

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE LOGISTYKI WYMIANY ROZJAZDÓW KOLEJOWYCH¹

Jacek Paś

mgr inż., Kolejowe Zakłady Nawierzchniowe „Bieżanów” sp. z o.o., 30-740 Kraków, ul. Półłanki 25, tel. 12 651 09 01, j.pas@kzn.pl

Magdalena Kamińska

mgr inż., Kolejowe Zakłady Nawierzchniowe „Bieżanów” sp. z o.o., 30-740 Kraków, ul. Półłanki 25, tel. 12 651 09 01, m.kaminska@kzn.pl

***Streszczenie.** W celu poprawy konkurencyjności transportu kolejowego w stosunku do transportu samochodowego i lotniczego, rozwijane są linie dla kolei dużych prędkości, które cechuje m.in. wysoka jakość zabudowy toru, a w szczególności rozjazdów. Dbając o spełnienie wysokich wymagań, a głównie ze względu na bezpieczeństwo, przystępuje się do projektowania specjalistycznych systemów transportowych w procesie załadunku, logistyki, wyładunku i zabudowy rozjazdów w liniach kolejowych. W artykule przedstawiono wykorzystywane obecnie na polskim rynku technologie zabudowy rozjazdów kolejowych. Sprecyzowano wynikające z błędnej technologii zabudowy zagrożenia i ryzyka. Przedstawiono zarys założeń do zaprojektowania nowatorskiej, kompleksowej technologii produkcji transportu i zabudowy rozjazdów kolejowych.*

Słowa kluczowe: logistyka, rozjazd kolejowy, wagon

1. Wstęp

Współczesny transport szynowy, uznawany za najbardziej ekologiczny i uniwersalny, wymaga wykonawstwa nawierzchni, w tym rozjazdów kolejowych, przystosowanych do:

- dużych prędkości,
- dużych nacisków osi,
- dużego obciążenia ruchem.

Transport kolejowy w celu poprawy konkurencyjności z transportem samochodowym i lotniczym rozwija linie dedykowane coraz wyższym prędkością, które cechują się m.in. wysoką jakością zabudowy toru kolejowego, a w szczególności rozjazdów. Wymaga to stosowania najnowszych rozwiązań z zakresu metalurgii materiałów stosowanych w produkcji nawierzchni, ze szczególnym uwzględnieniem procesu załadunku, wyładunku i montażu rozjazdów kolejowych w miejscu zabudowy. Tendencje rynku i ceny dostępu do infrastruktury szynowej w Europie określają tempo robót wykonawstwa inwestycyjnego oraz wymiany nawierzchni szynowych w ramach modernizacji i rewitalizacji istniejących linii kolejowych.

¹ Wkład procentowy poszczególnych autorów: Paś J. 75%, Kamińska M. 25%

2. Założenia projektowe logistyki rozjazdów kolejowych w Polsce

2.1. Analiza problemu badawczego, kompletacja danych wejściowych

Wymagania odnośnie skracania czasu zamknięć torowisk powodują konieczność nieustannych penetracji najnowszych technologii w zakresie maszyn i urządzeń dla modernizacji i rewitalizacji linii kolejowych. Firmy krajowe oraz międzynarodowe wspólnie z zarządcami infrastruktury szynowej w Europie w odpowiedzi na wymagania rynku poszukują najlepszych form dostawy i zabudowy z zachowaniem wysokiej jakości początkowej i tolerancji rozjazdów kolejowych.

Zważywszy na złożoność konstrukcji rozjazdu i jego elementów [1], wynikającą ze skomplikowanego układu geometrycznego i statycznego, niejednorodnej sztywności podłużnej i poprzecznej elementów, łatwo określić, jak dużo trudności wiąże się z jego wykonaniem i utrzymaniem w stałej niezawodności. Dbając o spełnienie wysokich wymagań, a głównie ze względu na bezpieczeństwo transportu szynowego, przystępuje się do projektowania specjalistycznych systemów transportowych w procesie załadunku, logistyki, wyładunku i zabudowy rozjazdów kolejowych w liniach kolejowych.

Produkcja i montaż rozjazdu kolejowego odbywa się obecnie w zakładach wytwórczych, na specjalistycznych stołach montażowych. Zmontowany rozjazd jest poddany odbiorom przez wewnętrzną kontrolę jakości oraz zamawiającego, według specjalnie do tego przygotowanych kartach pomiarowych z wykorzystaniem przyrządów i szablonów pomiarowych. Po dokonanych odbiorze, rozjazd kolejowy jest demontowany na części rozjazdowe, a następnie ładowany zostaje na platformy transportowe, w zależności od wymagań zamawiającego jest to samochód ciężarowy typu TIR lub wagon kolejowy. Po załadunku rozjazdu na środek transportu, producent nie ma żadnego wpływu na jakość transportu i rozładunku w miejscu docelowym. Kolejnym etapem procesu logistyki jest ponowny montaż rozjazdu kolejowego w liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. przez firmy budowlane, nierzadko nie mające przeszkolenia oraz doświadczenia w zakresie montażu rozjazdów kolejowych.

Brak możliwości dostawy i instalacji rozjazdu w całości i wiążąca się z tym konieczność demontażu skutkuje obniżeniem parametrów technicznych rozjazdu. Utrudnione, a w niektórych przypadkach niemożliwe jest osiągnięcie parametrów technicznych na poziomie identycznym jak uzyskane w procesie produkcyjnym na stołach montażowych u producenta. Konieczność demontażu i ponowny montaż rozjazdów dodatkowo znacząco wydłuża łączny czas produkcji i instalacji rozjazdu, co skutkuje koniecznością wydłużenia okresu wyłączenia linii kolejowych na czas modernizacji.

Kluczowe elementy mające wpływ na optymalizację procesu wymiany rozjazdu:

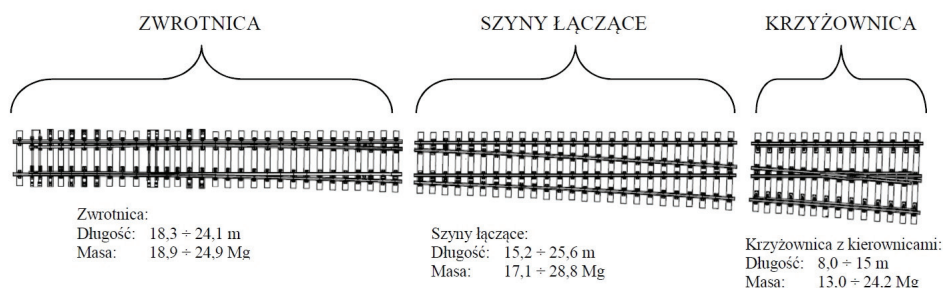
- rozjazd dostarczony na teren wymiany musi być maksymalnie zmontowany, optymalnym rozwiązaniem jest precyzyjny montaż u producenta;
- rozjazd musi zostać dostarczony na budowę w stanie nieuszkodzonym, z zachowaniem wszelkich parametrów geometrii konstrukcji;

- transport i rozładunek rozjazdu musi przebiegać sprawnie oraz bezpiecznie dla ludzi i ładunku;
- transport powinien odbywać się drogą szynową.

Założenia projektowe są odpowiedzią rynkową na zapotrzebowanie zgłaszane od głównego odbiorcy PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. o możliwość przewozu rozjazdów kolejowych w blokach na miejsce zabudowy, co jest potwierdzeniem zainteresowania technologią kompleksowej wymiany rozjazdów kolejowych.

2.2. Podstawowe założenia ogólne do projektu specjalnego wagonu

Rozjazd kolejowy jest to element nawierzchni szynowej służący do zmiany kierunku przejazdu pojazdu szynowego [4]. Zbudowany jest z trzech modułów: zwrotnica, szyny łączące, krzyżownica z urządzeniami kierownic, a w przypadku krzyżownicy z ruchomym dziobem z szynami tocznymi.



Rys. 1. Budowa rozjazdu kolejowego

W związku z dużymi gabarytami transportowanych bloków oraz ograniczeniami skrajni kolejowej (skrajnia taborowa i budowlana), do transportu rozjazdów nie można wykorzystać standardowych, funkcjonujących na rynku wagonów kolejowych. Danymi wejściowymi do projektu są podstawowe parametry gabarytu transportowanego ładunku w postaci zblokowanych zespołów rozjazdowych oraz ograniczenia przestrzeni, w której mogą poruszać się pojazdy szynowe – skrajnia taborowa. W zależności od typu transportowanego rozjazdu wymiary geometryczne zblokowanych części rozjazdowych są zróżnicowane.

Rz 60E1-500 sb	strunobeton	Max. gabaryty elementów	
	SUMA [Mg]	Długość [mm]	Szerokość [mm]
zwrotnica + Pza-16 + akces.	18,935	18357	2900
szyny łączące + Pza-16	17,121	15191	3700
krzyżownica z kierownicami +16	12,984	8080	4300
suma:	49,040		

Rz 60E1-760 sb	strunobeton	Max. gabaryty elementów	
	SUMA [Mg]	Długość [mm]	Szerokość [mm]
zwrotnica + Pza-16 + akces.	22,510	22350	2900
szyny łączące + Pza-16	19,490	19206	3700

krzyżownica z kierownicami +16	12,770	12640	4500
suma:	54,771		

Rz 60E1-1200 sb	strunobeton	Max. gabaryty elementów	
	SUMA [Mg]	Długość [mm]	Szerokość [mm]
zwrotnica + Pża-16 + akces.	24,902	24142	2800
szyny łączące + Pża-16	28,853	25600	3600
krzyżownica z kierownicami +16	24,15	15026	4400
suma:	77,901		

Rys. 2. Tabełaryczny wykaz gabarytów i mas transportowanych elementów rozjazdowych

Dane wejściowe do projektu wagonu:

- ciężar właściwy do 40 ton; Ładowność 40 ton;
- długość całkowita 27,50 [m]; Długość załadunkowa 26,00 [m]; Maksymalna długość podkładów - 4,40 [m];
- średnica koła 920 [mm];
- najmniejszy promień skrętu 70 [m];
- prędkość maksymalna bez ładunku 120 [km/h]; prędkość maksymalna z ładunkiem 100 [km/h];
- wychylna platforma ładunkowa;
- zabezpieczenie wychyłu platformy ładunkowej na czas transportu - mechaniczne ręcznie zwalniane;
- skrajnia taborowa

Założenia do projektu technologii załadunku i rozładunku rozjazdów kolejowych:

- logistyka dostawy i zabudowy rozjazdów odbywać się będzie w specjalnie zabezpieczonych blokach (modułach);
- rozjazdy transportowane będą na specjalnym wagonie kolejowym;
- transport bloku rozjazdowego będzie realizowany na przechylnej platformie;
- załadunek i rozładunek rozjazdu na platformę będzie realizowany w poziomym położeniu platformy;
- logistyka załadunku i rozładunku rozjazdów zapewni utrzymanie parametrów geometrycznych rozjazdu.

W związku z dużymi gabarytami rozjazdów (długość i szerokość) oraz dużymi masami, konieczne jest wykorzystywanie wagonu zaprojektowanego tak, aby był w stanie przetransportować rozjazdy nie wykraczając poza skrajnię taborową. Wagon wraz z wychylną platformą występuje w 2 wersjach:

- a) wersja z podwójnymi długimi platformami załadowniczymi,
- b) wersja z podwójnymi krótkimi platformami załadowniczymi.

Transport rozjazdu będzie się odbywał przy wykorzystaniu pociągu składającego się z minimum 3 wagonów dla rozjazdów o promieniu do 500 oraz 4 wagonów dla rozjazdów o promieniu 760 i 1200, przy czym 2 wagony w wersji z podwójny-

mi długimi platformami załadowniczymi i 2 wagony w wersji z podwójnymi krótkimi platformami załadowniczymi.

Założenia do projektu systemu mocowania rozjazdu do wagonu zapewniającego bezpieczny transport rozjazdu na wychylnej platformie:

- rozjazd zamontowany zostanie do platformy wychylnej za pomocą specjalnego systemu uchwytów;
- system mocowania musi być łatwy i szybki w obsłudze;
- system mocowania musi być dostosowany do wszystkich typów rozjazdów;
- system mocowania musi zapewnić prawidłowe trzymanie ładunku zabezpieczające przed zsunieniem się bloku z platformy.

Projekt systemu zabezpieczenia rozjazdu przed odkształceniami mogącymi nastąpić w momencie załadunku i rozładunku.

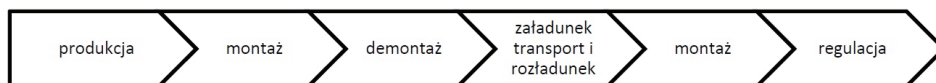
Ponieważ przestrzeń pomiędzy ładunkiem a zasilaniem trakcyjnym jest mocno ograniczona, w związku z tym zastosowanie trawersy zostało zastąpione poprzez system usztywnień montowanych bezpośrednio do rozjazdu, które muszą zapewnić:

- możliwość szybkiego i łatwego podpięcia elementów systemu do haków dźwigu;
- zabezpieczenie przed uginaniem się bloku rozjazdu;
- zabezpieczenie przez działaniem sił deformujących geometrię (ściskanie toków).

3. Aktualny stan wiedzy

Obecnie wymiana rozjazdów kolejowych w Polsce odbywa się w uproszczeniu w następujących etapach:

- a) produkcja rozjazdu w zakładzie;
- b) precyzyjny montaż kompletnego rozjazdu na specjalistycznym stanowisku montażowym;
- c) demontaż rozjazdu na następujące części: 2 półzwrotnice, krzyżownica, 2 urządzenia kierownic i 4 szyny łączące, jako oddzielne elementy (9 części) plus podrozjazdnice oraz skrzynie z akcesoriami, podrozjazdnicami stalowymi, zamknięciami, sprzężeniami, oraz innym wyposażeniem rozjazdu;
- d) załadunek, transport i rozładunek rozjazdu;
- e) ponowny montaż rozjazdu na terenie zabudowy w warunkach polowych;
- f) regulacja rozjazdu.



Rys. 3. Schemat blokowy obecnie stosowanej technologii

Rozładunek i zabudowa rozjazdu w miejscu zabudowy odbywa się w kilku konfiguracjach [2,3] na przykład przy pomocy:

- a) dwóch koparko-ładowarek. Z uwagi na to, że ładowarki nie są dostosowane do rozładunku tego typu materiałów, może dojść do uszkodzenia rozjazdu, a wymagana precyzja posadowienia rozjazdu nie jest możliwa do uzyskania;
- b) automatyzacji technologii, którą doprowadziła do zabudowy rozjazdu z wykorzystaniem dwóch ciężkich dźwigów. Ten system zabudowy jest kosztowny i czasochłonny, ze względu na konieczność użycia specjalistycznego sprzętu budowlanego oraz konieczności demontażu sieci trakcyjnej oraz słupów trakcyjnych, przy jednoczesnym braku zachowania sztywności przenieszonego rozjazdu – brak specjalnych trawers;
- c) zastosowania specjalistycznych wagonów z przechyłaną platformą z napędem hydrauliczno – spalinowym. W zakładzie produkcyjnym rozjazd montowany jest na platformie, która następnie jest obracana do pozycji skośnej, aby zmieścić się w skrajni kolejowej, a w miejscu zabudowy ponownie obracana do pozycji poziomej. Załadunek i rozładunek wagonu wymaga zaangażowania dużych dźwigów kolejowych. Na polskim rynku brak jest dużych dźwigów torowych, a koszt pojedynczego dźwigu jest bardzo duży, tym samym jego zakup ze względów finansowych jest najczęściej poza zasięgiem polskich firm produkcyjnych i budowlanych;
- d) specjalistycznych platform wózków, służących do przewozu rozjazdu z miejsca montażu na ternie budowy do miejsca zabudowy z wykorzystaniem dźwigarów.

Większość rozwiązań systemowo pozwalających na rozładowanie i ułożenie elementów rozjazdowych jest bardzo kosztowna w utrzymaniu i eksploatacji, wymagają specjalnych systemów transportu na miejsce budowy oraz wykwalifikowanego personelu obsługi.

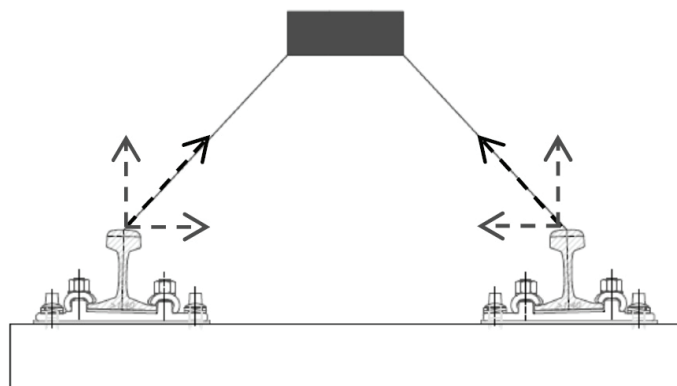
3.1. Bezpieczeństwo ładunku i ludzi w czasie za i rozładunku

W czasie prac załadowniczych i rozładowniczych często dochodzi do uszkodzenia części rozjazdowych, które spowodowane jest wykorzystywaniem niewłaściwych metod mocowania ładunku do haka dźwigu, koparki lub ładowarki. W wyniku braku odpowiedniego zabezpieczenia blok rozjazdu w czasie transportu narażony jest na działanie niekorzystnych sił ściskających.

Istniejące na rynku europejskim i światowym rozwiązania technologii zabudowy cechują się:

- nie zapewniają kompleksowego zintegrowanego systemu transportu i rozładunku;
- wymagają zaangażowania wielu kosztownych maszyn i urządzeń;
- nie dają gwarancji utrzymania geometrii rozjazdu (zabezpieczenia przed uszkodzeniem);
- niezawsze pozwalają na pracę bez konieczności zdejmowania trakcji;

- nie są dostosowane do przewozu najnowocześniejszych konstrukcji długich elementów rozjazdowych dla rozjazdów kolei dużych prędkości.



Rys. 4. Mocowanie rozjazdu do trawersy za pomocą wiotkich pasów i łańcuchów. Występowanie sił działających niekorzystnie i mogących doprowadzić do uszkodzenia ładunku lub utraty jego parametrów geometrycznych

4. Nowoczesność proponowanych rozwiązań technologii logistyki

Projekt zakłada rozwiązanie polegające na zintegrowaniu procesu produkcyjnego i logistyki montażu rozjazdów kolejowych oraz jest innowacyjnym podejściem w dziedzinie budowy infrastruktury kolejowej. Badania naukowe w ramach tego projektu wykraczają poza dotychczasowy obszar zainteresowania jednostek badawczych z branży kolejowej. Problem zintegrowania procesu produkcji i logistyki dostawy rozjazdu kolejowego nie był dotychczas przedmiotem szczegółowej analizy.

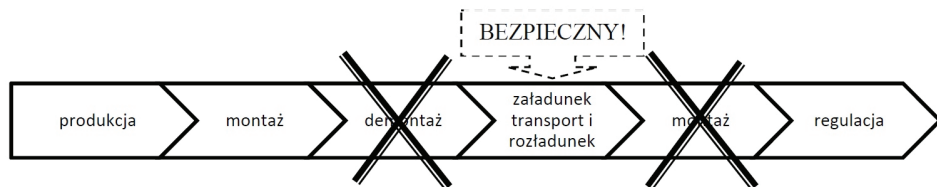
Pierwszym elementem badań było zaprojektowanie wagonu z uchylną platformą z zachowaniem wymagań międzynarodowych norm i zarządcy infrastruktury szynowej.

W drugim etapie opracowana została technologia wykonania załadunku, wyładunku rozjazdów kolejowych, zapewniająca prawidłowy przebieg procesu logistyki wyrobu. Jej integralną częścią jest opracowanie technologii systemu mocowania rozjazdu kolejowego na platformie wagonu, zapewniając sztywność układu oraz technologii systemu zabezpieczenia ładunku do transportu.

Trzeci etap projektu polega na przeprowadzeniu badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych wszystkich faz procesu z wykorzystaniem rozjazdu kolejowego – próby eksploatacyjne.

Innowacyjność projektu polega na opracowaniu kompleksowego zintegrowanego procesu: produkcji, montażu, transportu oraz zabudowy rozjazdów kolejowych, zapewniającego optymalnie krótki czas wymiany rozjazdu, bezpieczny transport i rozładunek oraz zabudowę wysokiej jakości początkowej rozjazdu kole-

jowego. Względem współczesnych technologii skrócenie czasu uzyskano poprzez wyeliminowanie procesów demontażu u producenta, ponownego montażu, opracowanie własnych wagonów z wychylną hydraulicznie platformą z napędem spalinowym umożliwiającą transport długich rozjazdów.



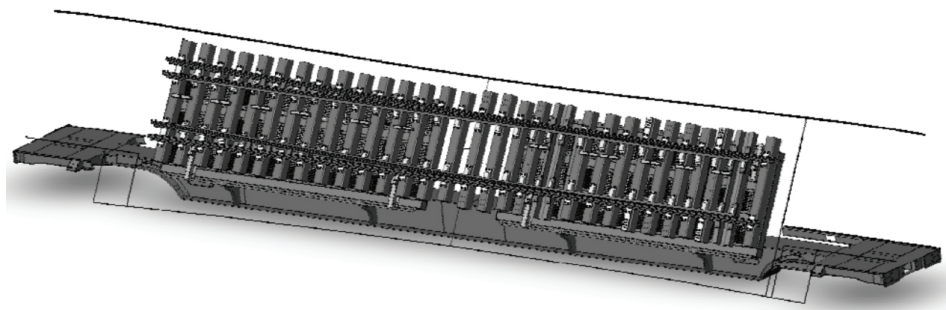
Rys. 5. Schemat blokowy innowacyjnego procesu technologii

Innowacyjne elementy wchodzące w skład procesu:

- projekt specjalistycznego wagonu do transportu rozjazdu;
- projekt technologii załadunku i rozładunku rozjazdów kolejowych zmontowanych w zakładzie produkcyjnym w blokach;
- projekt systemu mocowania rozjazdu do wagonu zapewniającego bezpieczny transport rozjazdu na pochyłej platformie;
- projekt systemu zabezpieczenia rozjazdu (usztynwienia) przed odkształceniami mogącymi nastąpić w momencie załadunku i rozładunku.

Technologia będąca wynikiem projektu:

- zapewni kompleksowy, zintegrowany system transportu i rozładunku;
- nie będzie wymagała zaangażowania wielu kosztownych maszyn i urządzeń;
- zagwarantuje utrzymanie geometrii rozjazdu;
- pozwoli na pracę bez konieczności zdejmowania trakcji;
- będzie dostosowana do przewozu długich elementów rozjazdowych.



Rys. 6. Zwrotnica do Rz-500-1:12 - położone na platformie wagonowej

Inwestycja w innowacyjne technologie produkcji i zabudowy wysokiej jakości rozjazdów kolejowych jest wynikiem dotychczasowych prowadzonych badań z których wynika, że:

- rozjazdy kolejowe montowane przez firmy budowlane na liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nie dają zadowalających wyników jakości produktu,

- rozjazdy kolejowe, a szczególnie niededykowanie liniom dużych prędkości będą wymagały wykorzystania nowej generacji wychylnych platform wagonu kolejowego,
- czas zamknięć toru kolejowego będzie ograniczony do godzin nocnych, a koszt zamknięcia toru jest wysoki,
- innowacyjna technologia produkcji i zabudowy charakteryzuje się właściwością procesu Just in time.

Poniżej w tabeli przedstawione zostało porównanie rozwiązania będącego przedmiotem niniejszego projektu z rozwiązaniami obecnie istniejącymi na rynku.

Tabela 1. Porównanie obecnie realizowanych technologii dostaw rozjazdów kolejowych na plac budowy

<i>Cechy charakterystyczne</i>	<i>Samochód typu TIR</i>	<i>Wagon kolejowy</i>	<i>Innowacyjna technologia produkcji i zabudowy rozjazdów kolejowych z zachowaniem 100% jakości wyrobu</i>
konieczność demontażu wyrobu	TAK	TAK	NIE
montaż kompleksowy (część stalowa, podrozdzielnice, napędy)	NIE	NIE	TAK
ilość elementów wchodzących w skład rozjazdu w trakcie procesu logistyki	>8	>8	3
dokładność geometryczna, łatwy montaż na placu budowy	ograniczona	ograniczona	wysoka
czas zabudowy w torach wraz z rozładunkiem wyrobu (bez wykonywanych połączeń spawanych)	>24	<24<12	<12
możliwość zastosowania technologii do rozjazdów dużych prędkości dla R1200	ograniczona	ograniczona	TAK
oddziaływanie na środowisko	występuje	występuje	występuje
podatność wyrobu na drgania w trakcie transportu	TAK	TAK	BRAK
konieczność użycia dodatkowych maszyn i urządzeń w procesie załadunku i rozładunku wyrobu	>3	od 1 do 3	0
ryzyko uszkodzenia wyrobu podczas załadunku i wyładunku	występuje	występuje	występuje

Źródło: opracowanie własne

5. Podsumowanie

W XXI wieku kolej znów staje do konkurencji z innymi gałęziami transportu pod względem szybkości, niezawodności, bezpieczeństwa i komfortu. Kluczowa walka o pozytywną ocenę i wybór klienta toczy się wbrew pozorom nie na pokładach pociągów, samolotów czy w kabinach samochodów, lecz na poziomie budowy i utrzymania, dostępnej, umożliwiającej szybki transport i wysokoprzepustowej, infrastruktury. Stąd dla transportu kolejowego tak istotne jest, aby procesy budowlane (modernizacje, remonty, wymiany elementów, bieżące utrzymanie) związa-

ne z infrastrukturą torową przebiegały w sposób niezakłócony, planowy, bezpieczny i jak najkrótszy.

Przedstawiony w artykule kompleksowy system logistyki dedykowanej dla rozjazdów kolejowych dużych prędkości, pozwala w sposób istotny spełnić powyższe wymagania. Innowacyjne rozwiązania zastosowane w tym projekcie pozwalają dostarczać w sposób bezpieczny oraz z zachowaniem wysokich parametrów początkowych skomplikowane, a jednocześnie kluczowe - dla stanu całej sieci kolejowej - części infrastruktury, jakimi są rozjazdy. Całościowe podejście do kwestii logistyki tych elementów, przedstawione przy okazji projektu, jest odpowiedzią na bolączki istniejącego modelu załadunku, transportu i rozładunku rozjazdów, którego dominującą cechą jest brak wysokich standardów, powodujący istotne kłopoty przy zabudowie, a zwłaszcza w fazie użytkowania rozjazdów. System logistyczny, którego trzonem jest blokowy transport rozjazdów na wagonach-platformach pozwala wprowadzić te wysokie standardy oraz znacząco przyspieszyć proces zabudowy, wymiany części rozjazdowych.

Literatura

- [1] Bałuch H., Czubaczyński J., Pelc S., Montaż i wymiana rozjazdów. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
- [2] Bogdaniuk B., Tówpik K., Budowa, modernizacja i naprawy dróg kolejowych. Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.
- [3] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Biuro Dróg Kolejowych "Tymczasowe warunki technologiczno-konstrukcyjne wykonania i odbioru robot nawierzchniowo-podtorowych wykonywanych w sposób zmechanizowany – warunki uzupełniające", ILK8-510-10a/2003RF. Warszawa 2003.
- [4] Tówpik K., Infrastruktura transportu kolejowego. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.