Magistrali Kolejowej. Kolejną wersją rozwojową tego systemu jest Ebilock 950 (Rysunek 5). System opracowany przez Bombardier Transportations ZWUS składa się z trzech warstw: sterowania systemem przez operatora, komputerów zależnościowych wraz ze sterownikami pętli i konsolą techniczną oraz systemu sterowania i kontroli pracy urządzeń zewnętrznych. System Ebilock 950 korzysta z podwójnego układu transmisji i podwójnego komputera zależnościowego. W przypadku uszkodzenia sterowników obiektowych, całość przechodzi w stan bezpieczny, nadając odpowiednie sygnały na kontrolowanych urządzeniach srk. Cała procedura podyktowana jest zachowaniem najwyższych zasad bezpieczeństwa.

Poziom operatorski ulokowany w nastawnicowni wspomagany jest przez podsystem monitorowania stanu linii kolejowych EbiScreen (interfejs pomiędzy operatorem a systemem zależnościowym). Składa się on z monitorów, na których prezentowana jest graficznie sytuacja ruchowa i stan urządzeń wraz z informacjami o awariach i usterkach. EbiScreen może pełnić rolę systemu zdalnego sterowania.

Poziom zależnościowy obejmuje dwa komputery o identycznych właściwościach, lecz jednocześnie pracą steruje tylko jeden, drugi natomiast pracuje równolegle i stanowi gorącą rezerwę. Odbieranie sygnałów odbywa się dwukanałowo z wykorzystaniem oddzielnych programów. W przypadku wystąpienia nieprawidłowości uruchamiany jest drugi komputer, przejmujący funkcje nastawcze.



Rysunek 22: Konfiguracja urządzeń składowych systemu Ebilock 950 z uwzględnieniem poziomów funkcjonalnych [23]

Poziom sterowników obiektowych obejmuje urządzenia zewnętrzne, czyli szafy przytorowe wraz ze sterownikami obiektowymi i koncentratorami transmisji. Koncentratory wymagane są do odbierania pętli transmisyjnych, wraz z informacjami na nich zawartymi. Dla zwiększenia bezpieczeństwa każdy koncentrator połączono z komputerem zależnościowym z dwóch stron, co umożliwia mu dalszą poprawną pracę nawet w przypadku podzielenia pętli (uszkodzenie przewodów).

System nastawczy Ebilock 950 jako system komputerowy może być wykorzystywany do obsługi kolei dużych prędkości. Spełnia on najwyższe standardy techniczne i poziomy bezpieczeństwa oraz charakteryzuje się wysoką niezawodnością. Są to cechy wymagane w przypadku kolei poruszających się z prędkością 200 km/h. Dzięki swojej budowie jest w stanie jako jednostka samodzielnie wykryć błędy i usterki, i natychmiast przekazać taką informację do operatora. Ponadto system jest przygotowany na rozbudowę

i aktualizacje oprogramowania, co czyni go jeszcze bardziej uniwersalnym do zastosowania w transporcie międzynarodowym [23].

2.3.2. Nowoczesny napęd zwrotnicowy typu EbiSwitch 2000

Bezpieczna realizacja procesu transportowego pociągów w ramach projektu kolei dużych prędkości wymaga również zastosowania urządzeń odpowiadających za przestawianie (ruch) zwrotnic i utrzymanie ich w odpowiednim położeniu. Takim urządzeniem jest nierozpruwalny nowoczesny napęd zwrotnicowy typu EbiSwitch 2000 (Rysunek 6). Urządzenie pozwala na użytkowanie rozjazdu nawet przy prędkościach 250 km/h. Pierwsze tego typu napędy zwrotnicowe, dzięki współpracy Grupy KZN Bieżanów i Bombardier Transportation (ZWUS) Polska, wykorzystywane są m.in. na Centralnej Magistrali Kolejowej od 2020 roku. Dzięki sprzężeniu mechanicznym zamknięć nastawczych części zwrotnicowej uzyskuje się sprawną i niezawodną kontrolę położenia iglic przy wykorzystaniu jednego napędu zwrotnicowego. Dodatkową cechą są cztery zamknięcia umiejscowione wzdłuż iglic, dzięki czemu przestawienie zwrotnicy odbywa się w sposób płynny i równoległy. W przypadku awarii zwrotnicę napędzaną przez EbiSwitch 2000 można również przestawić manualnie [10].



Rysunek 23: Widok napędu zwrotnicowego typu EbiSwitch 2000 (Bombardier) [24]

2.4. Charakterystyka nowoczesnego LCS-u w Idzikowicach

Przystosowanie Centralnej Magistrali Kolejowej do prędkości przewyższających aktualne, wymagało budowy nowoczesnej nastawni zdalnego sterowania, tzw. Lokalnego Centrum Sterowania. Jako miejsce tego przedsięwzięcia wybrano stację Idzikowice, która jest największą stacją kolejową zlokalizowaną w strefie Centralnej Magistrali Kolejowej. LCS w Idzikowicach (Rysunek 7) ma za zadanie nadzorować pracę wszystkich posterunków ruchu umiejscowionych w linii CMK. Przebudowę ostatecznie zakończono

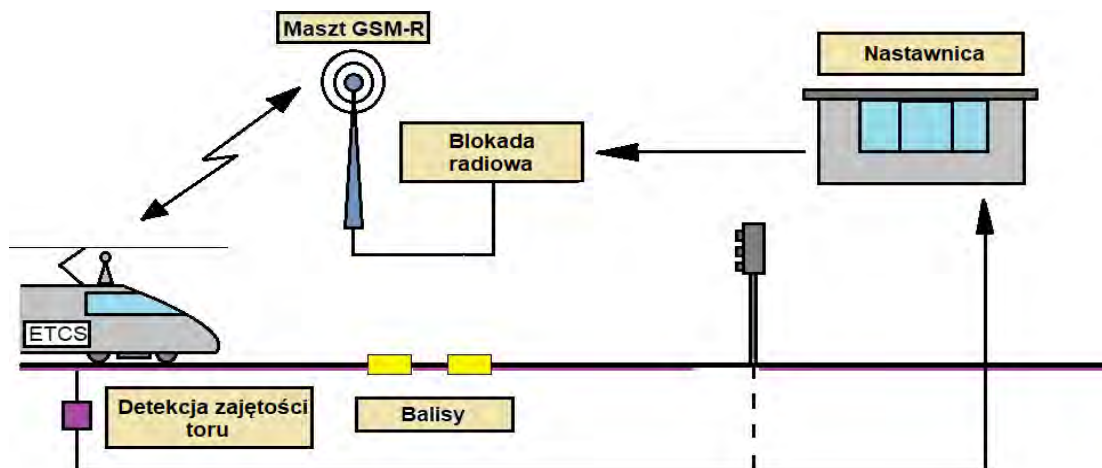
w czerwcu 2020 roku. Modernizacja stacji w Idzikowicach obejmowała budowę nowej nastawni zdalnego sterowania a także budynku pełniącego rolę Centrum Utrzymania i Diagnostyki. Ponadto stację wyposażono w komputerowy system nastawczy Ebilock 950 oraz dodatkowe urządzenia srk. Całokształt modernizacji stacji do pełnienia roli LCS-u, poprowadzony jest w sposób umożliwiający wykorzystanie jej w momencie wdrożenia ETCS poziomu II, jednak nadal w pełni będzie umożliwiać transport mieszany, z wykorzystaniem pociągów jeżdżących z prędkościami 160 km/h [22].



Rysunek 24: Umiejscowienie Lokalnego Centrum Sterowania w Idzikowicach [22]

3. Bezpieczne prowadzenie ruchu pociągów z wykorzystaniem systemu ERTMS/ETCS poziom II

Zadaniem systemu ERTMS/ETCS poziomu II jest zapewnienie zasad bezpieczeństwa pozwalających na prowadzenie ruchu z prędkościami powyżej 160 km/h, przy zachowaniu warunków interoperacyjności kolei. Głównymi funkcjami realizowanymi w ramach wdrażania systemu ETCS poziom II jest precyzyjne określenie możliwości ruchu, monitorując takie parametry jak prędkość taborów oraz relacje i odległości pomiędzy nimi. Wdrożenie drugiego poziomu systemu ETCS wiąże się z modernizacją infrastruktury przytorowej, a największą zmianą jest brak potrzeby instalacji semaforów (Rysunek 8). Kontrolą przychodzących sygnałów zajmuje się sam system, a maszynista nie musi posiadać wiedzy na temat sygnalizacji obowiązującej na linii, po której aktualnie się porusza. Takie rozwiązania mają ułatwić prowadzenie transportu międzynarodowego na liniach dużych prędkości, zmniejszając znaczenie systemów kolejowych poszczególnych państw [4,11].



Rysunek 25: Schemat działania systemu ETCS poziomu II [opracowanie własne w oparciu o 17]

Obecnie trwają rozpoczęte w październiku 2019 roku prace modernizacyjne na Centralnej Magistrali Kolejowej umożliwiające przystosowanie do systemu ETCS poziom II wraz z budową czterostawnej samoczynnej blokady liniowej, która ma umożliwić poruszanie się pociągów z prędkością do 250 km/h. Z modernizacją tą łączy się także budowa LCS-u Idzikowice, wspomnianego powyżej. Wykonawcą inwestycji jest firma Bombardier Transportation (ZWUS) Polska, a jej termin ukończenia wyznaczono na 2023 rok. Decyzja o wdrożeniu nowego poziomu systemu ETCS na CMK jest podyktowana ciągłym rozwojem technicznym transportu kolejowego [8].

4. Wnioski

Ze względu na ograniczenia ramowe artykułu odniesiono się w nim tylko do wybranych kwestii dotyczących urządzeń sterowania ruchem kolejowym przeznaczonych do bezpiecznego prowadzenia ruchu pociągów na liniach dużych prędkości i spraw z nimi związanych.

Polska, jako członek Unii Europejskiej, objęta jest odpowiednimi postanowieniami i zaleceniami. Zalicza się do nich również udział w rozwoju interoperacyjności transportu kolejowego. Mimo, że jest to sugestia a nie wytyczna należy dostosować się do niej, uwzględniając priorytetowo kryterium bezpieczeństwa. Plany wdrażania systemu ETCS, zarówno pierwszego jak i drugiego poziomu, na polskich kolejach pozwolą na kompatybilność i unifikację sieci transportu kolejowego z innymi państwami członkowskimi Unii Europejskiej. Stale należy pamiętać o innych wyzwaniach związanych z tą inwestycją. Budowa oraz modernizacje muszą iść w parze z rozwojem technologii oraz tempem wzrostu liczby pojazdów szynowych przystosowanych do poruszania się po nowoczesnej infrastrukturze. Wdrażanie przytorowych urządzeń srk



pozwalających na zwiększenie prędkości na danej linii nie może odbyć się w sposób wykluczający możliwość eksploatacji swoich dotychczasowych taborów przez przewoźników z powodu niekompatybilności z nowymi rozwiązaniami [1].

Szybki rozwój infrastruktury kolejowej pociąga za sobą także problemy trakcyjne. W Polsce od połowy lat 90. XX wieku realizowana jest modernizacja głównych szlaków kolejowych, powiązana m.in. z przystosowaniem do ruchu kolei dużych prędkości. Głównym problemem wdrażania nowych systemów sterowania ruchem kolejowym na liniach kolejowych dużych prędkości jest nadmierne obciążenie układu zasilania elektroenergetycznego. Dopuszczalna prędkość poruszania się pociągów nie wyposażonych w system ETCS w Polsce wynosi 160 km/h. Każdy pociąg, który ma przekroczyć tą prędkość musi być odpowiednio wyposażony i przystosowany, nim zostanie dopuszczony do eksploatacji. Zwiększona prędkość pociągów powiązana jest ze zwiększonym poborem energii z sieci. W Polsce sieć trakcyjna zasilana jest napięciem 3 kV prądu stałego (DC). Chcąc przystosować polskie linie kolejowe do większych prędkości, rzędu 230 km/h i większych, wymagana będzie przebudowa obecnego systemu trakcyjnego na nowy zasilany z 25 kV prądu zmiennego (AC). Będzie to związane z wdrażaniem nowych typów pociągów (wielosystemowych) lub przebudową obecnych, najlepiej z możliwością zasilania zarówno prądem stałym, jak i zmiennym [9,14]. Modernizując linie kolejowe państwo polskie poczyniłoby kolejny krok w kierunku rozwoju interoperacyjności kolei, przyjmując system już wykorzystywany w większości krajów europejskich.

5. Bibliografia

- [1] Biuro Automatyki i Telekomunikacji: *Narodowy Plan Wdrażania ERTMS dla Polski*, Warszawa, 2017.
- [2] Dyduch J., Kornaszewski M.: *Systemy sterowania ruchem kolejowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego, Radom, 2016.
- [3] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej.
- [4] Gawłowski K.: *Kierunki rozwoju kolei dużych prędkości w Polsce*, Katowice, 2011.
- [5] Gózdź A.: *Modernizacja linii E 65 - Południe na odcinku Grodzisk Mazowiecki - Kraków/Katowice - Zwardoń/Zebrzydowice - granica państwa*, Kraków, 2011.
- [6] Jaworowska M.: *Automatyka zapewnia bezpieczeństwo transportu kolejowego*, 2015.
- [7] Kornaszewski M.: *Sterowanie pociągami na liniach kolejowych dużych prędkości w Polsce*, Logistyka NR 6, 2009.

- [8] Madrjas J.: *Co nam da ETCS poziomu 2 na Centralnej Magistrali Kolejowej?*, Rynek Kolejowy, 2019.
- [9] Madrjas J.: *Polska będzie miała nowe napięcie sieci trakcyjnej. 25 kV na nowych liniach*, Rynek Kolejowy, 2019.
- [10] Pełka A.: *Diagnozowanie urządzeń sterowania ruchem kolejowym na przykładzie napędu zwrotnicowego*, Kraków, 2009.
- [11] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: *Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów z wykorzystaniem systemu ERTMS/ETCS poziomu 2 - Ir-1b*, Warszawa, 2019.
- [12] Raczyński J.: *Koncepcje budowy linii dużej prędkości CMK Północ z Warszawy do Gdańska*, TTS TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO NR 11, 2017.
- [13] Raczyński J., Massel A.: *Uwarunkowania społeczne i gospodarcze rozwoju kolei dużych prędkości w Polsce*, TTS – TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO, NR 5-6, 2005.
- [14] Szela A. Mierzejewski L.: *Nowe elementy projektów modernizacji układów zasilania elektroenergetycznego trakcji elektrycznej*, Konferencja Naukowo-Techniczna, Zamek Kliczków, 2007.
- [15] Szymankiewicz A.: *Forum Inwestycyjne, Plany Rozwoju Nowoczesnych Technologii - ERTMS w Polsce*, Warszawa, 2014.
- [16] Centralna Magistrala Kolejowa: <http://siskom.waw.pl/kp-kolej-ldp-cmk.htm> [dostęp 2021-04-21]
- [17] Informacje o ERTMS/ETCS: <https://slideplayer.pl/slide/836407/> [dostęp 2021-04-21]
- [18] Informacje o interoperacyjności:
<https://www.utk.gov.pl/pl/interoperacyjnosc/informacje-o-interopera-1/14553,Interoperacyjnosc-systemu-kolei.html> [dostęp 2021-04-16]
- [19] Kolej dużych prędkości:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_du%C5%Bcych_pr%C4%99dko%C5%9Bci [dostęp 2021-04-16]
- [20] Stan techniczny infrastruktury kolejowej a inwestycje w 2019 r.:
<https://utk.gov.pl/pl/aktualnosc/16263,Stan-techniczny-infrastruktury-kolejowej-a-inwestycje-w-2019-r.html> [dostęp 2021-04-16]
- [21] Młodawski A.: *Spostrzeżenia eksploatacyjne i techniczne z pracy układów napęd-zwrotnica, stosowanych na Centralnej Magistrali Kolejowej*:
http://ueeiv.eu/index.php?option=com_docman&view=download&alias=45-mlodawski&category_slug=201407-presentations&Itemid=461&lang=en [dostęp 2021-04-16]



- [22] LCS Idzikowice na CMK zmodernizowane przed terminem: <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/budimex-lcs-idzikowice-na-cmk-zmodernizowane-przed-terminem-97635.html> [dostęp 2021-04-16]
- [23] Zasada działania systemu Ebilock 950: https://www.bsk.isdr.pl/srk_ebilock.php [dostęp 2021-04-16]
- [24] Jak działa system ERTMS/ETCS?: <https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/45585-automatyka-zapewnia-bezpieczenstwo-transportu-kolejowego> [dostęp 2021-04-18]

ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ

Agata Dzienisz, Julia Szulta

Politechnika Gdańska

Głównym elementem charakteryzującym współczesne społeczeństwo jest bardzo duża mobilność, zarówno w celach zarobkowych, edukacyjnych, zaspokajania podstawowych potrzeb życiowych, jak również rozrywkowych. Niezbędnym jest zatem znalezienie wygodnego, szybkiego i jak najbardziej opłacalnego, pod względem ekonomicznym, środka transportu. Na terenie aglomeracji trójmiejskiej, oprócz indywidualnych środków transportu, czy coraz to bardziej popularnych ofert firm carsharingowych, jest możliwość skorzystania z usług oferowanych przez SKM Trójmiasto, PolRegio i Pomorską Kolej Metropolitalną. Transport kolejowy w obrębie obszaru metropolitalnego Trójmiasta jest bardzo dobrze rozwinięty, zwłaszcza w porównaniu z innymi regionami. Jednakże ludzie wciąż umiarkowanie korzystają z tego środka transportu, składa się na to wiele czynników, między innymi komfort podróży, zagospodarowanie infrastruktury peronowej, a także dostępność biletów. Przy czym należy zwrócić uwagę, że jakość infrastruktury peronowej i dostępu do taboru różni się w zależności od zarządcy, co również wpływa na wybór środka transportu.

1. Infrastruktura peronowa

Perony pasażerskie oraz drogi dostępu dla pasażerów, w tym drogi dojazdowe i szlaki umożliwiające pasażerom przybycie lub oddalenie się pieszo, są istotnym elementem infrastruktury kolejowej, które wpływają nie tylko na komfort korzystania z transportu kolejowego, lecz również na to, ile faktycznie ludzi będzie chciało z tego rodzaju transportu skorzystać. Pomimo ciągłego rozwoju i polepszania stanu infrastruktury kolejowej, wiele stacji pasażerskich nie gwarantuje komfortowego i sprawnego dostępu do niektórych jej elementów, co może być szczególnie uciążliwe dla osób starszych, niepełnosprawnych lub kontuzjowanych.

Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji UE Nr 1300/2014z dnia 18 listopada 2014 roku powinna być zapewniona trasa pozbawiona przeszkód, łącząca się ze strefami publicznymi infrastruktury. Przez taką rozumie się trasę możliwie najkrótszą, posadzki takich tras i podłoże muszą mieć słabe właściwości odbiaskowe. Dostosowanie tuneli, dworców i peronów do potrzeb pasażerów.

2. Dostosowanie tuneli, dworców i peronów do potrzeb pasażerów

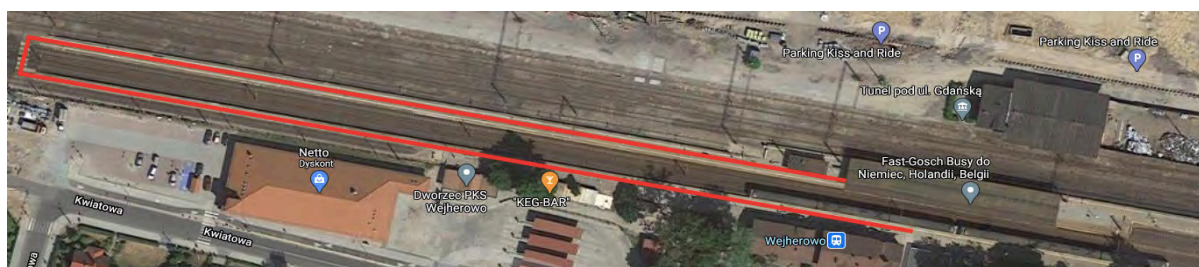
2.1. Brak wind i ramp na schodach.

Na wielu stacjach i przystankach znajdujących się w relacjach Szybkiej Kolei Miejskiej, jak stacje Wejherowo, Reda, Rumia, Gdynia Grabówek, Gdańsk Stocznia i inne, dostęp do peronów jest ograniczony przez nie doposażenie ich w windy, czy brak podjazdów na schodach dla wózków. Brak wcześniej wymienionego wyposażenia dość znacząco zniechęca podróżnych do korzystania z transportu kolejowego. Jest to szczególnie uciążliwe dla osób niepełnosprawnych, do których na podstawie [1], określa się jako osobę: niewidomą lub z ograniczoną zdolnością widzenia, o ograniczonym słuchu i osoby głuche, z uszkodzeniami kończyn dolnych, poruszające się na wózkach inwalidzkich, poruszającą się przy użyciu specjalnych sprzętów wspomagających pracę mięśni (kule, protezy, laski), kobiety w ciąży, osoby z dzieckiem na ręku lub w wózku, małe dzieci, osoby w podeszłym wieku, osoby otyłe.

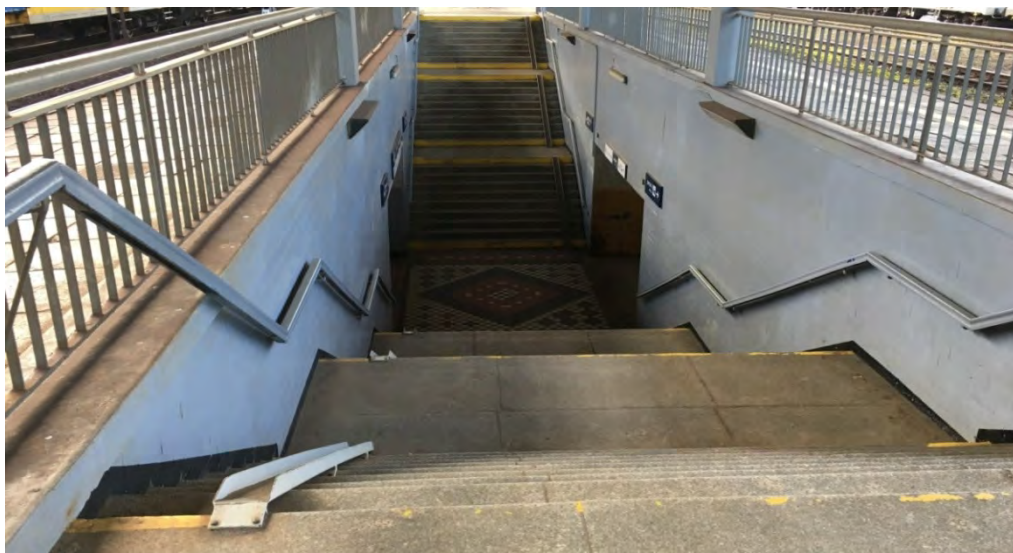
Przykłady stacji z niewystarczającą dostępnością dla pasażerów posiadających ograniczenia ruchowe:

- Wejherowo- dojście na peron wyspowy jedynie “na około”; z parkingu, który powstał w ramach inwestycji Węzeł Kwiatowa, można zjechać windą do tunelu, jednak nie można już dostać się windą na peron 1,2 i 3; rampy na schodach do tunelu umożliwiają jedynie sprowadzenie roweru, są ustawione tylko po jednej stronie zejścia.

Na poniższym zdjęciu pokazano jedyną drogę dojścia na peron wyspowy.



zdj.1 Dojście do peronu wyspowego, źródło: Google Maps



zdj.2 Wyposażenie zejścia do tunelu z peronu 2 - opracowanie własne

- Reda- stacja obsługuje połączenia na odcinku Słupsk- Tczew i dodatkowo w kierunku Helu; od strony ul. Leśnej występuje podobny problem co w Wejherowie, zejście do tunelu jest jedynie w postaci schodów, winda jedynie od strony ulicy Gdańskiej; bezproblemowy dostęp tylko do peronu 1 położonego bezpośrednio przy budynku dworca.
- Rumia- podobna sytuacja, jak w Redzie, jest dostęp do windy jednak możliwy jedynie zjazd do tunelu, wjazd na peron 2 nie jest możliwy.
- Gdańsk Stocznia- dojście jedynie za pomocą kładki.

2.2. Brak oznaczenia niezbędnego dla osób niewidomych

Brak dotykowych ścieżek prowadzących, ostrzegawczych pasów dotykowych znacząco wpływa na bezpieczeństwo osób niewidomych lub słabo widzących, a obecnie funkcjonujące, na niektórych peronach, dworcach, czy stacjach, oznaczenia drogi i punktów niebezpiecznych za pomocą. Można w tym przypadku porównać stację Gdynia Orłowo, z której korzysta SKM i PolRegio (osobne perony), na peronie który obsługuje SKM pas ostrzegawczy jest zaznaczony jedynie za pomocą farby i dodatkowo występują liczne nierówności nawierzchni, podczas gdy peron obsługiwany przez PolRegio jest wyposażony w elementy ostrzegawcze (ostrzegawcze pasy dotykowe i pola uwagi) i elementy prowadzące, a nawierzchnia jest w bardzo dobrym stanie, co znacznie wpływa na bezpieczeństwo podróżnych. W przypadku niektórych stacji, czy przystanków brakuje, wcześniej wymienionych elementów, również na dojściu do peronu.



zdj.3 Porównanie peronów w miejscowości Gdynia Orłowo



zdj.4 Nawierzchnia peronu 2- Gdańsk Wrzeszcz



zdj.5 elementy ostrzegawcze i prowadzące na peronie 2.- Gdańsk Wrzeszcz



zdj.6 Nawierzchnia peronu 3 - Wejherowo

2.3. Aspekt poczekalni

Aspekt ten jest szczególnie istotny dla pasażerów dojeżdżających innymi środkami transportu do dworca, czy stacji kolejowej. Istota tego problemu, wynika z faktu, że duża część podróżnych, nieposiadająca samochodu osobowego, musi skorzystać z dojazdu autobusem i często występuje sytuacja, w której rozpatrywane środki transportu nie są ze sobą skoordynowane czasowo i w tym przypadku, podróżny albo czeka na pociąg, bądź autobus, albo musi się spieszyć żeby zdążyć wsiąść do kolejnego środka transportu. Na niektórych peronach, z których korzysta głównie SKM, lecz sytuacja zdarza się również na peronach z których korzystają inni przewoźnicy, poczekalnie często nie są osłonięte od wiatru, deszczu i śniegu, co skutkuje tym, że podróżni czekają w tunelach.

3. System ogłoszeń i przekazywania na stacjach

Problem jest szczególnie istotny dla osób przyjezdnych i z zagranicy, na niektórych stacjach system informacji opiera się na komunikatach głosowych, które są słabej jakości oraz są wypowiedzane jedynie w języku polskim, i rozkładach papierowych umieszczanych w gablotach na terenie stacji, które nie zawierają informacji z którego peronu/ toru odjedzie pociąg. Obecnie istnieje wiele rozwiązań, które znacząco ułatwiłyby korzystanie z omawianej części infrastruktury kolejowej, można tutaj wymienić wyświetlacze dynamicznej informacji pasażerskiej dla dworców i stacji kolejowych, wyświetlacze peronowe krawędziowe i tunelowe, czy infokioski. Poruszając się komunikacją miejską można zauważyć, że komfort korzystania z większości peronów na linii PKM jest wyższy, niż podczas korzystania z peronów SKM, gdyż w pierwszym przypadku dostępne są wymienione wcześniej systemy przekazywania informacji pasażerskiej i nie ma konieczności czekania na zapowiedź głosową dotyczącą np. toru odjazdu pociągu, czy ewentualnych opóźnień.

4. System ogłaszania informacji w pociągach

Ważnym aspektem w podróży koleją jest podawanie i przepływ informacji nie tylko tych na peronach oraz stacjach, ale także tych które są podawane i wyświetlane w pociągach. Brak tego przepływu znacząco utrudnia przemieszczanie się koleją, zwłaszcza tym podróżnym, którzy nie do końca znają okolicę, a co za tym idzie nie znają wszystkich stacji na pamięć. Niestety jakość i dokładność podawanych ogłoszeń nie należy do najlepszych. Często zdarza się, że w trakcie podróży ekrany są niesprawne, albo nie działają niepoprawnie. Nierzadko zdarza się że ekrany wyświetlają niepoprawną trasę a głośniki ogłaszają nieadekwatną stację. Takie sytuacje sprawiają, że ludzie niekorzystający zbyt często z komunikacji, mogą czuć się zagubieni i zaniepokojeni. Przewoźnik powinien zadbać by informacje wyświetlane w pociągach były zgodne z ich trasą, by nie wprowadzały podróżnych w błąd. Wiele ludzi, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę z podróżowaniem pociągiem nie znają stacji fakt zepsutych ekranów może utrudnić podróż, jeszcze jak ekran jest nieczynny i nic nie wyświetla to w porządku, ale gdy ekran ma awarie i wyświetla złe stacje (np. gdy na stacji Gdynia Orłowo wyświetla, że aktualna stacja to Gdynia Chylonia) albo co chwile się zawiesza, może sprawić, że ludzie będą dezorientowani i zdenerwowani, gdyż przez to mogą wysiąść na złej stacji. Warto zwrócić na to uwagę by dbać o poprawne włączenie ekranów, ale także o regularne ich naprawianie, bardzo ułatwi to pasażerom podróż.



zdj.7 Informacja w pociągu SKM

5. Dostępność kupna biletów na mniejszych stacjach

Dostępność biletów też jest bardzo ważnym aspektem. Na dużych stacjach takich jak Gdańsk Wrzeszcz, czy też Gdynia Główna to jest bardzo dobrze rozwiązane, jest wiele kas, a także biletomaty, które pomagają ludziom, którzy się spieszą i nie mają czasu stać w kolejce do kasy. Niestety na stacjach w mniejszych miastach oraz na wsiach problem jest o wiele większy. Przy kasach jest zazwyczaj tylko okienko, co niestety sprawia, że w godzinach szczytu są duże kolejki, a ludzie nie zdążają kupić biletów przed odjazdem pociągu. Kolejnym aspektem kas biletowych zwłaszcza na wsiach jest to, że są otwarte w krótkich odstępach czasowych,

zwłaszcza w weekendy i wieczorami, oczywiście wówczas można kupić bilet u konduktora bez opłaty dodatkowej, ale często zdarza się, że w tym czasie kolejka jest bardzo duża i przez długą część podróży trzeba stać, by kupić bilet, co negatywnie wpływa na komfort i wygodę. Małe miejscowości się rozwijają i jest coraz większy popyt na podróże pociągiem, więc warto rozwiązać ten problem. Jednym z rozwiązań jest wprowadzenie większej ilości biletomatów, które usprawniłyby kupno biletów. Duże kolejki i dostępność stacjonarnych miejsc kupna biletów może nie wydają się dużym problemem, ale jest to bardzo uciążliwe i niewygodne dla potencjalnych podróżnych, często ten fakt zniechęca ludzi do podróży koleją i finalnie decydują się na inny środek transportu. Oczywiście można nabyć też bilet drogą online, ale nie wszyscy podróżni są na tyle biegli w internecie, by móc kupić bilet na stronie internetowej, czy też przez aplikację mobilną. Kolejnym ciekawym i nieco irytującym faktem jest możliwość kupna biletu metropolitalnego (obejmuje on obszar, którego granice wyznaczają stacje Luzino- Reda Rekowo-Babi Dół-Gdańsk Śródmieście-Cieplewo), bez problemu można go kupić na trasie Luzino-Gdańsk Śródmieście, ale jak już wyjedziemy za ten teren, to nie można go kupić w kasie biletowej. Jest to poniekąd absurdalne, bo na tym bilecie można dojechać w te miejsca, ale kupić go w tamtych miejscach już nie można.

6. Komfort podróży i dostępność taboru

6.1. Czystość panująca w pociągach

Jedną z ważniejszych cech na które ludzie zwracają uwagę w podróży jest komfort podróży. Na to składa się kilka rzeczy między innymi czystość i higiena. Wiele ludzi zniechęca się do podróży pociągiem, gdyż uważają, że są brudne i zaniedbane. Niestety większą część problemu można przypisać użytkownikom kolei, którzy niekoniecznie dbają o miejsce, w którym odbywają podróż. Śmiecią, wylewają napoje na fotele i nie sprzątają po sobie. By uniknąć brudu można zwiększyć częstotliwość sprzątania składów, aby zniwelować brud na fotelach to można zmienić materiał w materiał, który jest łatwiejszy do utrzymania w czystości (np. eko-skóra zamiast materiału). Można też wprowadzić kampanię, która składałaby się z rozwieszenia plakatów w pociągach oraz na stacjach, które miałyby na celu upomnieć ludzi o to by dbali o miejsce, w którym odbywają podróż. Walory estetyczne są bardzo ważne dla podróżnych, wiele ludzi gdy widzi brudne i zaniedbane miejsce czuje się niekomfortowo i unika takich miejsc. Więc warto zadbać, by tabor był schludny i dobrze się prezentował, by nie odstraszać potencjalnych podróżnych.

6.2. Dostosowanie temperatury w pociągach

Kolejnym ważnym aspektem wpływającym na komfort podróży jest właściwe dostosowanie temperatury panującej w pojeździe do odpowiednich warunków atmosferycznych. Ludzie cenią sobie dobrze dobraną temperaturę. Wystarczy spojrzeć na okres jesienno-zimowy. Nikt nie lubi marznąć zimą, a często składy (mimo że mają taką funkcję) nie są ogrzewane, albo są tylko ogrzewane na danym odcinku, ludzi zniechęca to do podróży, gdy najpierw muszą wymarznąć na peronie czekając na pociąg, a następnie muszą jechać kilkanaście - kilkadziesiąt minut w zimnym pociągu. W okresie wiosenno-letnim sytuacja wygląda podobnie, składy nie są klimatyzowane a ludzie muszą się męczyć w gorących pociągach. Jazda w przegrzonym pociągu wpływa nie tylko na komfort, ale także na zdrowie podróżnych, gdyż wysoka temperatura i duchota sprawia że ludzie mdleją. I tu tworzą się kolejne udogodnienia w podróży, gdyż gdy człowiek zasłabnie trzeba do niego wezwać służby medyczne, a to powoduje zator w ruchu pociągów i tworzy opóźnienia. Zatem warto zadbać o ten aspekt.

6.3. Dostosowanie długości taborów

Następnym elementem wpływającym na wygodę podróży jest "pojemność pociągów", bardzo ważne jest by długość pociągów była dostosowana do ilości podróżnych podróżujących w danym czasie. Niestety czasami zdarza się, że składy są za krótkie i wiele ludzi albo się nie mieści, albo w pociąg panuje straszny ścisk. Często jest zauważalne w pociągach PolRegio na trasie Gdynia Główna - Słupsk, a zwłaszcza w godzinach szczytu. Ludzie czasami nie mieszczą się w pociągach. Zwłaszcza na odcinku Wejherowo- Luzino, gdy po dłuższej przerwie w kursowaniu, przyjeżdża pociąg już zapełniony pasażerami niejednokrotnie zdarzało się, że ludzie mimo około godzinnego czekania na pociąg nie zdołali wejść do pociągu i zmuszeni byli czekać na następny. Takie sytuacje negatywnie wpływają na opinię ludzi o transporcie kolejowym.

7. Wnioski

Pomimo tego, że w wielu miejscach nadal są zauważalne braki części udogodnień dla pasażerów, to można zauważyć znaczną poprawę jakości infrastruktury pasażerskiej i dostępności taboru kolejowego na rozpatrywanym obszarze na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat.

Jako wieloletni użytkownicy transportu kolejowego, w celu dotarcia do pracy, szkoły/uczelni, czy miejsca rozrywki uważamy, że wprowadzenie wyżej wymienionych udogodnień dla pasażerów przyczyniłoby się do podniesienia poziomu jakości korzystania z tej

gałęzi transportu, a tym samym kolej mogłaby podnieść swoją konkurencyjność, względem transportu indywidualnego

8. Źródła

Literatura:

- [1] Wytyczne architektoniczne dla kolejowych obiektów obsługi podróżnych Ipi-1;
- [2] Wytyczne w sprawie wyświetlaczy dynamicznej informacji pasażerskiej Wersja 1.0, Warszawa, sierpień, 2011;
- [3] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1300/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności odnoszących się do dostępności kolei Unii dla osób niepełnosprawnych i osób z ograniczoną możliwością poruszania się.

Zdjęcia:

- Zdj. 1- Google Maps
- Zdj.3 -<http://wikimapia.org/531604/pl/Gdynia-Orłowo-SKM#/photo/5072973>
- Zdj. 2,4,5,6,7- opracowanie własne

Źródła:

- <https://www.dysten.pl/system-informacji-pasazerskiej-dla-kolei/>
- http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-e250a5a6-2494-4edb-8a5a-b28fd87379c1/c/chudyba_sekula_infrastruktura_2_2017.pdf
- [https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/29_%20Diagnoza%20systemu%20transportowego%20w%20OM%20\(zal_%20%20STIM\).pdf](https://www.metropoliagdansk.pl/upload/files/29_%20Diagnoza%20systemu%20transportowego%20w%20OM%20(zal_%20%20STIM).pdf)
- <https://www.pkm-sa.pl/wp-content/uploads/2010/09/RAPORT-Kolej-Metropolitalna-Analiza-marketingowa-PL-03112010.pdf>
- <https://bip.skm.pkp.pl/upl/cms/56/File/NJO%20Sprawozdanie%20Roczne%202019.pdf?fbclid=IwAR1-Uuc2TaORFm4oLZR9vilxlArZFyKTq4ifWT5gEMAUxeYY55LkpApmKOl>
- <https://bip.skm.pkp.pl/c56/sprawozdania-z-realizacji-norm-jakosci-obslugi?fbclid=IwAR1-Uuc2TaORFm4oLZR9vilxlArZFyKTq4ifWT5gEMAUxeYY55LkpApmKOl>
- <https://trends.google.pl/trends/explore?geo=PL-PM&q=skm>
- <https://utk.gov.pl/pl/pasazerowie/przewoźnicy/przewoźnicy/polregio/15454,Polregio-Sp-z-oo.html>

ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH

inż. Marcin Orłowski, Przemysław Barszcz

Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK

Wstęp

Jednym z krytycznych elementów infrastruktury lądowych systemów transportowych są skrzyżowania w jednym poziomie objawiające się w postaci przejazdów kolejowo-drogowych. Stawiane wymagania mają sprostać przede wszystkim aspektom bezpieczeństwa każdego środka transportu, ale również wygodzie użytkowników w trakcie podróżowania. Kluczowym elementem mającym duży wpływ na sposób poruszania się w obrębie i na samym przejeździe są więc konstrukcje rozwiązań technicznych, łączące technologie drogowe i kolejowe.

W celu poznania, jakie doświadczenia empiryczne stoją za konkretnym rozwiązaniem, należy zapoznać się z najważniejszymi elementami konstrukcyjnymi.

Obecnie na rynku europejskim możemy wyróżnić wiele typów, a nawet wiele rozwiązań, które są w fazie eksperymentalnej, bądź w użytku pilotażowym. Każde z rozwiązań, charakteryzuje się więc innymi właściwościami, budową, zasadami eksploatacji. Również wykonawcy np. modernizacji linii kolejowych muszą stawić czoła technologii zabudowy takiej konstrukcji, a także zagwarantować możliwość prawidłowego utrzymania przez zarządcę infrastruktury na kolejne lata. Nie bez znaczenia jest też szacunkowy koszt takiej inwestycji, który musi być kalkulowany i rozpatrywany w perspektywie długoterminowej. Tworząc kosztorys dla tego typu infrastruktury trzeba uwzględnić właściwe wykonanie, odpowiednią trwałość oraz utrzymanie jej w dobrym stanie eksploatacyjnym.

Podstawa prawna

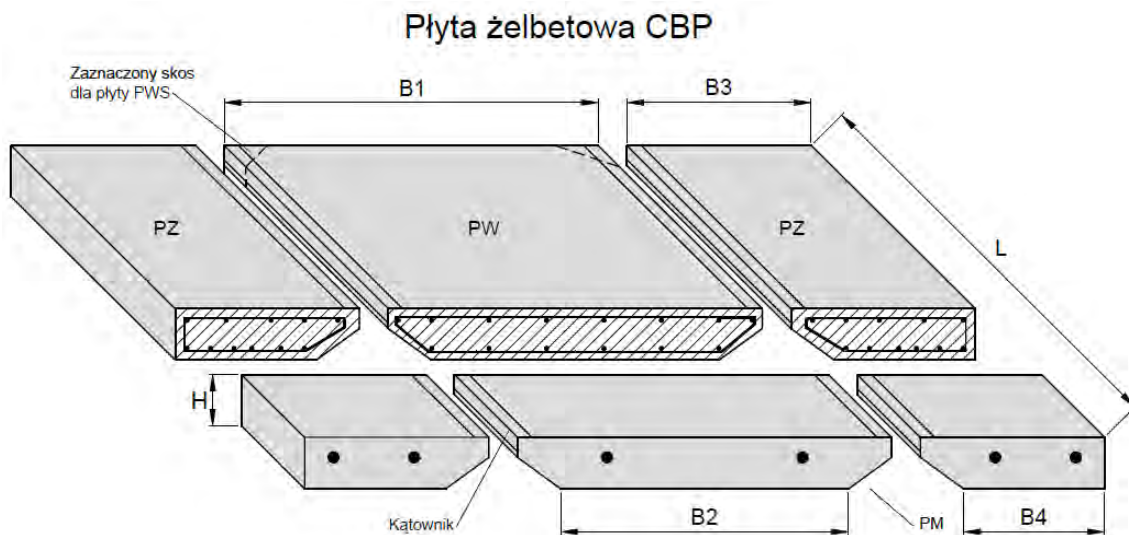
Najważniejszym dokumentem w Polsce określającym wymagania techniczne jakie muszą spełniać przejazdy kolejowo - drogowe jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie.

Rozporządzenie powinno być stosowane w przypadku projektowania, budowania, przebudowy, remontowania oraz utrzymania skrzyżowań w odpowiednim stanie w trakcie eksploatacji. W Rozporządzeniu prócz wymagań projektowych oraz technicznych opisane są ogólne warunki dla przejazdów kolejowo – drogowych i przejść, w których zdefiniowane zostały kategorie przejazdów od A do F oraz wymagania jakie muszą spełniać, aby otrzymać daną kategorię.

Równie ważnym dokumentem są Standardy Techniczne wydane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Tom X „Wytyczne stosowanie nawierzchni drogowej na przejazdach kolejowo-drogowych w poziomie szyny oraz przejściach dla pieszych” opisuje szczegółowe warunki techniczne jakim muszą odpowiadać przejazdy kolejowo-drogowe podlegające pod PKP PLK.

Nawierzchnia typu CBP

System nawierzchni typu CBP należący do grupy płyt wielkogabarytowych był najczęściej stosowanym rozwiązaniem w Polsce na przejazdach kolejowo-drogowych, przejazdach tramwajowych oraz przejściach dla pieszych przez infrastrukturę szynową. W chwili obecnej nawierzchnia ta nie jest zalecana do wykorzystywania. Konstrukcja ta jest prosta w montażu oraz uniwersalna, ze względu na wykorzystywane w niej elementy, dzięki czemu może zostać zastosowana na liniach jednotorowych oraz wielotorowych o rozstawie szyn 1435 mm lub 1520 mm. Żelbetowe płyty mogą zostać wykorzystane jako zabudowa na odcinkach prostych oraz łukach poziomych, których promień przekracza 600 m. Właściwości tego typu rozwiązania pozwalają na wykorzystanie go w przypadku podkładów strunobetonowych lub drewnianych. Jest to uniwersalne rozwiązanie, gdyż pozwala na zastosowanie szyn kolejowych 60E1 lub 49E1. Szyny mocowane są do podkładów za pomocą przytwierdzeń sprężystych typu SB lub przytwierdzeń typu K. Konstrukcję przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat płyt żelbetowych CBP [1]

Technologia CBP polega na oparciu żelbetowych płyt na warstwie kruszywa na całej szerokości przejazdu. System CBP składa się z czterech głównych elementów jakim są prefabrykowane płyty żelbetowe, które można podzielić na:

- Płyty przejazdowe wewnętrzne (PW),
- Płyty przejazdowe wewnętrzne skrajne (PWS),
- Płyty przejazdowe zewnętrzne (PZ),
- Płyty przejazdowe międzytorowe (PM).

Płyty przejazdowe wykonywane są z wysokiej klasy zbrojonego betonu C50/60, dzięki czemu są o wiele bardziej odporne na uszkodzenia. Krawędzie płyt od strony szyn mają specjalnie ścięte ścianki oraz wykonane otwory co 600 mm, dzięki czemu zabudowa przejazdu nie opiera się o przytwierdzenia szyn do podkładów. W przypadku tej technologii podkłady muszą być umieszczane, co 600 mm w celu odpowiedniego posadowienia nawierzchni żelbetowych. Krawędzie płyt narażone na destrukcję poprzez ruch samochodowy, umocnione są za pomocą kątowników stalowych o wymiarach 50x50x5 mm, co zabezpiecza materiał przed zbyt szybką degradacją. W wielu przypadkach narożniki są zastępowane stalowymi elementami ze względu na duże prawdopodobieństwo ukruszenia betonu na rogu.

Montaż płyt powinien zostać rozpoczęty na torze kolejowym dopiero po przeprowadzeniu badań diagnostycznych, które stwierdzą, że infrastruktura jest w dobrym stanie i nie będzie wymagała w najbliższym czasie prowadzenia prac utrzymaniowych. Wszelkie zanieczyszczenia trzeba usunąć poprzez oczyszczenie

oraz następnie zagęszczenie warstwy materiału. Na podkładach strunobetonowych bądź drewnianych ułożona zostać musi warstwa grysłu która ustabilizuje oraz równomiernie przejmie obciążenia z płyt. Płyta nie opiera się na podkładzie, przez co pracuje w sposób indywidualny, niezależny od toru. W trakcie montażu wykorzystywane są drewniane klocki, które pozwalają na utrzymanie stałych odstępów płyty od szyny kolejowej. W końcowej fazie montażu odstępy między szyną, a płytą żelbetową zewnętrzną często zalewane są masami asfaltowymi lub nawet nie wbudowuje się płyt zewnętrznych, gdyż one właśnie narażone są na duże oddziaływania najeżdżających pojazdów drogowych i nawierzchnię drogową doprowadza się do samej szyny.

Szacunkowy koszt wykonania zabudowy przejazdu z płyt żelbetowych typu CBP dla przejazdu dwutorowego, z wykorzystaniem szyn 60E1 o powierzchni całkowitej 32 metrów kwadratowych obejmujący m.in. mechaniczne profilowanie i zagęszczanie podłoża pod warstwy konstrukcyjne, wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego o grubości 35 cm, ułożenie nawierzchni z płyt przejazdowych, montaż oznakowania, montaż drenażu oraz regulację podkładów wynosi prawie 45 tys. złotych. Największym kosztem jest ułożenie płyt, których cena wynosi tutaj ok. 19-20 tys. złotych.

Nawierzchnia wykonana z żelbetowych płyt wielkogabarytowych posiada swoje zalety i wady. Do zalet na pewno można zaliczyć łatwość montażu oraz ewentualnego demontażu w przypadku, gdy pojawia się potrzeba wykonania prac utrzymaniowych, dzięki zastosowaniu prefabrykowanych elementów. Problemem może być konieczność wykorzystania ciężkiego sprzętu w trakcie prac. Mała liczba elementów sprawia, że sprzęt ten nie będzie generował dużych kosztów ze względu na krótki czas wykorzystywania. System CBP dzięki swojej prostocie oraz wykorzystaniu prefabrykowanych elementów jest stosunkowo tani w wbudowaniu, co sprawiało, że był dość często wykorzystywany.

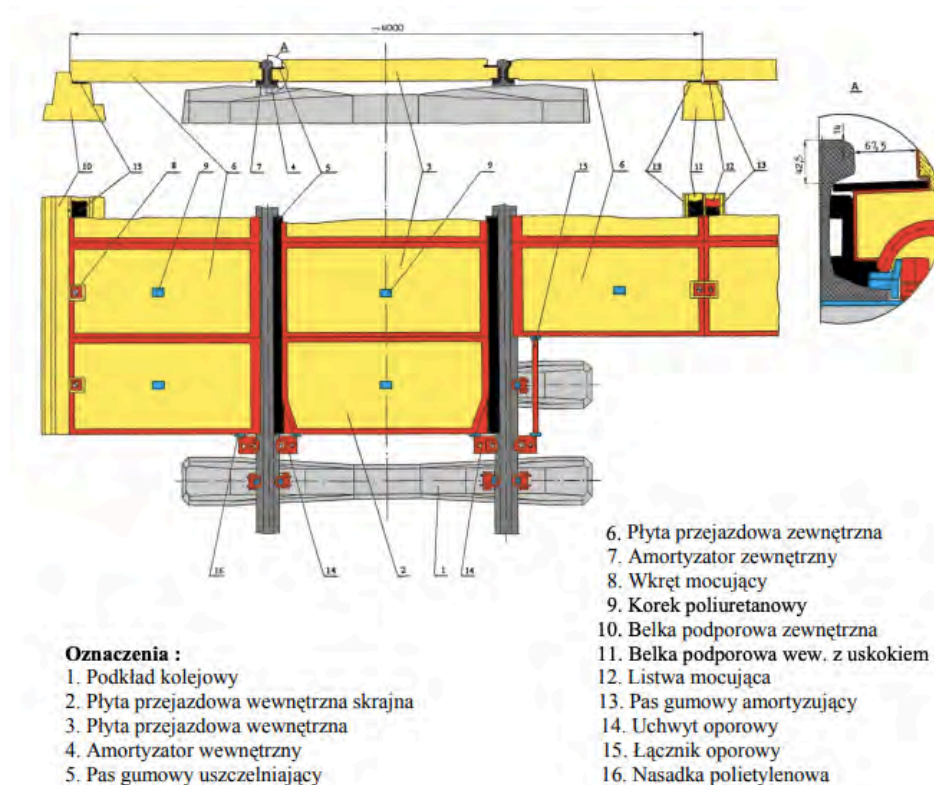
Do wad tego rozwiązania na pewno należy duża masa wykorzystywanych elementów, których waga waha się od 645 do 1655 kilogramów. Dużym problemem systemu CBP jest samodzielność pracy nawierzchni drogowej i kolejowej. Poprzez brak współpracy pomiędzy dwoma rodzajami nawierzchni na przejazdach powstają deformacje, które mocno wpływają na jakość podróży oraz bezpieczeństwo. W trakcie eksploatacji może wystąpić tak zwane klawiszowanie, które polega na nakładaniu się płyt na siebie bądź powstawaniu różnic wysokościowych. Takie sytuacje mogą doprowadzić do powstania potrzeby wykonania prac utrzymaniowych bądź remontowych dużo wcześniej niż było to zakładane, co generuje dodatkowe koszty. Płyty żelbetowe ze względu na swoje

właściwości fizyczne słabo redukują wibracje oraz hałas generowany przez przejeżdżające pojazdy, więc wykorzystywanie ich w terenach mieszkalnych jest niewskazane.

Nawierzchnia typu MIROSŁAW

Jedną z najpopularniejszych nawierzchni stosowanych na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce, jest rodzaj znany pod nazwą „Mirośław”. Wytwarzana jest przez Wytwórnię Podkładów Strunobetonowych S.A. (Mirośław Ujski). Jest to konstrukcja uniwersalna, bowiem może mieć zastosowanie na przejazdach kolejowych czy też tramwajowych - jedno i wielotorowych. Zabudowa jest przewidziana dla linii położonych na prostej, a także na łukach z promieniem większym niż 300 m. Jej uniwersalność dotyczy także możliwości zabudowy przy szynach typu 60E1, czy też 49E1. Może dotyczyć to konstrukcji na podkładach kolejowych drewnianych, strunobetonowych lub stalowych typu Y, z systemem przytwierdzeń klasycznym typu K lub sprężystym typu SB lub KS z łapką sprężystą Skl-12.

Charakterystyka tej nawierzchni opiera się na założeniu sprężystego zawieszenia małogabarytowych płyt, które opierają się na stopkach szyn. Podstawowymi elementami konstrukcji „Mirośław” są więc żelbetowe, prefabrykowane wcześniej płyty przejazdowe. Ich typ zależy od położenia: zewnętrznego czy wewnętrznego - według toków szynowych. Płyty posiadają metalową obwódkę, która wykonana jest z blachy stalowej. Po zewnętrznych stronach płyty opierają się na belkach podporowych o długości 240 cm (180 cm). Za zapewnienie stateczności konstrukcji oraz spokojności jazdy pojazdów samochodowych odpowiadają amortyzatory elastomerowe, które mogą być wykonane z gumy, bądź materiałów poliuretanowych. Wyróżniamy również pasy gumowe amortyzujące oraz uszczelniające. Dokładny obraz konstrukcji prezentuje rys. 2. Cała konstrukcja składa się więc z wielu elementów ułożonych niezależnie od konstrukcji toru kolejowego. Jest to szczególnie istotne, ponieważ pionowe położenie szyn oraz nawierzchni nie ulega zmianie podczas eksploatacji. Przed przesuwaniem się płyt podczas eksploatacji zabezpieczają odpowiednie stalowe uchwyty oporowe, mocowane na stopce szyny przy skrajnych płytach. Jest to zabezpieczenie wykonywane z każdej strony przejazdu.



Rys. 2. Konstrukcja budowy typu „Miroslaw” [2].

Montaż płyty powinien odbywać się na torze kolejowym który jest w dobrym stanie technicznym. Szczególnie dotyczy to regulacji toru w planie sytuacyjnym i profilu podłużnym. Podkłady kolejowe powinny być rozmieszczone co 60 cm, zgodnie z instrukcją producenta. W przypadku występowania zanieczyszczonej podsypki, powinna ona zostać oczyszczona i zagęszczona. Wymagane jest ułożenie warstwy filtracyjnej ze żwiru gruboziarnistego grubości 10 cm o zagęszczeniu $RM=2,5$ MPa, a także warstwy tłucznia o grubości min. 20 cm pod podkładem. Złącza klasyczne nie powinny występować w obszarze przejazdu, dlatego zaleca się wykonanie spoin termitowych. Do prawidłowego położenia płyt i zapewnienia im stateczności przez dłuższy czas użytkowania wymagane jest zastosowanie odpowiedniego podłoża. Minimalnym wymaganiem jest zaklinowanie klincem, wyrównanie grysem i dobre zagęszczenie. Jednak najlepszą opcją do utrzymania odpowiednich efektów stabilności podpór, jest wykonanie fundamentowej ławy betonowej o grubości 200-300 mm. Dlatego w kwestii wad, jest to jedno z ograniczeń. Kolejną może być konieczność mocowania płyt zewnętrznych do belki podporowej za pomocą wkrętów. Charakter prac podczas zabudowy płyt przejazdowych przedstawia rys 3.

Przykładowy kosztorys wykonania zabudowy przejazdu z pyt MIROSŁAW dla przejazdu jednotorowego, szyn 60E1 o powierzchni 41 metrów kwadratowych obejmuje m.in. podbudowę z kruszywa, ławę betonową, podwaliny z belek prefabrykowanych, a także samo ułożenie nawierzchni z płyt. Największym kosztem jest ułożenie płyt, cena wynosi tutaj ok. 42 tys. złotych, za cały obiekt natomiast prawie 49 tys. złotych. Zakładając modernizację przejazdu na dwutorowej linii, koszt prac wyniesie ok. 100 tysięcy złotych - bez kosztów asfaltowania, wcześniejszej naprawy toru czy prac porządkowych.



Rys. 3. Montaż nawierzchni typu Mirosław [3].

Do zalet z całą pewnością należy zaliczyć niski ciężar poszczególnych elementów. Płyty mogą być mocowane z drewny, czy to samochodu ciężarowego z HDS. Po uszkodzeniu i np. kruszeniu się jednej z płyt, istnieje możliwość wymiany oczywiście tylko jednego elementu, co nie generuje dodatkowych kosztów. Wspominana wcześniej dobra jakość infrastruktury torowej nie wyklucza w tym przypadku skorzystania uprzednio z mechanicznych metod, takich jak wykorzystanie podbijarki, profilarki czy dynamicznego stabilizatora DGS. W przypadku konieczności wykonania prac utrzymaniowych czy naprawczych, po stosunkowo szybkim demontażu płyt, zarządca infrastruktury znowu ma możliwość skorzystania z ciężkich maszyn torowych, aby wykonać odpowiednie prace. Cena rozwiązania również wskazuje na przystępność rozwiązania typu „Mirosław” [4].

Nawierzchnia typu STRAIL

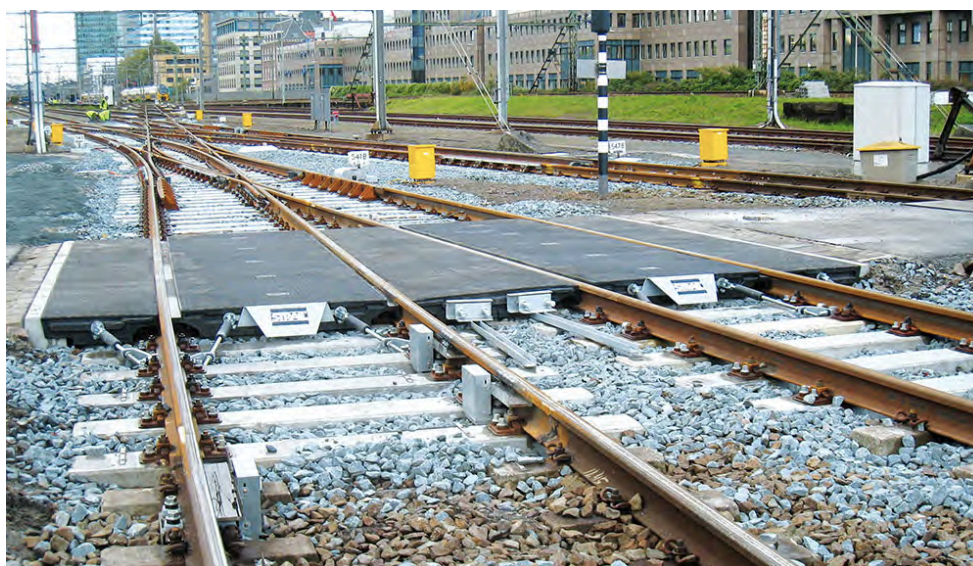
Jedną z najbardziej zróżnicowanych rodzin konstrukcji możliwych do montażu jest nawierzchnia typu STRAIL. Jej koncepcja przede wszystkim opiera się na wykorzystaniu płyt gumowych. Mogą być one wykorzystane nie tylko na przejazdach kolejowo-drogowych, przejściach dla pieszych czy przejazdach tramwajowych, ale także przejazdach rowerowych. Również w tym przypadku można mówić o bardzo dużej uniwersalności stosowania rozwiązania, ze względu m.in. na możliwość zabudowy na liniach jedno i wielotorowych o różnym typie konstrukcji. Można wykorzystać je w torach o wszystkich powszechnych szerokościach torów, do szyn typu 60E1 i 49E1, dla każdego typu podkładu, każdego typu przytwierdzeń oraz dla nietypowych odcinków torowych, takich jak krzywe przejściowe oraz łuki o promieniu większym niż 180 m. Konstrukcję prezentuje rys. 4.

Płyty gumowe są rozróżnione na wewnętrzne i zewnętrzne. Krawężniki betonowe, poduszki amortyzujące, czy elementy łączące płyty to także wymagane części składające się na prawidłowo złożoną nawierzchnię dla pojazdów kolejowych i drogowych. Wspomniane wcześniej płyty gumowe charakteryzują się ekologicznym charakterem, ze względu na użycie pochodzącej z recyklingu gumy, pochodzącej z bieżnikowania opon [5]. Sama płyta nie jest jednak w swojej budowie jednolita. Warstwa zewnętrzna, o grubości do 8 mm jest wykonana z wysokiej jakości gumy, która odpowiada własnościami gumie do produkcji opon samochodowych. Warstwa wewnętrzna składa się natomiast z mieszanki wulkanizacyjnej o zmniejszonych wymaganiach wytrzymałościowych [6].

Zabudowa konstrukcji składa się głównie na umieszczenie na podbudowie /fundamencie specjalnych krawężników, ograniczających po bokach posadowienie zewnętrznych płyt. Płyta wewnętrzna nie wymaga specjalnych rozwiązań, wystarczą poduszki osłonowe na stopkach szyn. To na nich oprze się centralna część. Całą konstrukcję stężają stalowe uchwyty oporowe mocowane na stopce szyny przy skrajnych płytach z obu stron przejazdu, a także łączenie wszystkich płyt w ciąg, przy pomocy prętowych elementów spinających.

Uprzednio analizowana uniwersalność przekłada się na spersonalizowane produkty które są oferowane klientom niemieckiego producenta. Zasadniczo możemy podzielić je na wersje [5]:

1. STRAIL- konstrukcja dla dużych obciążeń, dla których nośnikiem są kształtki szynowe i same płyty. Dedykowane rozwiązanie dla głównych dróg.
2. pontiSTRAIL- bardzo wytrzymała konstrukcja, dedykowana dla miejsc po których poruszają się pojazdy z bardzo dużymi obciążeniami. Jest dodatkowo wzmocniona względem nawierzchni STRAIL elementami aluminiowymi.
3. veloSTRAIL- rozwiązanie dedykowane dla przejazdów rowerowych, ale także wspólnych konstrukcji dla torów kolejowych po których odbywa się równoległe do ruchu kolejowego, ruch drogowy. Posiada element zakrywający rowek szyny, co zabezpiecza przed wypadkiem rowerzystę, którego koło może wpaść w szczelinę. Element ten może być również dodatkowo demontowany w razie potrzeby. Stosowane jest tylko do prędkości 120km/h (dla pociągu). Zaletą tego rozwiązania może być brak konieczności czyszczenia żłobków szyn w czasie pory zimowej.
4. innoSTRAIL- ekonomiczne rozwiązanie, jedno z podstawowych. Nośnikiem obciążenia są wyłącznie same płyty.
5. pedeSTRAIL- konstrukcja przewidziana dla pieszych i rowerzystów. Personalizowana poprzez specjalną powierzchnię antypoślizgową, niezależne ułożenie od szerokości podkładów, czy też prosty i szybki montaż poprzez niską wagę. Dedykowane do m.in. dróg ewakuacyjnych w tunelach czy przejściach służbowych. Dodatkowym zabezpieczeniem, które może być montowane jest pedeSOLAR, czyli solarne lampy montowane w skrajnych częściach przejścia.



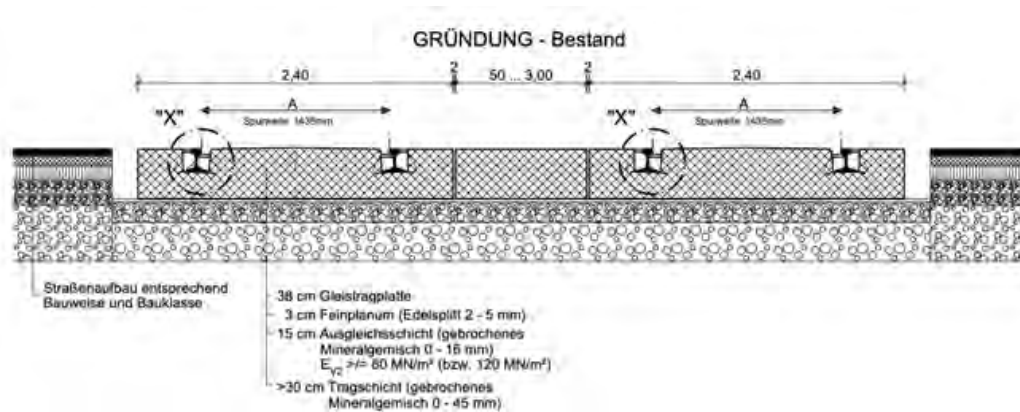
Rys. 4. Rozwiązanie typu STRAIL [5]

Wymienione powyżej konstrukcje mogą świadczyć o wielowariantowych opcjach wyboru w odniesieniu do charakteru występujących obciążeń czy też rodzaju ruchu. Rzeczywiście, jest to cecha bardzo pożądana przez zamawiających. Niekwestionowaną zaletą jest też tłumienie hałasu na obszarach zabudowanych, a także wspomniany wcześniej ekologiczny aspekt. Nie sposób pominąć jednak jednej z największych wad, a mianowicie bardzo dużego kosztu. Mimo porównań do konstrukcji podobnych tj. opartych na gumowej technologii, nadal jest on bardzo wysoki, przez co ogranicza szanse na wybranie podczas prac obejmujących np. ciąg wielu przejazdów. Mimo stosowania konstrukcji składającej się z kilku warstw, najstabszym ogniwem są poduszki amortyzujące. Przy dużym obciążeniu ruchem samochodowym, muszą być one często wymieniane, co wywołuje konieczność demontażu płyt. Duże obciążenie ruchu wywołuje również kolejny problem, który może wpłynąć na decyzję o wyborze rozwiązania, a mianowicie rozwarstwianie się płyt.

Resumując, rozwiązania systemu STRAIL (rys. 4) są bardzo uniwersalne, dedykowane do różnego rodzaju ruchu i obciążeń. Również sama konstrukcja, z punktu widzenia wykonawcy systemu nie jest skomplikowana. Wykonywanie prac utrzymaniowych również nie będzie problemem przy elementach, których zabudowa i rozbiórka mogą przebiegać sprawnie, eliminując np. czas zamknięcia przejazdu dla ruchu. Mimo opracowanej technologii przez niemiecką firmę, nie wszystkie produkty sprawdzają się przy intensywnym ruchu samochodowym. Również wysoka cena może stanowić poważną barierę dla rozpowszechniania się wygodnego systemu - z punktu widzenia zarządcy infrastruktury kolejowej.

Nawierzchnia typu GTP

Jest to uniwersalne rozwiązanie dedykowane konstrukcjom integrującym transport kolejowy oraz drogowy. Możliwe do zainstalowania w torach o różnej szerokości, ale także, co nietypowe, np. splotach torowych czy systemach przestawnych. Rozwiązania mogą być używane również w terminalach, portach czy innych obiektach inżynierskich. Dostosowane do montażu szyn S42, 49E1, 54E1, 60E1 czy też 60E2. Wymagania stawiane nawierzchni torowej ograniczają się do odcinka prostego bądź łuku o promieniu większym niż 100 m, gdzie prędkość na linii ograniczona jest do 160 km/h. Konstrukcja płyty GTP należy do rodzaju bezpodsypkowych, dlatego też liczba elementów jest ograniczona do minimum. Głównym elementem jest płyta, która posiada dwa kanały, przeznaczone do montażu szyn poprzez system przytwierdzeń W14/BFL [7]. Nawierzchnię prezentuje rys. 5.



Rys. 5. Konstrukcja systemu płyt GTP z wyszczególnionymi warstwami podbudowy, rzut z boku [7].

Właściwe działanie płyty musi zapewnić także odwodnienie instalowane równoległe z płytą. W wersji specjalnej wyróżnić można pięć rodzajów płyt. Stosowane są one m.in. do linii z dużymi promieniami łuku, małymi promieniami łuków, dla jezdni betonowych, asfaltowych, czy dla terminali i placów o zwiększonej nośności. Warto dodać, że płyty w podstawowych wersjach mają zestandaryzowane wymiary 260x240 cm.

Właściwe wykonanie prac przygotowawczych jest kluczowym elementem, jeśli chodzi o etap przed zabudową samych szyn (rys. 6). Z racji wykonywania konstrukcji w technologii bezpodsypkowej, konieczne jest wykonanie strefy przejściowej, najlepiej z użyciem georusztu. Jest to szczególnie istotne, ze względu na zagrożenie nierównomiernym osiadaniem konstrukcji i w konsekwencji powstawaniem nierówności pionowych. Strefa przejściowa dotyczy ok. 15-30 m z każdej strefy przejazdu. Wymaga się, aby tłuczeń był nowy, bądź też dobrze oczyszczony. Niezbędne jest także ułożenie dwóch podkładów tuż obok siebie, przed samą płytą i tuż za nią, a także podbicie toru na długości strefy przejściowej. Również rowy odwadniające powinny być w dobrym stanie technicznym – oczyszczone i drożne [7].



Rys. 6. Montaż płyt GTP na budowie [materiały własne autora]

Podbudowa pod płyty torowe systemu GTP wymaga usunięcia szyn, podkładów i podsypki. Grunt pod podbudowę powinien być wolny od gruzu, wody i lodu. Następnie należy wykonać trzy warstwy. Pierwsza z nich, nośna nie może być cieńsza niż 30 cm, wykonana powinna zostać ze żwiru/pospółki o przekruszeniu 0-31,5 mm. Druga warstwa, wyrównawcza, powinna być grubości 15 cm i wykonana z drobnego żwiru o frakcji 0-16 mm. Następnie warstwa – rampa, grubość 3 cm i użycie gysu szlachetnego ze skał bazaltowych czy granitowych. Warstwy powinny być odpowiednio zagęszczone. Do prac przy układaniu prefabrykatów niezbędny jest dźwig o udźwigu min. 5,5 ton. Wykłada on gotowe płyty, precyzyjnie w miejsce zabudowy. Prace podczas budowy prezentuje rys. 6. Po ułożeniu i scaleniu wykłada się wstęgi podkładki podszynowej, mocuje szyny i zabezpiecza je łapkami sprężystymi i wkrętami systemu W14. Gotowy produkt otrzymuje się po uszczelnieniu płyt i wypełnieniu szczelin kanału szynowego za pomocą kruszywa i żywicy, bigumy czy innych substancji bitumicznych. Przy większych inwestycjach, poza wąskimi przejazdami na bocznicach konieczne jest zastosowanie odwodnienia montowanego prostopadle do szyn, pod ich powierzchnią, za pomocą kratki oraz korytka ściekowego, a także odprowadzenia dalej w kierunku odwodnienia liniowego [7].

Do wad takiego rozwiązania można zaliczyć stosunkowo skomplikowany montaż płyt oraz konieczność przeprowadzenia wielu prac przygotowawczych. Dlatego rozwiązanie prawdopodobnie będzie wybierane podczas modernizacji całych linii kolejowych lub większych napraw, niżeli pojedynczej naprawy przejazdu. Samo wykonanie płyty przejściowej i podbudowy może stanowić problem dla ekip budowlanych niewyspecjalizowanych w montażu konstrukcji bezpodsynekowych. Również duże ryzyko niewłaściwie wykonanych prac skutkować może nierównomiernym osiadaniem. Spowodowane jest to stosunkowo szybką zmianą sztywności konstrukcji.

Warto wspomnieć o problemach z geometrią toru kolejowego i położeniem względem planu i profilu, co jest szczególnie istotne podczas wykonywania modernizacji linii i kompleksowych pomiarach parametrów geometrii. W praktyce okazywać się to może wykonywaniem prac polegającym na pierwotnym wykonywaniu stref przejściowych, podbijaniu toru, dynamicznym stabilizowaniu czy profilowaniu podsypki w klasycznej konstrukcji tj. z użyciem podkładów i tłucznia. Wymienione prace zajmą przynajmniej jedną noc, natomiast dopiero kolejnej prawidłowo wyrównany tor jest demontowany na krótkim odcinku, a pracownicy mogą przystąpić do zabudowy podbudowy i układania prefabrykatów.

Cena systemu GTP przy zakupie z pewnością przewyższa klasyczne rozwiązania, jednak jak deklaruje producent, może być on w po prawidłowej zabudowie kompletnie bezobsługowy i nie wymagający konserwacji. Problemem może być konieczność wykonania prac utrzymaniowych toru w obrębie przejazdu, wtedy konstrukcja może wymagać całkowitego demontażu [7].

Do zalet systemu GTP zaliczyć można przede wszystkim możliwość użytkowania płyt tuż po wbudowaniu, ale także pewność konstrukcji poprzez użycie prefabrykatów, czy też możliwość przenoszenia ekstremalnie wysokich obciążeń w terminalach, portach czy na placach ładunkowych. Konstrukcja redukuje hałas, wibracje i ogranicza oddziaływania dynamiczne. Z całą pewnością możliwością zabudowy w łukach o niewielkich wartościach promieni jest wartością dodaną dla zarządców infrastruktury przeładunkowej [7].

Reasumując, konstrukcje płyt GTP z całą pewnością wymagają dużo uwagi i odpowiedniego przygotowania na etapie wykonywania podbudowy czy stref przejściowych. Sam proces wbudowania może być kłopotliwy dla mało doświadczonych firm wykonawczych, jednak nie wyklucza to zalet takiego rozwiązania. Trwałość konstrukcji, odporność na przenoszenie bardzo dużych nacisków pochodzących

od transportu drogowego, czy w przyszłości brak konieczności konserwowania przejazdu świadczyć może o mocnych stronach rozwiązania. W Polsce rozwiązanie to nie jest bardzo popularne, natomiast przykład zabudowy płyt w 2020 roku na modernizowanej linii kolejowej nr 7 na odcinku np. Dęblin – Nałęczów, może przekazać istotne informacje na temat doświadczeń związanych z utrzymaniem i eksploatacją płyt GTP na przyszłość [8].

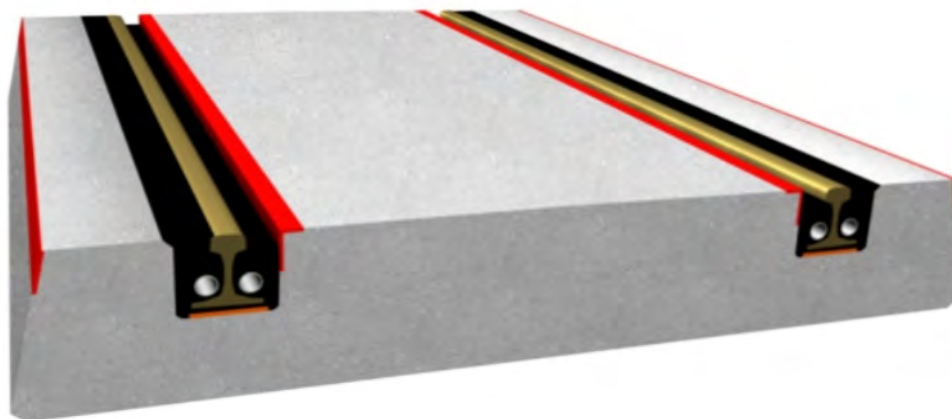
Nawierzchnia typu Tines – Edilon LC-L

Edilon LC-L jest zintegrowaną nawierzchnią kolejowo - drogową produkowaną przez firmę TINES. Jest to uniwersalna technologia bezpodsypkowa, która może zostać zastosowana w infrastrukturze kolejowej, tramwajowej oraz w metrze. Prefabrykowane płyty żelbetowe przystosowane są do szyn o rozstawie 1435 mm oraz 1520 mm. Dzięki swojej uniwersalności, konstrukcja ta współpracuje z szynami kolejowymi 60E1 i 49E1 oraz z szynami rowkowymi 60R2. Płyty Edilon LC-L ze względu na swoją budowę oraz właściwości stosowane są na liniach jednotorowych lub wielotorowych. W zależności od typu płyty, technologia ta może być stosowana w łukach o promieniu:

- $R \geq 850$ metrów w przypadku płyty LC-L6,
- $R \geq 400$ metrów w przypadku płyty LC-L4,
- $R \geq 350$ metrów w przypadku płyty LC-L3.

System Edilon LC-L podzielić można na dwa główne elementy:

- Prefabrykowana wielkogabarytowa żelbetowa płyta o długości 3, 4 lub 6 m z uniwersalnymi kanałami szynowymi,
- System szyn w otulinie ERS.



Rys. 7 Przekrój konstrukcji przejazdu Edilon LC-L [9]

Edilon LC-L należy do nawierzchni bezpodsynekowych, która nie opiera swojej konstrukcji na podkładach. Technologia ta jest bardzo podobna do wspomnianych wcześniej nawierzchni GTP. Montaż płyt powinien zostać rozpoczęty na torze kolejowym dopiero po przeprowadzeniu badań diagnostycznych, które stwierdzą, że infrastruktura w okolicy przejazdu kolejowo-drogowego jest w dobrym stanie i nie będzie wymagała w najbliższym czasie prowadzenia prac utrzymaniowych. Prace montażowe wymagają ciężkiego sprzętu, który będzie umieszczał płyty w miejscu wbudowania. Pierwszym zadaniem jest przygotowanie oraz odpowiednie zagęszczenie podłoża. Na podłożu gruntowym układana jest warstwa niesortu kamiennego, który następnie jest zagęszczany. Warstwa podbudowy wykonana z niesortu musi zostać zbadana z wykorzystaniem płyty dynamicznej lub płyty VSS w celu wyznaczenia modułu odkształcenia. Następnie geodeta powinien sprawdzić, czy materiał jest wbudowany zgodnie z projektem. Warstwa podbudowy przykryta jest warstwą grysłu. Montaż samego przejazdu jest stosunkowo szybki dzięki wykorzystaniu prefabrykowanych elementów, które mogą zostać dostarczone na miejsce budowy przed rozpoczęciem prac. W kanałach szynowych po odpowiednim ułożeniu płyt montowane są ciągłe przekładki podszynowe. W celu zapewnienia odpowiedniego wyrównania szyny w pionie, montowane są podkładki podszynowe w odpowiednich odstępach. Szyna zamontowana w kanale zostaje zalana specjalną masą zalewową Edilon, która zapewnia dobrą szczelność całej konstrukcji przejazdu.

Nawierzchnia Edilon LC-L wykonana z prefabrykowanych żelbetowych płyt wielkogabarytowych posiada swoje zalety i wady. Zaletą tego rozwiązania jest szybkość montażu, który może zostać wykonany w ciągu jednej zmiany, co umożliwia zabudowę przejazdu w ciągu jednego zamknięcia nocnego toru. Do najważniejszych zalet tego systemu można zaliczyć również:

- Niskie koszty utrzymania przejazdu.
- Skuteczne odwodnienie toru na przejeździe.
- Jednolite osiadanie toru i jezdni.
- Wysoka trwałość przejazdu dzięki zastosowanym materiałom.
- Dobra redukcja wibracji dzięki zastosowaniu ciągłych przekładek podszynowych.
- Wysokiej jakości izolację elektryczną.
- Brak powstawania klawiszowania w trakcie eksploatacji.

Główną wadą tego typu nawierzchni jest przede wszystkim różnica sztywności między nawierzchnią kolejową, a samym przejazdem, co może doprowadzić do osiadania toru. Problemатyczny również jest demontaż nawierzchni przez zastosowanie masy zalewowej oraz połączeniu sąsiadujących ze sobą płyt. Technologia Edilon LC-L jest droższa od nawierzchni podsypkowych o około 40 – 50%.

Nawierzchnia typu Holdfast

Nawierzchnia typu Holdfast stosowana najczęściej w Anglii zaliczana jest do nawierzchni podsypkowych z prefabrykowanych płyt żelbetowych. Niestety nawierzchnia ta nie jest uniwersalna i może być stosowana tylko na odcinkach prostych, które mają stałe pochylenie w miejscu przejazdu kolejowo-drogowego. Technologia ta wykorzystywana jest na liniach jednotorowych oraz wielotorowych, na których zastosowane są podkłady strunobetonowe. Nawierzchnia składa się z płyt wewnętrznych oraz zewnętrznych. Płyty zewnętrzne wykorzystywane są do zabudowy nawierzchni między szynami na przejeździe. Płyty zewnętrzne wykorzystywane są do zabudowy przestrzeni między szyną, a belką podporową.

Montaż tego rodzaju nawierzchni jest bardzo podobny do większości rozwiązań wykorzystujących prefabrykowane płyty żelbetowe. Proces montażu powinien być wykonany na infrastrukturze szynowej, która jest w dobrym stanie. Wszelkie usterki oraz wady powinny zostać zdiagnozowane oraz usunięte przed rozpoczęciem prac.

Na podkładach strunobetonowych rozkładana jest specjalna gumowa mata, która zabezpiecza podkłady przed bezpośrednim kontaktem z płytą żelbetową. Najczęściej spotyka się prefabrykowane płyty o długości 7,2 m. Dolna strona wyprofilowana jest w taki sposób, żeby pasowała kształtem do górnej powierzchni podkładów strunobetonowych. Szyny łączone są z płytą z wykorzystaniem wkładek gumowych. Specjalnie zaprojektowane wkładki mają kształt, który przystosowany jest do różnego rodzaju przytwierdzeń dzięki czemu możliwe jest oparcie ich na stopce szyny.



Rys. 8 Nawierzchnia typu Holdfast [10]



Rys. 9 Wkładka gumowa [6]

Dużą zaletą tego rozwiązania jest szybkość montażu oraz mała liczba elementów. Zastosowania wkładek gumowych oraz gumowej maty pod płytą znacząco ogranicza drgania wywoływane przejeżdżającymi pojazdami drogowymi oraz szynowymi. Dodatkową zaletą zastosowania wkładek gumowych jest zabezpieczenie toru przez zanieczyszczeniami.

Wadą tego rodzaju nawierzchni jest możliwość stosowania ich tylko na odcinkach prostych, które mają stałe pochylenie. Rozwiązanie to wymaga wręcz idealnej geometrii toru. Dodatkową wadą jest ciężar wykorzystanych materiałów, który wymaga użycia ciężkiego sprzętu do montażu.

Podsumowanie

Obecnie na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań. Technologie te są mocno zróżnicowane i zawierają się w kategoriach takich jak płyty gumowe, małe płyty prefabrykowane, czy też wielkogabarytowe płyty, a także konstrukcje bezpodsypkowe. Istotnym trendem, zdobywającym coraz większą popularność podczas modernizacji linii kolejowych jest wybór technologii, które cechują się wysoką trwałością i jakością, nawet mimo znacznego kosztu. Świadczy to m.in. po zaleceniach PKP Polskich Linii Kolejowych, które nie rekomendują już wyboru klasycznych rozwiązań, takich jak np. płyty CBP. Również zagadnienie *Asset Management* staje się coraz bardziej popularne w polskiej branży budowlanej. Dotyczy więc całego cyklu życia elementu krytycznego: od projektowania do rozbiórki przez m.in. budowę i konserwację. Kwestia samego wyboru danej technologii jest bardzo złożona, jednak również rozwój nowoczesnych konstrukcji sprawia, że można stosować w zabudowie rozwiązania bardziej wytrzymałe i prostsze w montażu, w porównaniu do tych, które pojawiły się na rynku lata temu.

Literatura:

- [1] Karta techniczna producenta, dostęp online: http://www.strunbet.pl/wp-content/katalog/karty_teczniczne/KT_29_CBP.pdf, dostęp na dzień 19.04.2021.
- [2] Wytwórnia Podkładów Strunobetonowych S.A. w Miłosławiu Ujskim, dostęp online: <https://wps-sa.com.pl/oferta/przejazd-kolejowy-i-tramwajowy>, dostęp na dzień 18.04.2021.
- [3] Przebudowa przejazdu kolejowego Mirosław Ujski Warszawa-Włochy, dostęp online: <https://ambplus.pl/przebudowa-przejazdu-kolejowego-miroslaw-ujski-warszawa-wlochy/>, dostęp na dzień 18.04.2021.
- [4] W. Oleksiewicz, S. Żurawski, Drogi Szynowe, Podstawy Projektowania Przejazdów, Zakład Inżynierii Komunikacyjnej, Wydział Inżynierii Lądowej Politechnika Warszawska, Warszawa 2002/2005, dostęp online: <http://wektor.il.pw.edu.pl/~zuraw/pliki/Projektowanie%20przejazdow.pdf>, dostęp na dzień 18.04.2021.
- [5] Rozwiązania STRAIL, KRAIBURG Holding GmbH & Co. KG, dostęp online: <https://www.strail.de/level-crossing-systems/?lang=en>, dostęp na dzień 18.04.2021.
- [6] Kędra Z. i inni, Drogi Szynowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013, dostęp online: <https://pbc.gda.pl/Content/30780/koc.pdf>, dostęp na dzień 18.04.2021.

- [7] Instrukcja Montażu Torowych Płyt Nośnych systemu GTP, B+F Beton- und Fertigteilgesellschaft mbH Lauchhammer, 2019.
- [8] Prezentacja Torowe Płyty Nośne BETONFERTIGTEILE rewolucja w budowie i utrzymaniu infrastruktury kolejowo-drogowej, Ein Unternehmen der Spezialtechnik-Gruppe Dresden, Warszawa 2015. Dostęp online: http://www.przejazdy-kolejowe.kolej.com.pl/files/pkd2015_betonfertigteile.pdf, dostęp na dzień 18.04.2021.
- [9] Katalog promocyjny firmy TINES CG S.A., dostęp online: <https://www.tinescg.com/infrastruktura-szynowa/system-tines-lcl/>, dostęp na dzień 19.04.2021.
- [10] Wybrane zagadnienia budownictwa komunikacyjnego, dostęp online: http://pliki.mwsl.eu/Wybrane_zagadnienia_budownictwa_korekta.pdf, dostęp na dzień 19.04.2021

PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE

Dorota Zawadzka, Jan Strojny

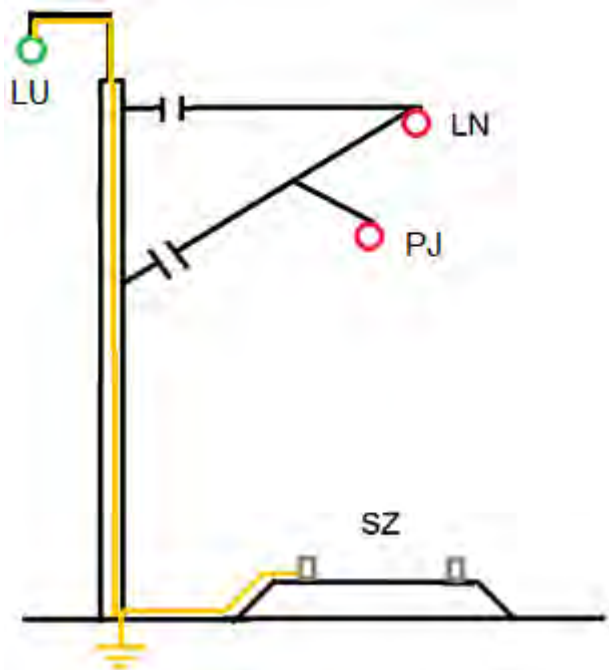
*Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie
Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe „Transport”*

W referacie zostały zaprezentowane różnice występujące pomiędzy najczęściej stosowanymi systemami zasilania kolejowej sieci trakcyjnej w Europie. Porównane zostały rozwiązania takie jak zasilanie prądem przemiennym 2x25 kV 50 Hz występującym w większości państw Europejskich oraz prądem stałym 3 kV używanym m. in. w Polsce. Zestawione zostały wady i zalety takich rozwiązań, a także różnice w infrastrukturze niezbędnej do funkcjonowania danego systemu.

Na terenie Europy panuje duże zróżnicowanie w kwestii zasilania kolejowej sieci trakcyjnej. Można wśród nich wyróżnić cztery najszerzej stosowane rozwiązania: 1,5 kV DC, 3 kV DC, 15 kV 16.7 Hz AC oraz 25 kV 50 Hz AC. Spośród tych systemów najczęściej stosowanym jest 25kV AC, stosują go m. in. kraje takie jak Hiszpania, Francja, Włochy, Węgry, Wielka Brytania, Czechy, Słowacja czy Turcja. Z napięcia 15 kV AC głównie korzystają państwa Europy środkowej i północnej takie jak Szwajcaria, Austria, Niemcy, Norwegia i Szwecja. Warto zauważyć, że duża część państw korzysta z kilku systemów np. w Czechach jest to zarówno 1,5 kV DC jak i 3kV DC. Więcej niż jeden system zasilania kolejowej sieci trakcyjnej można spotkać także na Słowacji, we Włoszech oraz w Hiszpanii. Polska, Łotwa i Estonia wykorzystują wyłącznie system 3 kV DC. Wybór systemu zasilania sieci trakcyjnej w danym państwie zależał głównie od kwestii gospodarczych, politycznych, militarnych, a także od poziomu wiedzy i względów technicznych.

W przypadku zasilania kolejowej sieci trakcyjnej prądem stałym, wśród krajów Europy najbardziej powszechne jest zastosowanie napięcia 3 kV. Takie rozwiązanie sprawdza się w przypadku linii, na których pociągi poruszają się z prędkością do 250 km/h, a ich moc nie przekracza 6 MW. Zastosowanie niższego napięcia powoduje zwiększenie natężenia prądu w przewodzie jezdnym, co skutkuje koniecznością zastosowania przewodów o większych przekrojach. Poza szlakami o małych prędkościach, konieczne jest zastosowanie dwóch przewodów jezdnych, a w przypadku prędkości powyżej 120 km/h również dwóch lin nośnych. Dodatkowo wymagana jest linia uszynienia grupowego połączona z szynami jezdnyymi, której zadaniem jest zabezpieczenie sieci przed przebiciami na izolatorach bądź kolizją przewodu jezdnego z przedmiotami, które nie

powinny się z nią stykać. Przekłada się to na masę całej sieci trakcyjnej oraz ilość materiałów koniecznych do jej budowy. Infrastruktura potrzebna do zasilania tego systemu składa się z podstacji zasilających w których prąd sieciowy jest transformowany i prostowany do potrzebnego napięcia. Podstacje mogą być oddalone od siebie o 10 do 30 km, jeżeli odległość ta przekracza 12 km, stosowane są kabiny sekcyjne. Ich zadaniem jest eliminacja spadków napięcia. Zasilanie odbywa się dwustronnie. Jedna podstacja może zasilać koniec jednej i początek następnej sekcji.

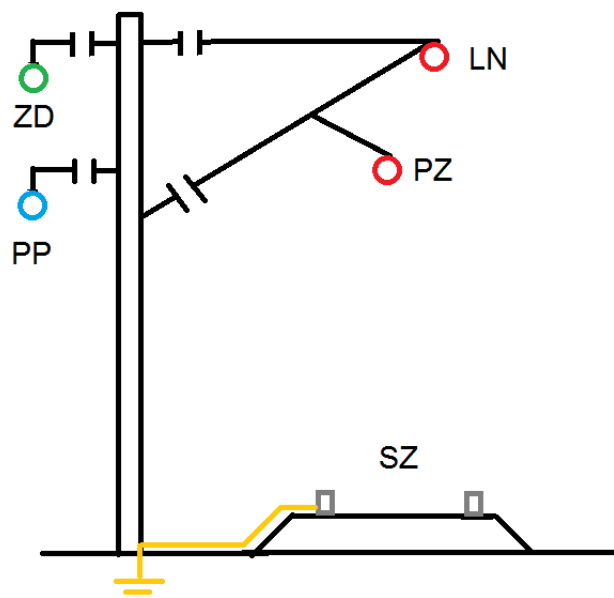


Rysunek 26 Rozmieszczenie przewodów w systemie 3 kV DC

LN - lina nośna, PJ - przewód jezdny, LU - linia uszynienia grupowego, SZ - szyny jezdne

Jednym z najszerszej stosowanych rozwiązań zasilania kolejowej sieci trakcyjnej prądu przemiennego w Europie jest system 2x25V AC. Ze względu na wysokie napięcie pozwala on na najkorzystniejszy przesył energii do pojazdów trakcyjnych rozwijających znaczne prędkości (ponad 250 km/h), pozwala ono również na używanie pojazdów o mocy nawet 20 MW. Dzieje się tak dlatego, że prąd przemienny jest łatwy w transformowaniu, a jego moc czynna zależy od iloczynu napięcia i natężenia więc przy wysokiej wartości potencjału przez przewód płynie prąd o niższym natężeniu. Powoduje to zmniejszenie strat energii na rezystancji samego przewodu, który może dzięki temu mieć mniejszy przekrój. Zaletą jest, że sieć staje się lżejsza, pomimo większej liczby przewodów (wymagany jest jeszcze przewód powrotny oraz zasilacz dodatkowy). Ich średnica zależy głównie od przenoszonych naprężeń mechanicznych, powstających w wyniku działania siły

grawitacji pomiędzy ich punktami podwieszenia. System ten umożliwia rozmieszczanie podstacji zasilających w większych odległościach, gdyż mogą być one oddalone od siebie o 20 do nawet 70 km. Dodatkowo co 10 - 15 km stosowane są kabiny sekcyjne z autotransformatorem łączącymi dodatkowy przewód zasilający z siecią jezdnią. Powoduje to utrzymanie stałego napięcia między przewodem zasilającym i szynami, zapobiega znacznym jego spadkom, a w efekcie pozwala na zwiększenie odległości pomiędzy podstacjami zasilającymi. Sporą zaletą systemu 2x25 kV AC jest jego jednostronne zasilanie. Podstacje trakcyjne nie muszą łączyć kolejnych części sieci, dzięki czemu nie muszą znajdować się na ich końcach. Zmniejsza to koszt budowy takiej sieci, gdyż podstacja może powstać w miejscu, w którym wymagana jest mniejsza ingerencja w teren.



Rysunek 27 Rozmieszczenie przewodów w systemie 2x25kV AC

LN - lina nośna, PZ - przewód zasilający, PP - przewód powrotny,
ZD - zasilacz dodatkowy, SZ - szyny jezdne

Podsumowując, system zasilania sieci trakcyjnej prądem przemiennym pozwala na uzyskanie większych prędkości pociągów oraz zmniejszone straty energii elektrycznej. Wymaga stosowania transformatorów w kilkunastokilometrowych odległościach, natomiast w podobnej odległości dla prądu stałego konieczne są kabiny sekcyjne. Warto zaznaczyć, że zasilanie systemu 3 kV DC odbywa się obustronnie, a przy prądzie przemiennym, jednostronnie.

Źródła:

1. J. .I Perret, M. Friaud, G. Przeniosło, "Zalety systemu zasilania trakcji 2x25kV++",
<https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d9e46f34-bc99-4dfb-aad3-5e653665cec3/c/PerretTTS1-2.pdf>
2. dr inż J. Biliński, K. Feder, mgr inż. M. Kaniewski, dr J. Majewski, dr inż. A. Rojek, "3 czy 25 kV? Porównanie systemów zasilania kolejowej sieci trakcyjnej",
<http://www.prokolej.org/img/Raport-%203-czy-25-kV.pdf>
3. A. Szelaż, L. Mierzwiejewski, "Systemy zasilania linii kolejowych dużych prędkości jazdy",
<http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BGPK-1003-3821/c/Szelaż.pdf>
4. <http://www.transportszynowy.pl/trakcja.php>

PLAKATY

**URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO
BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI**

Krzysztof Dulęba, dr hab. inż. Mieczysław Kornaszewski, prof. UTH Rad.
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu



IV ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport Kolejowy: Przeszłość – Teraźniejszość – Przyszłość”

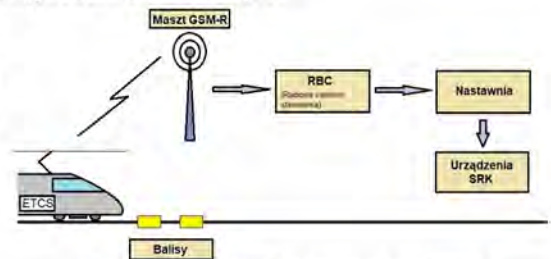
„URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM PRZEZNACZONE DO BEZPIECZNEGO PROWADZENIA RUCHU NA LINIACH DUŻYCH PRĘDKOŚCI”

Czym są koleje dużych prędkości oraz system ERTMS?

Kolejami dużych prędkości według Międzynarodowego Związku Kolejowego UIC nazywamy pociągi, zdolne do osiągnięcia prędkości handlowej powyżej 250 km/h. Związane są one bezpośrednio z koncepcją **interoperacyjności** kolei w Europie.

W wyniku rozwoju koncepcji interoperacyjności kolei państw członkowskich Unii Europejskiej powstał Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym ERTMS. Stanowi on kluczowy element integralności europejskich systemów kolejowych i zakłada wdrożenie jednego zunifikowanego systemu zdolnego do automatycznej kontroli ruchu pociągów.

System ERTMS (ETCS + GSM-R) do kontroli ruchu kolejowego wykorzystuje transmisje radiowe pomiędzy kabiną pociągu a nastawnią. Jako transmitery służą urządzenia zwane balisami (eurobalisami).



Rys. 1 Ogólny schemat działania systemu ERTMS

Koleje dużych prędkości w Polsce

Rozwój kolei dużych prędkości powiązany jest również z interoperacyjnością europejskiego transportu kolejowego oraz budową i rozwojem nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym.

Obecnie najpopularniejszą wdrożoną do użytku publicznego linią kolei dużych prędkości w Polsce jest **Centralna Magistrala Kolejowa**. Wyposażona w Europejski System Sterowania Pociągami ETCS poziomu I pozwala na rozwinięcie prędkości maksymalnej do 200 km/h.

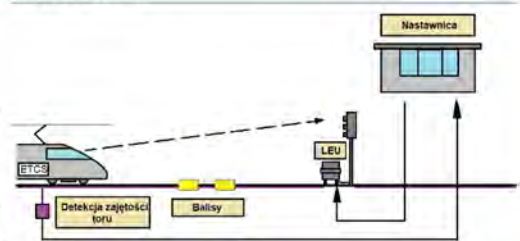
Wyposażenie CMK w urządzenia ETCS poziomu I pozwoliło na poprawę kontroli prędkości pociągu. Transmisja pomiędzy balisami a nastawnicą zapewnia regulację zajętości odcinka toru. W dalszym ciągu jednak maszynista zobowiązany jest do kontroli sygnałów semaforów przytorowych.

CMK jest stale modernizowana pod względem wdrażania najnowszych systemów bezpieczeństwa. Jedną z poważniejszych modernizacji jest budowa nowoczesnego **Lokalnego Centrum Sterowania** w Ildzikowicach.

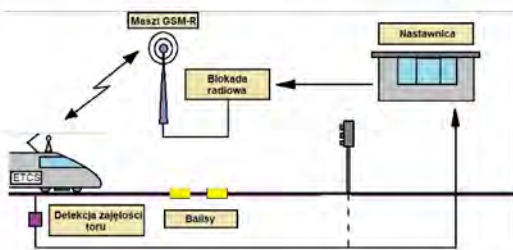
Bezpieczeństwo zapewniają także najnowsze urządzenia srk pracujące na linii CMK, np. komputerowy system nastawczy **Ebilock 950** (Bombardier Transportations ZWUS Katowice) oraz nowoczesny napęd zwrótnicowy **EbiSwitch 2000** (współpraca firmy Bombardier oraz grupy KZN Biezańów).



Rys. 2 Przebieg trasy Centralnej Magistrali Kolejowej



Rys. 3 Schemat działania systemu ETCS poziomu I



Rys. 7 Schemat działania systemu ETCS poziomu II



Rys. 4 Współpraca balis urządzeń odbiorczymi na pociągu



Rys. 5 Umiejscowienie Lokalnego Centrum Sterowania w Ildzikowicach



Rys. 6 Napęd zwrótnicowy typu EbiSwitch 2000

Przyszłość kolei dużych prędkości w Polsce

Koleje dużych prędkości nabierają w Polsce coraz większego znaczenia dla transportu kolejowego. Planowane jest uruchomienie nowych linii wyposażonych w system ETCS poziomu I, a także modernizacja już istniejących odcinków, przystosowując je do wdrożenia systemu ETCS poziomu II, np. Warszawa – Gdańsk.

System **ETCS poziomu II** jest kolejnym etapem wdrażania koncepcji interoperacyjności kolei w Europie. Pozwala on na monitorowanie przez system większości parametrów pociągu, a brak konieczności korzystania z infrastruktury przytorowej pozwoli na płynne poruszanie się w systemach kolejowych różnych państw w tzw. ruchomym odstępie blokowym.

Wnioski

Wprowadzenie interoperacyjności kolei w Europie znacznie zmniejszy czas oraz koszty przewozu towarów. W Polsce budowa nowych linii wyposażonych w system ETCS poziomu I i II wymusza stosowanie nowoczesnych urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Należy jednak przy tym uważać, ponieważ zbyt szybka modernizacja sieci kolejowej może spowodować wykluczenie z eksploatacji dotychczas stosowanych taborów i przyczynić się do znacznego zmniejszenia natężenia ruchu kolejowego. Stałym problemem, szczególnie odnoszącym się do kolei dużych prędkości, pozostaje zasilanie sieci trakcyjnej wynoszące w Polsce 3kV prądu stałego. Aby uzyskać odpowiednie moce zasilające konieczna będzie modernizacja sieci zasilającej na nowych i modernizowanych liniach kolejowych na 25kV prądu zmiennego.

**ANALIZA JAKOŚCI INFRASTRUKTURY PASAŻERSKIEJ I
DOSTĘPNOŚCI TABORU KOLEJOWEGO NA OBSZARZE
AGLOMERACJI TRÓJMIEJSKIEJ**

Agata Dzienisz, Julia Szulta

Politechnika Gdańska

Dostępność kas biletowy i biletomatów na mniejszych stacjach.



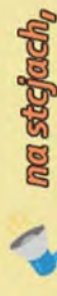
Bezpieczeństwo i komfort korzystania z peronu

- !!!! zanieczyszczona i nierówna nawierzchnia,
- !!!! brak oznaczeń dla osób niewidomych i słabo widzących,
- !!!! brak wind i ramp,
- !!!! brak dostosowania poczekalni do niekorzystnych warunków pogodowych.



Analiza jakości infrastruktury pasażerskiej i dostępności taboru kolejowego na obszarze aglomeracji trójmiejskiej

Niedostosowanie systemu przekazywania informacji:



na stacjach,



w pociągach.



Ważne aspekty komfortu podróży:



nieprzystosowanie długości składów pociągów,



niedostosowanie temperatury w taborach,



zniechęcający poziom higieny w przedziałach.



**ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII
I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH**

inż. Marcin Orłowski, Przemysław Barszcz

Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK

ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH W ZAKRESIE TECHNOLOGII I KONSTRUKCJI INFRASTRUKTURY PRZEJAZDÓW KOLEJOWO - DROGOWYCH

inż. Marcin Orłowski, Przemysław Barszcz

Politechnika Gdańska, Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej KoDiK

Płyty CBP

- klasyczna nawierzchnia przejazdu,
- **wielkogabarytowe płyty układane na podkładach, a następnie warstwie grys,**
- na linii dwutorowej, o powierzchni przejazdu ok. 32 m² koszt zabudowy samych płyt wynosi ok. 20 tys. zł, całość ok. 45 tys. zł,
- **prostota, łatwość montażu,**
- **samodzielność pracy nawierzchni drogowej i kolejowej,**
- poprzez brak współpracy pomiędzy dwoma rodzajami nawierzchni na przejazdach powstają deformacje,
- duża masa wykorzystywanych elementów,
- **klawiszowanie.**



Rys. 1. Płyty CBP na stacji Białystok [mat. własne autora]

"Mirosław"



Rys. 2. Montaż płyt "Mirosław" - Warszawa Włochy [1]

- **założenie sprężystego zawieszenia małogabarytowych płyt,** które opierają się na stopkach szyn,
- po zewnętrznych stronach płyty opierają się na belkach podporowych (betonowych),
- amortyzatory elastomerowe, pasy gumowe uszczelniające i amortyzujące,
- **łatwość wymiany uszkodzonej płyty i szybkiego montażu za pomocą np. HDS**
- ułożenie płyt przejazd jednotorowy (41 m²) to koszt ok 42 tys. zł, całość 49 tys. zł,
- wada: konieczność mocowania płyt zewnętrznych do belki podporowej za pomocą wkrętów.

Strail



Rys. 3. Nawierzchnia STRAIL [2]

- **Rodzina nawierzchni:** STRAIL, pontiSTRAIL, veloSTRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL,
- umieszczenie na podbudowie/fundamencie specjalnych krawężników, ograniczających po bokach posadowienie zewnętrznych płyt,
- poduszki osłonowe na stopkach szyn,
- konstrukcję stężącą stalowe uchwyty oporowe mocowane na stopce szyny przy skrajnych płytach z obu stron przejazdu,
- **wysokiej jakości guma do produkcji opon i mieszanka wulkanizacyjna (recykling),**
- **bardzo duży koszt rozwiązania,**
- **rozwarstwianie się płyt,**
- poduszki amortyzujące przy dużym obciążeniu muszą być stosunkowo często wymieniane,
- **stosunkowo szybki czas zabudowy.**

Płyty GTP



Rys. 4. Montaż płyt GTP na specjalnej podbudowie [mat. własne autora]

- **Nawierzchnia bezpodsypkowa**,
- płyta z dwoma kanałami oraz systemem przytwierdzeń W14,
- charakteryzują się **dużą nośnością**
- **konieczność wykonania strefy przejściowej** zapobiegając skokowej zmianie sztywności konstrukcji
- wymagana jest trójwarstwowa podbudowa pod nawierzchnię płyt,
- kanały z zamocowanymi kanałami zasypuje się kruszywem i zalewa bigumą, żywicą/subst. bitumiczną,
- "bezobsługowa" w utrzymaniu konstrukcja,
- **dość kosztowne rozwiązanie**

- **Zintegrowana nawierzchnia kolejowo-drogowa od firmy TINES**,
- nawierzchnia bezpodsypkowa,
- w zależności od promienia łuku występują zróżnicowane rodzaje płyt,
- **prefabrykowana żelbetowa płyta**,
- **system szyn w otulinie ERS**,
- technologia Edilon LC-L jest droższa od nawierzchni podsypkowych o około 40 – 50%.

Holdfast



Rys. 6. Mocowanie gumowych elementów nawierzchni Holdfast [4]

Źródła:

[1] <https://ambplus.pl/>

[2] <https://www.strail.de/>

[3] <http://tinescg.com/>

[4] Lipko C.: Przegląd konstrukcji nawierzchni na przejazdach kolejowych. Wymagania stawiane nawierzchni. Projektowanie i modernizacja skrzyżowań w poziomie szyn. Rynek Kolejowy 2004, Nr 7-8, 73-82.

EDILON LC-L



Rys. 4. Zabudowana płyta EDILON [3]

- Nawierzchnia podsypkowa z prefabrykowanych płyt żelbetowych,
- **popularna w Anglii** konstrukcja,
- wyłącznie stosowana na odc. prostych,
- **na podkładach strunobetonowych rozkładana jest specjalna gumowa mata, która zabezpiecza podkłady przed bezpośrednim kontaktem z płytą żelbetową**,
- szyny łączone są z płytą przez wkładki gumowych.

K DiK

Koło Naukowe Inżynierii Drogowej i Kolejowej



PORÓWNANIE SYSTEMÓW ZASILANIA KOLEJOWEJ SIECI TRAKCYJNEJ W EUROPIE

Dorota Zawadzka, Jan Strojny

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie



Porównanie systemów zasilania kolejowej sieci trakcyjnej w Europie



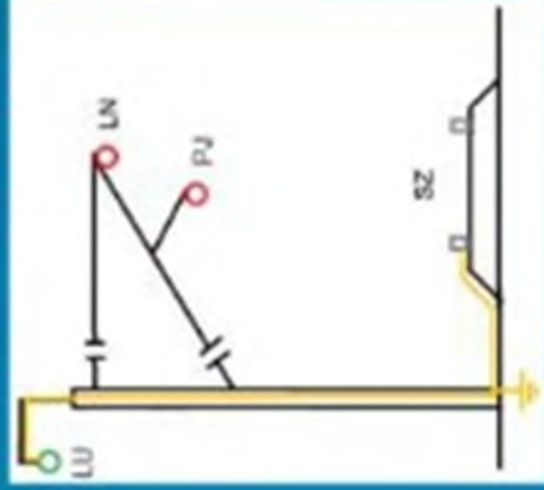
Dorota Zawadzka, Jan Strojny

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie
Wydział Mechaniczny, Koło Naukowe "Transport"

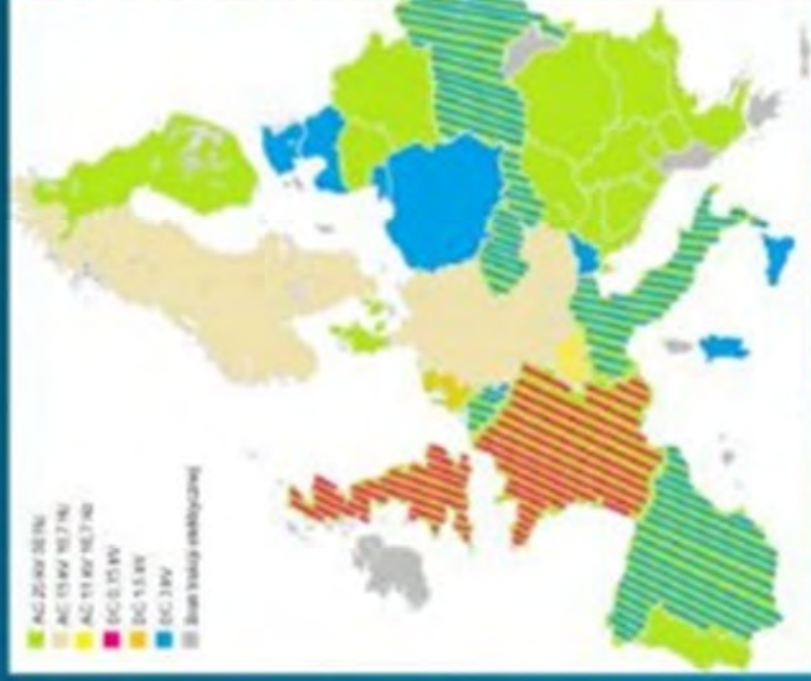
Najczęściej stosowany system DC to 3 kV

Wyróżniają go:

- duży przekrój przewodów zasilających
- podwójne przewody zasilające i liny nośne na szlakach o prędkości powyżej 120 km/h
- masa sieci trakcyjnej wyższa niż w przypadku systemu AC.
- pozwała zasilac pojazdy trakcyjne o mocy do 6MW.
- prędkość zasilanych pojazdów zwykle nie przekracza 250 km/h.
- zasilanie dwustronne
- podstacje zasilające co 10 - 30km.
- kabiny sekcyjne co około 12 km.



LN - lina nośna, PJ - przewód jezdny,
LU - linia uszynienia grupowego,
SZ - szyny jezdne

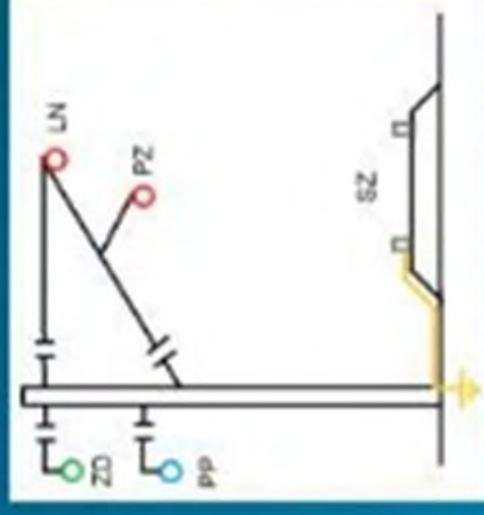


Wybór systemu zasilania sieci trakcyjnej w państwach Europy zależał od kwestii gospodarczych, politycznych, militarnych, a także od poziomu wiedzy i względów technicznych. Można wśród nich wyróżnić cztery najszerzej stosowane rozwiązania: 1,5 kV DC, 3 kV DC, 15 kV 16.7 Hz AC oraz 25 kV 50 Hz AC. W niektórych państwach wykorzystywany jest więcej niż jeden system.

Najczęściej stosowany system AC to 2x25 kV

50 Hz. Wyróżniają go:

- niewielki przekrój przewodów zasilających
- dodany przewód zasilacza dodatkowego
- masa sieci trakcyjnej niższa niż w przypadku systemów DC
- pozwala zasilac pojazdy trakcyjne o mocy do 20 MW
- najkorzystniejszy przepływ energii dla pojazdów osiągających prędkość ponad 250 km/h
- zasilanie jednostronne
- podstacje zasilające co 20 do 70 km
- transformatory odysysające co 10 do 15 km



LN - lina nośna, PP - przewód zasilający,
ZD - przewód powrotny, ZD - zasilacz dodatkowy,
SZ - szyny jezdne



**PRZESZŁOŚĆ, TERAŻNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ KOLEI
NA PODSTAWIE HISTORII I PLANÓW DOTYCZĄCYCH
LINII KOLEJOWEJ NR 97 SKAWINA - ŻYWIEC**

Karol Zasadziński

Politechnika Warszawska, Studenckie Koło Naukowe „Balisa”

PRZESZŁOŚĆ, TERAŹNIEJSZOŚĆ I PRZYSZŁOŚĆ KOLEI NA PODSTAWIE HISTORII I PLANÓW DOTYCZĄCYCH LINII KOLEJOWEJ NR 97 SKAWINA - ŻYWIEC

WKRÓTCE

- Regularne połączenia turystyczne
- Obsługa komunikacji regionalnej
- Rozwój regionu



TERAZ

- Obiekt zainteresowania miłośników kolei i regionu
- Ambitne plany restrukturyzacyjne
- Pierwsze kolejowe połączenia po długiej przerwie



KIEDYŚ

- Zaktywizowanie słabo rozwiniętych obszarów górskich
- Ścinka drewna
- Połączenie wschodu kraju z zachodem



ROLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO W OBSŁUDZE PORTÓW LOTNICZYCH W POLSCE

Wojciech Sawicki

Politechnika Krakowska

20 MAJA 2021 R

ROLA TRANSPORTU KOLEJOWEGO W OBSŁUDZE PORTÓW LOTNICZYCH W POLSCE

IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWO - TECHNICZNA
TRANSPORT KOLEJOWY 2021



KOLEJĄ NA LOTNISKO

mgr inż. Wojciech Sawicki
Politechnika Krakowska

Rozwój sieci połączeń kolejowych związanych z budową CPK, zrewolucjonizuje sposób podróżowania, nie tylko na lotniska, ale także zoptymalizuje połączenia między miastami.

Porównując istniejącą i planowaną siatkę połączeń transportu kolejowego, a także plan utworzenia Centralnego Portu Komunikacyjnego możemy spodziewać się zmiany sposobu transportu pasażerskiego do portów lotniczych na terenie Polski.

Analizując koncepcje rozwoju sieci połączeń warto zastanowić się nad decyzyjnością podróżnych co do wyboru środka transportu przy planowanej podróży transportem lotniczym.

Udział Kolei w obsłudze Lotnisk w Polsce w 2020 roku wynosił:
- Warszawa do 10%, - Kraków do 7%, Lublin 8%.

Stacje kolejową Frankfurt Airport w 2009 odwiedzało 23 000 osób dziennie.

**CENTRALNY PORT
KOMUNIKACYJNY,
POWODEM
ZWIĘKSZENIA DOSTĘPNOŚCI
I KOMFORTU
PODRÓŻUJĄCYCH
TRANSPORTEM KOLEJOWYM**

2021 / 2034

Lotniska, na które
dojedziemy pociągiem:

- **Warszawa Lotnisko Chopina**
/ co 15 minut
- **Warszawa Modlin** / 1 raz na
godzinę
- **Kraków Balice** / co 30 minut
- **Gdańsk** / raz na godzinę
- **Szczecin** / 7 pociągów
dziennie
- **Lublin** / 3 pociągi dziennie
- **Olsztyn** / 2 pociągi dziennie

Budowa CPK jest ogromną
szansą dla zwiększenia roli
kolei w obsłudze portów
lotniczych w Polsce.
Zaplanowano **12** tras
kolejowych, w czym 10 szprych
doprowadzających do
**Centralnego Portu
Komunikacyjnego** i Warszawy
z różnych rejonów polski.
Do końca **2034 roku**
powstanie **1789 km** nowych
linii kolejowych.

Połączenia kolejowe na lotniska to usługa zapewniająca pasażerski transport kolejowy z lotniska do pobliskiego miasta pociągami linii głównej lub podmiejskiej, szybkim tranzytem lub lekką koleją. Bezpośrednie połączenia dowożą pasażerów bezpośrednio na terminal lotniska, podczas gdy inne systemy wymagają pośredniego korzystania z transportu osób lub autobusu wahadłowego.

Chociaż połączenia kolejowe z lotniskami są popularnymi rozwiązaniami w Europie i Japonii od dziesięcioleci, dopiero niedawno zostały zbudowane połączenia w Ameryce Północnej, Oceanii i pozostałej części Azji.

Korzyści dla pasażera obejmują krótszy czas podróży i łatwe połączenie z innymi środkami transportu publicznego. Dodatkowo ogranicza się w ten sposób ruch samochodowy czy likwiduje problem braku miejsc parkingowych. Dodatkowo połączenia kolejowe przynoszą korzyści lotniskom, przyciągając więcej pasażerów dzięki łatwemu dostępowi.

**ILOŚĆ CZYNNYCH LINII
KOLEJOWYCH W POLSCE
W 2021 ROKU : 19 503 KM**

**1789 KM NOWYCH LINII
KOLEJOWYCH DO KOŃCA
2034 ROKU DO OBSŁUGI
CENTRALNEGO PORTU
KOMINIKACYJNEGO**





Urząd Transportu Kolejowego
Al Jerozolimskie 134
02-305 Warszawa
www.utk.gov.pl