

Metody i techniki wyceny i oceny ryzyka w transporcie kolejowym ze szczególnym uwzględnieniem metody FMEA

Magdalena GARLIKOWSKA¹, Piotr GONDEK²

Streszczenie

W artykule opisano metody oraz techniki stosowane przy wycenie i ocenie ryzyka w transporcie kolejowym. Wskazano na czynniki, które wpływają na wybór danej metody. Szczegółowo przedstawiono najczęściej stosowaną metodę FMEA, jej istotę, etapy, a także związki przyczynowo-skutkowe, które należy sformułować przed przystąpieniem do analizy według przyjętego w tej metodzie wzoru.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka, transport kolejowy, FMEA

1. Wstęp

Odkąd pojęcie „ocena ryzyka” stało się popularne w różnych branżach, rozwijały się również metody i techniki tej oceny. W dziedzinie transportu kolejowego stosuje się wiele metod oceny ryzyka, tym bardziej, że żadne przepisy nie narzucają wyboru metody. Zaleca się, aby na każdym etapie realizacji inwestycji szacować ryzyko, minimalizując w ten sposób prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk niepożądanych, począwszy od tych, które mają mały wpływ na bezpieczeństwo, a kończąc na zjawiskach katastrofalnych w skutkach. Jedną z metod najczęściej stosowanych w transporcie kolejowym jest metoda FMEA³, której założenia i zastosowanie opisano w artykule.

2. Czynniki wpływające na wybór danej metody

Na etapie oceny ryzyka najistotniejszą sprawą jest wybór kryterium wartościowania ryzyka⁴ [9]. Wspólna metoda oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka w transporcie kolejowym nie narzuca zastosowania konkretnej metody lub techniki analizy ryzyka przeprowadzanej w celu identyfikacji potencjalnych uszkodzeń systemu,

ustalenia przyczyn ich wystąpienia i oszacowania ich skutków. Podobnie jak w transporcie drogowym, nie ma żadnej narzuconej metody oceny ryzyka. W celu przeprowadzenia identyfikacji zagrożeń wykorzystywane są różne metody i techniki – ilościowe i jakościowe. Zarządzanie ryzykiem opiera się na tworzeniu i stałej weryfikacji oraz modyfikacji rejestrów zagrożeń. Umożliwia to zarządzanie tymi zagrożeniami oraz identyfikację tych obszarów, w których ryzyko jest nieakceptowalne. Jednocześnie zagrożenia są stale monitorowane i komunikowane.

Dobór metod oceny ryzyka zależy od kilku czynników. Jako pierwszy można wymienić wielkość realizowanego procesu (np. przewozu, zarządzania infrastrukturą lub utrzymania pojazdów szynowych), co wiąże się z liczbą zdarzeń odnotowanych przez przewoźników i zarządców infrastruktury. W przypadku braku danych dotyczących liczby incydentów, wypadków i poważnych wypadków, metody bazujące na danych historycznych, np. metody drzewa zdarzeń ETA i FTA, nie mają zastosowania. Innym czynnikiem, warunkującym dobór odpowiedniej metody, jest doświadczenie w analizowanym procesie, np. nowe podmioty wchodzące na rynek transportowy również muszą zarządzać ryzykiem [3]. Zalecenia dotyczące stosowania metod analizy ryzyka w transporcie kolejowym przedstawiono w tablicy 1.

¹ Dr; INFRACERT TSI; e-mail: m.garlikowska@infracert.com.

² Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: pgondek@ikolej.pl.

³ FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* [analiza rodzajów i skutków możliwych błędów; metoda ma na celu zapobieganie skutkom wad, które mogą wystąpić w fazie projektowania oraz w fazie wytwarzania].

⁴ CSM – *Common safety method for risk evaluation*.

Tablica 1

Stosowanie metod analizy ryzyka [4]

Metoda oceny ryzyka	Typ podmiotu
FTA, ETA	Organizacja o dużym doświadczeniu w danym procesie, dysponująca dużą liczbą danych na temat zdarzeń – najwięksi przewoźnicy towarowi i pasażerscy, główni zarządcy infrastruktury, duże dworce (porty)
FMEA, HAZOP, COSO II	Organizacja o dużym doświadczeniu w danym procesie – doświadczeni przewoźnicy i zarządcy
Lista kontrolna, burza mózgów	Organizacja rozpoczynająca wykonywanie danego procesu na rynku transportowym

3. Metody i techniki wyceny i oceny ryzyka

Jak wspomniano, wspólna metoda oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka, nie narzuca zastosowania konkretnej metody lub techniki analizy ryzyka, przeprowadzanej w celu identyfikacji potencjalnych uszkodzeń systemu, ustalenia przyczyn ich wystąpienia i oszacowania ich skutków. W kolejnictwie, do identyfikacji zagrożeń są wykorzystywane różne metody i techniki (ilościowe oraz jakościowe).

Mogą to być **listy kontrolne**, których istota polega na odpowiedziach na wiele pytań (nawet do kilkuset pytań) dotyczących różnych obszarów analizowanego zagadnienia. Ułatwia to poznanie wytypowanych problemów, podanych następnie szczegółowym analizom. Dzięki udzielanym odpowiedziom można uniknąć pominięcia wielu ważnych szczegółów.

Inną metodą jest **analiza awaryjności**, polegająca na określaniu wszystkich możliwych zagrożeń i typów wypadków, które już się wydarzyły. Analizuje się jednocześnie przyczyny, które doprowadziły do tych wypadków [1].

Metodą twórczego rozwiązywania problemów jest **burza mózgów**, przydatna np. przy wdrażaniu systemu zarządzania, np. systemu zarządzania bezpieczeństwem. Charakteryzuje się pracą zespołową, polegającą na przeprowadzeniu tzw. sesji pomysłowości, podczas której powstają pomysły rozwiązań rozpatrywanego problemu. W takim zespole powinny znaleźć się osoby w różnym wieku, różnej płci, zajmujące różne stanowiska, ale nie w relacji przełożony – podwładny oraz osoby niezwiązane z dziedziną, której dotyczy problem. Będzie to sprzyjało pojawianiu się niekonwencjonalnych pomysłów. Następnie zespół ekspertów ocenia wypracowane pomysły.

Oparta na metodzie burzy mózgów **metoda analizy ryzyka SWIFT** (ang. *What – If? Co – gdy?*) polega na zadawaniu zespołowi analizującemu dany system pytań „Co się stanie, gdy...”, w celu identyfikacji potencjalnych odchyśleń od założeń i procedur związanych z rozpatrywanym systemem.

Liczną grupą metod ułatwiających identyfikację zagrożeń są metody analityczne, a wśród nich najbardziej popularne **metody drzew FTA** (ang. *Fault Tree Analysis*) – Analiza drzewa błędów) i **ETA** (ang. *Event Tree Analysis* – Analiza drzewa zdarzeń). Pokazują one logiczną zależność między uszkodzeniami badanego obiektu, błędami ludzkimi i przyczynami zewnętrznymi a prawdopodobieństwem wystąpienia wypadku.

Metodą matrycową jakościowego oszacowania ryzyka jest **metoda PHA** – Wstępna Analiza Zagrożeń (ang. *Preliminary Hazard Analysis*). Polega ona na określeniu granic obiektu, dla którego wykonywana jest ocena ryzyka, sporządzeniu listy zidentyfikowanych zagrożeń oraz oszacowaniu ryzyka, czyli określeniu możliwych strat i prawdopodobieństwa wystąpienia szkód. Dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia szacuje się, według odpowiedniej skali, stopień szkód (np. znikome urazy i lekkie szkody; lekko ranni i wymierne szkody, ciężko ranni i znaczne szkody) i prawdopodobieństwa (np. bardzo nieprawdopodobne, zdarzenia raz na 10 lat, zdarzenia raz w roku, miesiącu, tygodniu itd.) i za pomocą odpowiedniej matrycy [5] wyznacza się następnie poziom ryzyka.

Analiza HAZOP (ang. *Hazard and Operability Study*) – Analiza zagrożeń i zdolności operacyjnych ma na celu identyfikację potencjalnych zagrożeń (awarii) i innych strat (np. produkcyjnych) spowodowanych odchyleniami od założonych warunków operacyjnych systemu. Taka analiza jest najczęściej wykonywana na etapie projektowania i wdrażania nowych procesów i systemów w przedsiębiorstwie, chociaż można ją wykorzystywać do identyfikacji zagrożeń w już istniejących procesach, zwłaszcza w obszarach wysokiego ryzyka (systemy mechaniczne lub elektroniczne, oprogramowania). Ta metoda ma wysoką efektywność, ponieważ grupa ekspertów dokonuje dokładnego i metodycznego przeglądu całego systemu, dogłębnie analizując problem i określając zdarzenia mogące wywołać ryzyko oraz działania zapobiegające powstawaniu ryzyka [5].

W Polsce, najbardziej rozpowszechnioną metodą wyceny ryzyka w sektorze kolejowym jest **metoda FMEA** (ang. *Failure Mode and Effect Analysis* – Analiza rodzajów i skutków możliwych błędów).

4. Identyfikacja zagrożeń z wykorzystaniem metody FMEA

Kształtowanie bezpieczeństwa w przewozach drogowych lub kolejowych ma związek ze stosowaniem metod bazujących na ocenie ryzyka. Należy do nich metoda FMEA.

Jedną z najważniejszych cech procesu przewozowego jest jego niezawodność. Uzyskuje się ją przez właściwe zaplanowanie procesu, a następnie zadbanie, aby jego przebieg odbywał się zgodnie z tym planem oraz wszystkimi

procedurami. Jak pokazują dane, większość problemów powstaje w fazie projektowania i przygotowania. Wykrycie potencjalnych przyczyn niezgodności może pomóc w uniknięciu wystąpienia niepożądanych zdarzeń.

4.1. Istota metody FMEA

Ze względu na duże prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanego zdarzenia, w branży transportowej niezbędne jest identyfikowanie zagrożeń we wszystkich obszarach: technicznym, organizacyjnym i eksploatacyjnym. Ryzyko zagrożeń szacuje się i wartościuje za pomocą różnych metod opisanych w poprzednim rozdziale.

Metodę FMEA wykorzystuje się do identyfikacji potencjalnych wad i wywołujących je przyczyn, które mogą ograniczać właściwe wykorzystanie danego wyrobu, zmniejszać wydajność i skuteczność realizowanych procesów, narażać użytkowników wyrobów lub odbiorców usług na straty materialne, utratę zdrowia, a w skrajnych przypadkach nawet życia [6].

Metodę FMEA opracowano w Stanach Zjednoczonych pod koniec lat czterdziestych XX wieku na potrzeby przemysłu zbrojeniowego. Po raz pierwszy w latach sześćdziesiątych tego stulecia, NASA wykorzystywała ją podczas przygotowań do realizacji programu Apollo (lądowanie człowieka na księżycu) [10]. Poza tym stosowano ją w technice jądrowej i przemyśle lotniczym, w których to obszarach konstruowano oraz przygotowywano procesy wytwarzania złożonych wyrobów. Z czasem metoda upowszechniła się także w innych branżach przemysłu, szczególnie w produkcji wyrobów, od których wymaga się dużej niezawodności, ponieważ wpływają one na bezpieczeństwo użytkowników [6] (np. przemysł samochodowy i kolejowy). Stosując ją również producenci wyrobów końcowych, a także dostawcy podzespołów i/lub elementów, ponieważ w wielu przypadkach jest to warunek uzyskania zamówienia na te elementy. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych

XX wieku metodę zaczęto stosować w Europie także w nowych branżach, które w tym czasie zaczęły dynamicznie rozwijać się, jak np.: przemysł chemiczny, elektroniczny i samochodowy. W latach dziewięćdziesiątych zaadaptowano ją w serii norm ISO 9000⁵, a w szczególności QS 9000⁶ [2].

Można wyróżnić FMEA wyrobu (lub konstrukcji) oraz FMEA procesu. W branży transportowej wykorzystuje się ją np. przy wprowadzaniu zmian do wyrobów stosowanych w konstrukcji pojazdów szynowych lub wykrywaniu nieprawidłowości w realizowanych procesach przewozowych. Prowadzi się ją na różnych poziomach danego przedsięwzięcia, jednak zastosowanie jej na jak najwcześniejszym etapie rozwoju gwarantuje usunięcie lub zminimalizowanie wystąpienia wady, a tym samym obniża skutki jej wykrycia, które zwykle są kosztowne. Metoda FMEA, stosowana do wyrobów, jak również do procesów, ma za zadanie zidentyfikowanie słabych punktów poszczególnych etapów przedsięwzięcia (tablica 2). Wynika z niej, że metoda FMA ma szerokie zastosowanie na różnych poziomach lub etapach danego projektu. Kilkuetapowy schemat prowadzenia FMEA przedstawiono na rysunku 1.

Przygotowanie

W metodzie FMEA pracę należy rozpocząć od zdefiniowania wszystkich procesów wykonywanych przez daną organizację, jak np.: realizacja przewozów, zarządzanie personelem, utrzymanie pojazdów i zasobów technicznych, zarządzanie dokumentacją, kontrola załadunku i rozładunku. W każdym z tych procesów należy przeanalizować i zdefiniować możliwe obszary zagrożeń.

Utworzenie zespołu

FMEA jest metodą zespołową, a zatem należy stworzyć kompetentny zespół, jak najbardziej zróżnicowany, złożony z przedstawicieli różnych działów organizacji, np.: biura projektowego, konstrukcyjnego, produkcji, jakości. Członkowie zespołu powinni mieć doświadczenie, a z każdej

Tablica 2

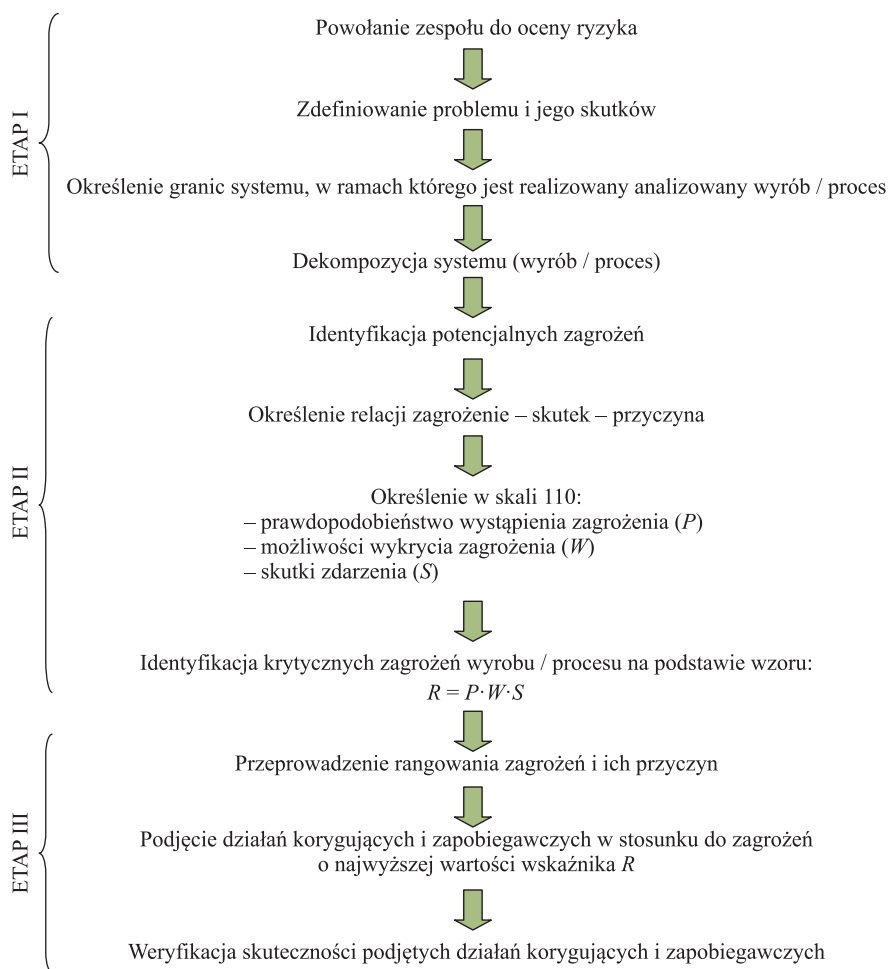
Zalecenia odnośnie stosowania FMEA

FMEA wyrobu / konstrukcji	FMEA procesu
1) wprowadzanie nowego lub zmodernizowanego wyrobu, 2) wprowadzanie nowych materiałów i technologii, 3) pojawienie się nowych możliwości zastosowania wyrobu, 4) duże zagrożenie dla człowieka lub otoczenia w przypadku awarii wyrobu, 5) eksploatacji wyrobu w szczególnie trudnych warunkach, 6) podejmowanie dużych inwestycji.	1) procesy trudne do opanowania, 2) na etapie planowania procesów technologicznych i serwisowania, 3) przed uruchomieniem produkcji seryjnej, 4) w produkcji seryjnej w celu doskonalenia procesów, aby zapewniły wymaganą wydajność, 5) w procesach związanych z usługami, tworzeniem oprogramowania lub koncepcjami logistycznymi.

Opracowanie własne na podstawie [6].

⁵ Seria norm stanowiących podstawę budowania systemów zarządzania jakością we wszystkich organizacjach, bez względu na rodzaj działalności wykonywanej przez te organizacje.

⁶ Normę systemu zarządzania jakością przeznaczoną dla rynku motoryzacyjnego, rozszerzono w tym celu o dodatkowe wymagania specyficzne dla tego rynku.



Rys. 1. Schemat zastosowania metody FMEA [opracowanie własne]

dziedziny powinien znaleźć się co najmniej jeden ekspert, aby ocena była jak najbardziej wiarygodna i kompetentna. Zespół wyłania lidera, który kieruje pracami grupy prowadzącej analizę FMEA.

Właściwa analiza, czyli identyfikacja zagrożeń

Na tym etapie identyfikowane są wszelkie możliwe zagrożenia w organizacji, które mogą ujawnić się podczas wytwarzania, realizacji lub użytkowania (wyrobu / procesu). Uwzględnia się również wspólne zagrożenia oraz powstające w wyniku działania stron trzecich (w tym ryzyko społeczne), następnie dla wszystkich rodzajów zidentyfikowanych zagrożeń wyznacza się relację **zagrożenie** → **skutek** → **przyczyna** oraz określa stosowane obecnie metody kontroli i monitorowania, wykorzystywane do wykrywania rozpatrywanego zagrożenia lub przyczyny. Te informacje odnotowuje się w „Rejestrze zagrożeń”.

Szacowanie ryzyka

Celem tego etapu jest oszacowanie zidentyfikowanych zagrożeń dla całego obszaru. W skali 1–10 należy określić czynniki wpływające na zagrożenie i do każdego zagroże-

nia ujętego w „Rejestrze zagrożeń” przypisać liczbę ryzyka R , która jest iloczynem trzech czynników:

$$R = P \cdot W \cdot S \quad (1)$$

gdzie:

R – ryzyko wystąpienia zagrożenia,
 P – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia,
 W – możliwość identyfikacji zagrożenia,
 S – skutek zagrożenia.

P – prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia wynikającego z danego zagrożenia, określane w przedziale od 1 do 10. Czynniki P ma bardziej znaczenie względne niż wartość bezwzględna. Obniżenie rankingu występowania może tu być dokonane jedynie przez zapobieganie lub kontrolowanie przyczyny występowania błędu powodującego zagrożenie, czyli przez zmianę procesu.

W – możliwość wykrycia danego zagrożenia, również określana w przedziale od 1 do 10. Jest pozycją w rankingu, która wiąże się z najlepszym narzędziem kontrolnym zapisanym w kolumnie narzędzi kontroli procesu. W kon-

kretniej FMEA wykrywanie jest oceną względną. Niższa pozycja w rankingu oznacza konieczność udoskonalenia planowanego narzędzia kontrolnego.

S – potencjalne skutki zdarzenia wynikającego z danego zagrożenia. Przypisana wartość w skali od 1 do 10 stanowi poziom w rankingu przypisany do najpoważniejszego skutku dla danego typu błędu powodującego zagrożenie.

Wdrożenie działań zapobiegawczych / środków kontroli

Obliczenia i analizy wykonane w etapie 4 są podstawą do wprowadzenia zmian w procesie. Ma to na celu eliminację lub zmniejszenie ryzyka wystąpienia błędów krytycznych. W przypadku, kiedy całkowite wyeliminowanie przyczyn wystąpienia błędów jest niemożliwe, należy podjąć takie działania, które zwiększą możliwość ich wykrycia lub zmniejszą negatywne skutki ich wystąpienia.

Weryfikacja skuteczności podjętych działań zapobiegawczych lub środków kontroli

Działania korygujące i zapobiegawcze powinny podlegać stałemu nadzorowi, a ich skuteczność powinna być regularnie weryfikowana według metody FMEA. Po upływie przyjętego w procedurach określonego terminu, należy ponownie ocenić dany proces i obliczyć nowy wskaźnik ryzyka R . Może się okazać, że ryzyko określone podczas

dokonywania oceny ryzyka dla danego zagrożenia przekracza przyjęty próg. Wówczas należy określić dodatkowe środki kontroli ryzyka i wyznaczyć osobę odpowiedzialną za wdrożenie tych działań.

4.2. Określenie związków przyczynowo-skutkowych

Parametry P , W , S dobiera się na podstawie kryteriów wyceny ryzyka, które są określane w sposób ilościowy i jakościowy. Kryteria ilościowe opierają się na odpowiednich statystykach dotyczących zagrożeń oraz są im przypisywane maksymalne i minimalne wartości. Kryteria wyboru tych wskaźników powinny być dostosowane do rozwiązywanego problemu. W przypadku kryteriów jakościowych, parametry te dobiera się na podstawie doświadczenia i wiedzy eksperckiej osób wyceniających ryzyko, a także zaleceń istniejących norm, np. EN 50126 [7], EN 50129 [8], na podstawie określeń wartościujących. Przykładowo, w przypadku skutków S będą to określenia: nieistotne, małe, średnie, duże, katastrofalne, w przypadku prawdopodobieństwa P wystąpienia zdarzenia: znikome, niewielkie, średnie, wysokie, bardzo wysokie.

W tablicach 3–5 przedstawiono przykładowo prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, wykrycia zagrożenia oraz skutków zagrożenia w procesie przewozu towarów niebezpiecznych.

Tablica 3

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia P		Punkty
Znikome	Praktycznie nie występuje.	1
Niewielkie	Przyczyny zagrożenia występują bardzo rzadko. Wysoka zdolność jakościowa procesu.	2 3
Średnie	Przyczyny zagrożenia występują sporadycznie, co jakiś czas. Dobra zdolność jakościowa procesu, ale może wystąpić niestabilność.	4 5 6
Wysokie	Przyczyny zagrożenia występują często. Proces charakteryzuje się niską zdolnością jakościową i jest niestabilny.	7 8
Bardzo wysokie	Jest niemal pewne, że zagrożenie wystąpi. Jest to praktycznie nie do uniknięcia.	9 10

Opracowanie własne na podstawie [3].

Tablica 4

Możliwość wykrycia zagrożenia

Możliwość wykrycia zagrożenia W	Opis	Punkty
Bardzo wysokie prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia.	Znalezienie przyczyny błędu jest pewne.	1 2
Wysokie prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia.	Przyczyna błędu jest możliwa do wykrycia dzięki stosowaniu odpowiednich środków kontroli. Występują pewne oznaki wystąpienia przyczyny.	3 4
Przeciętne prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia.	Stosowane środki kontroli dają szanse wykrycia przyczyny błędu, jednak możliwość ta jest ograniczona.	5 6
Niskie prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia.	Jest bardzo prawdopodobne, że stosowane środki kontroli i nadzoru nie przyczynią się do wykrycia przyczyny błędu, ponieważ jej ustalenie jest bardzo trudne.	7 8
Znikome prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia.	Ustalenie przyczyny błędu jest praktycznie niemożliwe.	9 10

Opracowanie własne na podstawie [3].

Tablica 5

Skutek zagrożenia		
Znaczenie skutków zagrożenia <i>S</i> dla bezpieczeństwa	Koszty	Punkty
Skutki nie mają znaczenia dla poziomu bezpieczeństwa.	Brak kosztów	1
Skutki niewielkie , mogą prowadzić do nieznacznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. zakłócenia w ruchu).	Do 8 000 Euro Do 40 000 Euro	2 3
Skutki mogą być znaczne i prowadzić do obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. ranni).	Do 80 000 Euro Do 200 000 Euro Do 450 000 Euro	4 5 6
Skutki mogą być poważne i prowadzić do znacznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. wypadek, ciężko ranni).	Do 700 000 Euro Do 950 000 Euro	7 8
Skutki mogą być bardzo poważne i prowadzić do drastycznego obniżenia poziomu bezpieczeństwa (np. poważny wypadek, ofiary śmiertelne).	Do 1 800 000 Euro Powyżej 1 800 000 Euro	9 10

Opracowanie własne na podstawie [3].

Parametr *R* przyjmuje wartość w przedziale od 1 do 1000 i charakteryzuje poziom każdego zidentyfikowanego ryzyka. Następnie porównuje się go z przyjętymi kryteriami i dokonuje wyceny ryzyka. Schematyczny poziom akceptowalności ryzyka ilustruje tablica 6. Na podstawie obliczonych wartości identyfikuje się ryzyko:

- ryzyko minimalne i małe (dopuszczalne) $R \leq 120$; nie ma ryzyka wystąpienia niebezpieczeństwa, więc nie należy reagować; klasa ryzyka w tym przypadku = 1,
- ryzyko średnie (tolerowalne) $120 < R \leq 150$; należy podjąć odpowiednie działania zapobiegawcze w celu uniknięcia wystąpienia potencjalnego zagrożenia; klasa ryzyka = 2;
- ryzyko duże (nie dopuszczalne) $R > 150$; zagrożenie krytyczne, istotnie zagrażające bezpieczeństwu systemu, należy zatem niezwłocznie podjąć odpowiednie środki kontroli procesu w celu wyeliminowania zagrożenia lub usunięcia jego skutków; klasa ryzyka = 3.

Tablica 6

Poziom akceptowalności ryzyka		
Ryzyko <i>R</i>	Akceptowalność ryzyka	Klasa ryzyka
$R \leq 120$	Akceptowalne	1
$120 < R \leq 150$	Tolerowalne (dopuszczalne)	2
$R > 150$	Nieakceptowalne	3

Opracowanie własne.

W przypadku, kiedy wartość ryzyka znajdzie się w klasie 3, niezwłocznie należy wprowadzić odpowiednie środki kontroli tego ryzyka w danym procesie, aby wyeliminować zagrożenie albo usunąć lub zmniejszyć jego skutki. Jeśli miara ryzyka znajdzie się w klasie 2, odpowiednie działania korygujące mają zapobiec wystąpieniu ewentualnego zagrożenia. Ryzyko w klasie 1 teoretycznie nie wymaga podejmowania żadnych działań, gdyż zakłada się, że nie są one konieczne. Autorzy artykułu uważają jednak, że w tym przypadku należy się bliżej przyjrzeć danemu zagrożeniu, zwłaszcza, jeśli parametry *P* i *S* przyjmą wartości 9–10, a parametr *W* 1–2 (czyli skrajne), niezależnie od wskaźnika *R*.

Wówczas należy się zastanowić, czy nie należałoby podjąć pewnych działań, które zapewnią zachowanie ryzyka na tym poziomie, ewentualnie umożliwią dalsze jego obniżenie, przy wykorzystaniu dotychczasowych narzędzi kontrolnych. Ryzyko można również obliczyć, konstruując tzw. macierz budowy poziomu ryzyka zaistnienia zagrożenia (zdarzenia niepożądanego). Przykładową macierz przedstawia rysunek 2.

Prawdopodobieństwo	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
	–	1	2	3	4
Skutek					

Rys. 2. Macierz ryzyka [7]; zagrożenie: ■ – niskie, ■ – dopuszczalne, ■ – nieakceptowalne

Mnożąc poszczególne parametry z wiersza „Prawdopodobieństwo” i kolumny i „Skutek” otrzymuje się wartości, które wskazują, w jakiej klasie ryzyka znajduje się dane zagrożenie. Jeżeli znajdują się w czerwonych polach, wówczas niezwłocznie należy podjąć środki zmierzające do zminimalizowania zagrożenia i jego ewentualnych skutków oraz zdefiniować środki kontroli ryzyka. Pozostałe pola wymagają jedynie środków umożliwiających utrzymanie ryzyka na danym poziomie.

5. Podsumowanie

Analizy ryzyka w transporcie kolejowym nie są do końca pewne, co oznacza, że żadna z metod nie daje stuprocentowej gwarancji uniknięcia ryzyka. Stanowią jednak ważne uzupełnienie przepisów w zakresie bezpieczeństwa transportu.

Stosowanie różnych metod i technik umożliwia identyfikację zagrożeń w danym obszarze oraz obliczenie wartości ryzyka w celu oszacowania skutków tego ryzyka i następnie zdefiniowanie odpowiednich działań zapobiegawczych, czyli środków kontroli ryzyka.

Bibliografia

1. Bałuch H.: *Ryzyko w eksploatacji nawierzchni kolejowej*. Problemy Kolejnictwa, z. 145, 2007.
2. Benbow D. et.al.: *The certified quality engineer handbook*, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2003.
3. Chruzik K., Fellner A.: *Zarządzanie ryzykiem w transporcie*. Logistyka nr 4/2015.
4. Ekspertyza dotycząca praktycznego stosowania przez podmioty sektora kolejowego wymagań wspólnej metody bezpieczeństwa w zakresie oceny ryzyka (CSM RA) opracowana w formie przewodnika.
5. Garlikowska M., Gondek P.: *Metody akceptacji ryzyka w transporcie kolejowym*. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie nr 2(113), Kraków, 2017.
6. Hamrol A.: *Zarządzanie jakością z przykładami*. Wydawnictwo Naukowe PWN, wydanie drugie zmienione, Warszawa, 2007.
7. PN-EN 50126-1:2018: Zastosowania kolejowe – Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa.
8. PN-EN 50129:2019: Zastosowania kolejowe – Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem – Elektroniczne systemy sterowania ruchem związane z bezpieczeństwem.
9. Rozporządzenie nr 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka i uchylające rozporządzenie 352/2009 (Dz.U. UE L121/8 z dn. 03.05.2013 r.).
10. Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.: *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2013.