

BIAŁOŃ Andrzej<sup>1</sup>

## Zarządzanie ryzykiem w transporcie kolejowym na przykładzie urządzeń sterowania ruchem kolejowym

### WSTĘP

Analiza ryzyka jest niezwykle istotnym elementem przy projektowaniu, produkcji i eksploatacji urządzeń technicznych. Zapisy, pojawiające się w niektórych normach dotyczących urządzeń srk, szczególnie związanych z bezpieczeństwem, nakładają wręcz obowiązek na zespoły projektujące i produkujące urządzenia przeprowadzania analizy ryzyka. Można to pokazać na przykładzie norm PN EN 50 126 w której pokazany jest cykl życia systemu (np. urządzeń srk) czy normy PN EN 50 129, gdzie przy analizie bezpieczeństwa, niezbędnej do opracowania dowodu bezpieczeństwa jednym z ważnych elementów tej analizy jest analiza ryzyka. Analiza ryzyka i ryzyko jest nierozdzielnie powiązane z bezpieczeństwem systemu, dlatego też jest jednym z istotnych elementów przy podejmowaniu decyzji o stosowaniu systemu.

Według prawa Unii Europejskiej, obowiązującego również w Polsce, bezpieczeństwo oznacza brak niedopuszczalnego ryzyka (czyli brak zagrożeń). W celu osiągnięcia bezpieczeństwa, zgodnie z prawem UE, konieczne jest zarządzanie bezpieczeństwem obejmujące monitorowanie bezpieczeństwa oraz poprzedzające to monitorowanie zarządzanie ryzykiem.

Ryzyko może być dzielone na kategorie ze względu na charakter konsekwencji:

- ryzyko indywidualne (wpływ na poszczególnych członków społeczności);
- ryzyko zawodowe związane z wykonywanym zajęciem (wpływ na pracowników);
- ryzyko ogólnospołeczne (ogólny wpływ na społeczność);
- ryzyko utraty mienia i strat ekonomicznych (zakłócenia w działalności gospodarczej, kary itd.);
- ryzyko środowiskowe (wpływ na ziemię, powietrze, wodę, faunę, florę oraz dziedzictwo narodowe)

Zarządzanie ryzykiem to planowe stosowanie polityki, procedur i praktyk zarządczych w zakresie analizy ryzyka, wyceny ryzyka oraz rejestrowania zaistniałych zagrożeń przez zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych. Monitorowanie bezpieczeństwa to planowe stosowanie strategii, priorytetów i planów zarządczych przez tych samych zarządców i przewoźników w celu utrzymania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Nie oznacza to rezygnacji z już stosowanych środków bezpieczeństwa. Nie rezygnujemy na przykład ani z podziału torów na odcinki izolowane i odstępy blokowe, ani ze stosowania zasady fail-safe, ani ze stosowania analiz Poziomu Integralności Bezpieczeństwa SIL, ani z przepisów ruchowych.

Wprowadzanie analizy ryzyka w poszczególnych dziedzinach techniki jest bardzo zróżnicowane. W urządzeniach sterowania ruchem kolejowym jej stosowanie datuje się od kilkudziesięciu lat. Opracowane normy dotyczące bezpieczeństwa np. norma PN EN 50126 i norma PN EN 50 129 uwzględniają analizę ryzyka w swoim zakresie.

W normie PN IEC 60300-3-9 podano podstawowe pojęcia dotyczące analizy ryzyka.

Norma ta zaleca przeprowadzanie analizy ryzyka w określonej niżej kolejności kroków:

- określenie zakresu;
- identyfikacja zagrożeń i wstępne wyznaczenie konsekwencji;
- oszacowanie ryzyka (skutków i częstotliwości);
- weryfikacja;

<sup>1</sup> Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki, 04-275 Warszawa, ul. Chłopskiego 50, Tel +48 22 4731453, Fax +48 22 4731036, [abialon@ikolej.pl](mailto:abialon@ikolej.pl), [ikolej@ikolej.pl](mailto:ikolej@ikolej.pl).

- dokumentowanie;
- uaktualnianie analizy.

Zaleca się, co jest istotne przy wycenie ryzyka, aby w analizie konsekwencji uwzględnić następujące elementy:

- podstawą analizy są wyselekcjonowane niepożądane zdarzenia (zagrożenia);
- opisane były wszystkie konsekwencje spowodowane niepożądanym zdarzeniem (zagrożeniem);
- uwzględnione były środki łagodzące konsekwencje wraz ze stosowanym warunkami, które mają wpływ na te konsekwencje;
- przedstawione były kryteria użyte do identyfikacji konsekwencji;
- uwzględnione były zarówno konsekwencje bezpośrednie, jak i te, które mogą powstać po upływie pewnego czasu;
- uwzględnione były wtórne konsekwencje, takie jak odnoszące się do sąsiadującego wyposażenia i systemów.

### 1. METODY ANALIZY RYZYKA

Dla potrzeb analizy ryzyka, zarządzania ryzykiem a także szacunkach i wycenach ryzyka stosuje się szereg metod, z których niektóre przytoczono poniżej:

- analiza drzewa zdarzeń;
- analiza rodzajów i skutków niezdatności oraz analiza skutków i krytyczności niezdatności;
- badania zagrożeń i gotowości operacyjnej;
- analiza niezawodności człowieka;
- analiza uszkodzeń jednakowego rodzaju;
- wskaźniki zagrożeń;
- symulacja Monte-Carlo i inne metody symulacyjne;
- przegląd danych w retrospekcji.

Brane są pod uwagę zagrożenia rzadkie o poważnych konsekwencjach (np. zderzenie czołowe pociągów spowodowane niewłaściwym działaniem urządzeń sterowania ruchem kolejowym), ale nie zdarzenia nieprawdopodobne (np. tsunami w warunkach polskich). Brane są także pod uwagę zdarzenia częściej występujące, których konsekwencje są nieznaczne lub zazwyczaj nieznaczne (np. przejazd za sygnalizator wskazujący sygnał STÓJ w ramach drogi ochronnej – czyli praktycznie bez konsekwencji).

#### 1.1. Kwalitatywne szacowanie ryzyka

Istnieje szereg metod kwalitatywnego szacunku ryzyka. W każdym przypadku bierze się pod uwagę tylko te czynniki ryzyka, które mają zasadniczy wpływ na ocenę skutków wystąpienia zagrożenia (wielkość szkód na chronionym obiekcie).

Z wielu czynników, które mają wpływ na opracowanie bezpiecznych wymagań na system, który ma spełniać swoje funkcje ochronne (np. system srk) można wymienić:

- czas trwania zagrożenia  $D$ ;
- zapobieganie zagrożeniu  $G$ ;
- prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia  $W$ .

Czynnikami „wielkość szkód na ochranianym obiekcie“ są kryteria opisujące obiekt (ludzie, aparatura, urządzenia itp.) i wielkość szkód (szkody w ludziach, szkody materialne, itp.) oraz częstotliwość występowania zagrożenia. Na przykład, jeżeli ochraniani są ludzie to uwzględnia się następujące zdarzenia (szkody):

- S1 – lekkie - lekkie obrażenia, lekka choroba zawodowa;
- S2 – poważne - poważne obrażenia jednej lub więcej osób lub śmierć jednej osoby;
- S3 – ciężkie – śmierć wielu osób;
- S4 – katastroficzne – bardzo wiele ofiar śmiertelnych i praktycznie całkowite zniszczenie zakładu lub systemu.

Przez czynnik „czas trwania zagrożenia“ rozumie się czas trwania zagrożenia, a w przypadku ludzi czas znajdowania się w strefie niebezpiecznej. Można to określić jako:

- D1 – rzadki i częsty pobyt w strefie niebezpiecznej ;
- D2 – bardzo częsty lub stały pobyt w strefie niebezpiecznej.

Czynnik „zapobieganie niebezpieczeństwu“ opisuje się kryterium sposobu prowadzenia eksploatacji (z dozorem lub bez), czasowym przebiegiem niebezpieczeństwa (szybki, powolny), sposobem „odwrócenia niebezpieczeństwa (środkami technicznymi, organizacyjnymi itp.), badaniami praktycznymi z wynikiem negatywnym (żadne, małe, duże), przewidywaniem niebezpieczeństwa i możliwościom zapobiegania (można, nie można). Na podstawie powyższych danych czynnik G można określić jako:

- G1 – możliwe w określonych warunkach;
- G2 – zawsze możliwe.

Czynnik „prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpieczeństwa“ określa się werbalnie prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpieczeństwa przy czynności, która będzie realizowana bez funkcji ochronnych. Czynnik W można dzielić na:

- W1 – bardzo małe prawdopodobieństwo;
- W2 - małe prawdopodobieństwo;
- W3 – stosunkowo wysokie prawdopodobieństwo.

Przytoczone czynniki ryzyka pozwalają na wytworzenie ich 48 kombinacji. Okazuje się, że praktyczne znaczenie ma 8 kombinacji czynników S, D, G. Przykładowo przy warunkach katastroficznych (czynnik S4) czynniki D i G mają bardzo mały wpływ na spełnienie ochronnych własności systemu.

Im więcej czynników ryzyka bierze się pod uwagę i im dokładniejszy jest ich podział i określenie, tym obiektywniej można opracować wymagania na redukcję ryzyka i bezpieczeństwo wymagań na system. Jakie czynniki ryzyka będą wybrane do analizy zależy od konkretnego procesu sterowania dla którego mają być określone bezpieczne wymagania.

Przyjmuje się na ogół cztery poziomy ryzyka. Przypisać im można środki jakie należy stosować przy danym stopniu ryzyka:

- niedopuszczalne – obniżenie ryzyka jest niezbędne, w innym przypadku system nie może być dopuszczony do eksploatacji;
- niepożądane – ryzyko jest akceptowalne tylko wtedy kiedy nakłady związane z jego obniżeniem są wyraźnie wyższe od osiągniętych efektów, albo wtedy kiedy obniżenie ryzyka jest nieosiągalne;
- dopuszczalne – ryzyko jest akceptowalne tylko wtedy kiedy nakłady związane z jego obniżeniem są wyraźnie wyższe od osiągniętych efektów;
- pomijalne – dalsze nakłady na obniżenie ryzyka są niepotrzebne.

## 1.2. Kwantytatywne szacowanie ryzyka

Istnieje wiele metod na kwantytatywne szacowanie ryzyka. Należy przyjąć, że ryzyko jest zależne od intensywności wystąpienia bezpieczeństwa ( $h$ ) i jego następstw ( $S$ ). Ryzyko można wyrazić wzorem:

$$R = h \cdot S . \quad (1)$$

Całkowite niebezpieczeństwo związane z użyciem systemu (np. srk) składa się z wielu występujących niebezpieczeństw i dlatego dla całkowitego ryzyka można przyjąć:

$$R = \sum_{i=1}^n h_i \cdot S_i . \quad (2)$$

Gdzie:

$h_i$  – intensywność wystąpienia i-tego niebezpieczeństwa,

$S_i$  - następstwa i-tego niebezpieczeństwa,

Oczekiwana wielkość skutków na jednostkę czasu ( $E_{(s)}$ ) w zależności od prawdopodobieństwa wystąpienia i-tego niebezpieczeństwa ( $p_i$ ) określa się wzorem:

$$E_{(s)} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot p_i, \quad (3)$$

i w efekcie ryzyko można wyrazić wzorem:

$$R = E_{(s)} \cdot \sum_{i=1}^n h_i \quad (4)$$

## 2. IDENTYFIKACJA NIEBEZPIECZEŃSTW W URZĄDZENIACH SRK

Dla szacunków i wyceny ryzyka niezbędne jest określenie niebezpieczeństw związanych ze sterowaniem procesem ruchu kolejowego (należy opracować „zestaw” niebezpieczeństw). „Zestaw” takich niebezpieczeństw można opracować na podstawie analiz i rozważań teoretycznych, lub też na podstawie dotychczasowych doświadczeń z eksploatacji podobnych systemów i danych statystycznych. Najczęściej „zestaw” niebezpieczeństw realizowany jest jako kombinacja obu sposobów. Ze statystyki eksploatacyjnej można przyjąć, że przyczyną wystąpienia wypadku była błędna czynność w rozpatrywanym obiekcie (np. przestawienie zwrotnicy pod jadącym pociągiem) lub kiedy przyczyna wypadku jest błąd w logice systemu. W obiektach kolejowych związanych ze sterowaniem ruchem kolejowym można przykładowo określi następujące niebezpieczeństwa:

*semafor:*

- wyświetlenie fałszywego sygnału zezwalającego (zezwolenie na jazdę kiedy powinien być wyświetlony sygnał zabraniający);
- niewyświetlenie sygnału zabraniającego;
- wyświetlenie sygnału zezwalającego na większą szybkość;
- itp.;

*zwrotnica:*

- przestawienie utwierdzonej zwrotnicy;
- przestawienie zwrotnicy pod taborem;
- błędna informacja o położeniu zwrotnicy
- itp.;

*odcinek torów:*

- błędna informacja o niezajętości odcinka;
- błędna informacja o zajętości odcinka;
- itp.;

Przyczyną niebezpieczeństwa przy eksploatacji systemu srk może być również pomyłka personelu obsługującego, szczególnie przy wykonywaniu czynności związanych bezpośrednio z prowadzeniem ruchu pociągów. Można określić wpływ personelu obsługi na realizowanie funkcji związanych z bezpiecznym prowadzeniem ruchu:

- żaden – system funkcjonuje poprawnie i w pełnym zakresie kontroluje bezpieczeństwo przy dowolnych poleceniach wydawanych przez personel (urządzenia „idiotoodporne”);
- częściowy:
  - system funkcjonuje, ale jego rozwiązanie techniczne nie pozwala na pełną kontrolę wszystkich poleceń personelu (również nieprawidłowych);
  - system funkcjonuje częściowo, niektóre realizowane funkcje bezpieczeństwa wykonywane są przez personel obsługi bez nadzoru systemu;
- całkowity – system nie funkcjonuje, wszystkie czynności związane z bezpieczeństwem wykonuje personel obsługujący bez kontroli przez system.

## 3. ANALIZA SKUTKÓW NIEBEZPIECZEŃSTW

Tak jak usterka może być przyczyną różnych niebezpieczeństw, tak i niebezpieczeństwo, w zależności od konkretnych warunków eksploatacyjnych, może być przyczyną różnego rodzaju następstw. Dlatego przy analizie ryzyka każde niebezpieczeństwo należy analizować z punktu

widzenia wszystkich możliwych następstw, przy czym prawdopodobieństwo wystąpienia jednakowych następstw będzie różne i zależne od warunków eksploatacyjnych (np. od natężenia ruchu).

Ogólnie niebezpieczeństwa związane z użytkowaniem (eksploatacją) systemu srk mogą prowadzić do różnorodnych następstw, a mianowicie::

- najechanie pojazdu trakcyjnego w tył poprzedzającego pojazdu trakcyjnego;
- uderzenie pojazdu trakcyjnego w bok innego pojazdu trakcyjnego;
- zderzenie czołowe pojazdów trakcyjnych;
- zderzenie pojazdu trakcyjnego z pojazdem drogowym;
- najechanie na pieszego;
- wykolejenie pojazdu trakcyjnego;
- itp.

Następstwem wypadku mogą być szkody materialne, narażenie ludzi lub inne szkody. Jeżeli istnieje realna groźba śmierci człowieka lub wyraźnego uszczerbku jego zdrowia, wtedy materialne szkody mogą być pomijalne i nie należy ich brać przy analizie ryzyka. Narażenie człowieka można określić ilością przypadków śmiertelnych i innych obrażeń:

$$S_N = S_M + k_Z \cdot S_Z + k_L \cdot S_L, \quad (5)$$

gdzie:

$S_M$  - ilość wypadków śmiertelnych;

$S_Z$  - ilość ciężkich obrażeń,

$S_L$  - ilość lekkich obrażeń,;

$k_Z$  - współczynnik akceptacji ciężkich obrażeń

$k_L$  - współczynnik akceptacji urazów lekkich.

Na przykład w części informacyjnej normy PN EN 50 126 są przytoczone zalecane współczynniki  $k_Z = 10$  i  $k_L = 100$ .

#### 4. WYCENA RYZYKA I KRYTERIA AKCEPTOWALNOŚCI RYZYKA

Zarządcy infrastruktury i przewoźnicy kolejowi wprowadzając zmiany w swojej działalności, jak i akceptując zmiany u podwykonawców, niezależnie od tego czy zmiany te mają charakter techniczny (np. zmiana elementów systemu) czy eksploatacyjny (np. zmiana przepisów ruchowych) czy organizacyjny (np. podział lub łączenie jednostek eksploatacyjnych) zobowiązani są do wyceny ryzyka czyli oceny akceptowalności ryzyka wprowadzanego przez daną zmianę. Do takiej oceny zobowiązane są także podmioty zamawiające oraz producenci i wykonawcy jeśli angażują jednostkę notyfikowaną do przeprowadzenia procedury weryfikacji WE podsystemu. Wymóg ten oznacza zobowiązanie podmiotów zamawiających, producentów i wykonawców do prowadzenia oceny akceptowalności ryzyka wprowadzanego przez budowę, modernizację, odnowę podsystemu (drogi kolejowej, zasilania trakcyjnego, sterowania i łączności oraz taboru czy systemów bezpiecznej kontroli jazdy pociągów).

Kryteria akceptowalności ryzyka to kryteria, na podstawie których oceniana jest dopuszczalność danego ryzyka; kryteria te stosuje się, aby ustalić, czy poziom ryzyka jest na tyle niski, że nie jest konieczne podejmowanie natychmiastowych działań w celu jego zredukowania. Ocenę ryzyka wynikającego ze znaczącej zmiany prowadzi się poprzez weryfikację stosowania kodeksów postępowania lub poprzez porównanie z podobnymi systemami lub poprzez jawne szacowanie ryzyka. Metody te mogą być stosowane samodzielnie jak i w dowolnej kombinacji. Wybór metody należy do zarządcy infrastruktury, przewoźnika, podmiotu zamawiającego, producenta lub wykonawcy, który prowadzi ocenę akceptowalności ryzyka wynikającego ze znaczącej zmiany i nie może być narzucany przez niezależną Jednostkę Oceniającą (AsBo).

Ocena akceptowalności ryzyka poprzez weryfikację stosowania kodeksów postępowania wykorzystuje powszechnie uznane i jednocześnie publicznie dostępne kodeksy postępowania (np. normy, specyfikacje TSI jeśli specyfikacje te nie wymagają oceny akceptowalności ryzyka, karty UIC oraz krajowe przepisy dotyczące bezpieczeństwa jeśli były notyfikowane).

Ocenianie akceptowalności ryzyka poprzez szacowanie i wycenę jawnego ryzyka wykorzystuje ilościowe i jakościowe szacowanie ryzyka i wynikających z niego zagrożeń z uwzględnieniem istniejących środków bezpieczeństwa. Metodę taką ze względu na jej wysoką pracochłonność i kosztochłonność stosuje się jako metodę uzupełniającą ocenę opartą o kodeksy postępowania i ocenę opartą o system odniesienia. Wymaga się aby zagrożenia uważać za pozostające poniżej kryterium akceptowalności ryzyka jeśli spełniają kryteria wywodzone z prawa wspólnotowego lub przepisów prawa krajowego jeśli były notyfikowane. Dla systemów technicznych, nie objętych kodeksami postępowania ani nie uznanych za dopuszczalne poprzez porównanie z systemem odniesienia, jeżeli w przypadku awarii zachodzi wiarygodne prawdopodobieństwo katastroficznych konsekwencji to jako kryterium akceptowalności ryzyka przyjmuje się częstotliwość takich awarii równą lub mniejszą niż  $10^{-9}$  na godzinę pracy systemu. Jeżeli ryzyko związane z zagrożeniem lub zagrożeniami jest uważane za dopuszczalne, zidentyfikowane środki bezpieczeństwa zostają odnotowane w rejestrze zagrożeń

Ocena akceptowalności ryzyka poprzez porównanie do systemu odniesienia wykorzystuje występowanie w podobnym systemie zagrożenia lub zagrożeń powodowanych przez znaczące zmiany. Korzystanie z systemu odniesienia możliwe jest tylko wówczas gdy spełnione są łącznie następujące warunki: system odniesienia jest eksploatowany w podobnych warunkach eksploatacyjnych i środowiskowych jak system oceniany, system odniesienia ma podobne funkcje i interfejsy jak system oceniany oraz system odniesienia sprawdził się już w praktyce jako system o dopuszczalnym poziomie bezpieczeństwa i również obecnie spełniłby warunki wymagane do jego zatwierdzenia. Porównanie do systemu odniesienia pozwala na stwierdzenie, że ryzyko związane z zagrożeniami uwzględnionymi w systemie odniesienia uważa się za pozostające poniżej kryterium akceptowalności ryzyka czyli dopuszczalne pod warunkiem stosowania tych samych środków bezpieczeństwa. Środki te odnotowuje się w rejestrze zagrożeń. Jeżeli występują różnice pomiędzy ocenianym systemem a systemem odniesienia, wycena ryzyka powinna wykazać, że oceniany system cechuje co najmniej taki sam poziom bezpieczeństwa jak system odniesienia.

Niezależnie od przyjętej metody oceny i wyceny ryzyka i powiązanego z nią kryterium akceptowalności ryzyka jeśli szacowane ryzyko nie jest dopuszczalne, należy określić i wdrożyć dodatkowe środki bezpieczeństwa, aby zredukować ryzyko do dopuszczalnego poziomu.

## PODSUMOWANIE

Jak wynika z przedstawionego materiału analiza ryzyka i zarządzanie ryzykiem jest dziedziną dość skomplikowaną i rozległą. Dotyczy to wszystkich systemów technicznych. Dla systemów związanych z bezpieczeństwem, w tym urządzeń sterowania ruchem kolejowym, brak jest do tej pory konkretnych szczegółowych wytycznych do przeprowadzania prac związanych z analizą ryzyka. Niezbędne jest prowadzenie na kolejach polskich prac mających na celu wdrożenie analizy ryzyka przy projektowaniu, produkcji i eksploatacji urządzeń związanych z bezpieczeństwem, czego wymaga prawo krajowe i prawo Unii Europejskiej. Dotyczy to w pierwszej kolejności urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

Zobowiązanie podmiotów branży kolejowej do stosowania zarządzania ryzykiem z pewnością uporządkuje stosowane w transporcie kolejowym środki bezpieczeństwa. Jest to szczególnie istotne w dobie liberalizacji transportu kolejowego. Uporządkowane zostaną wymagania w zakresie jakości i bezpieczeństwa zamawianych materiałów i usług mających wpływ na bezpieczeństwo.

### Streszczenie

*Artykuł opisuje zasady oceny bezpieczeństwa i jego wpływu na zarządzanie bezpieczeństwem stosowane w transporcie kolejowym na przykładzie oceny bezpieczeństwa urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Analizie poddane zostały między innymi metody opisane w normach europejskich oraz rozporządzeniach Komisji Europejskiej. Zgodnie z prawem Unii Europejskiej ryzyko określono jako łączny wynik skali zagrożenia i prawdopodobieństwa wystąpienia (częstotliwości występowania danego zagrożenia). Wskazano różne metody oceny bezpieczeństwa oraz opisano szacowanie bezpieczeństwa poprzez ocenę jakościową i kwantytatywną. Na przykładzie urządzeń sterowania ruchem kolejowym opisano efekty możliwych usterek i zagrożenia do*

których mogą one prowadzić. Pokazano jak szacowane jest ryzyko dla poszczególnych zagrożeń, które następnie jest porównywane z kryteriami akceptowalności ryzyka i uwzględniane w systemie zarządzania bezpieczeństwem przez zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych.

## Risk management in the railway transport on the example of control command and signalling systems

### **Abstract**

*Article describes safety estimation rules and their impact on the safety management in railway transport on the example of control command and signalling systems. Methods described in the European standards as well as methods described in the European Commission Regulations have been analysed. In accordance with the European Community law risk is described as a joint result of single threat consequences and its' probability (threat frequency). Different safety assessment methods were pointed and qualitative and quantitative safety estimation methods were described. Taking control command and signalling systems as an example article describes possible faults and threats which may be caused by them. Article shows how risk for different threat is estimated and then compared with risk acceptance criteria and included in safety management systems of the railway infrastructure managers and train operating companies.*

### **BIBLIOGRAFIA**

1. PN-IEC 60300-3-9:1999P Zarządzanie niezawodnością -- Przewodnik zastosowań -- Analiza ryzyka w systemach technicznych
2. PN-EN 50126:2002/AC:2011 Zastosowania kolejowe -- Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa
3. PN-EN 50128:2011 Zastosowania kolejowe -- Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem -- Oprogramowanie kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia
4. PN-EN 50 129:2007/AC:2010 Zastosowania kolejowe -- Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem -- Elektroniczne systemy sterowania ruchem związane z bezpieczeństwem
5. Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei
6. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 352/2009 z dnia 24 kwietnia 2009 r. w sprawie przyjęcia wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka, o której mowa w art. 6 ust. 3 lit. a) dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady
7. Rozporządzenie Komisji (UE) 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
8. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1077/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa
9. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1078/2012 z dnia 16 listopada 2012 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do monitorowania, która ma być stosowana przez przedsiębiorstwa kolejowe i zarządców infrastruktury po otrzymaniu certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji bezpieczeństwa oraz przez podmioty odpowiedzialne za utrzymanie
10. Rástočný, K: Analýza rizík železničného signalizačného systému. AEEE No. 3-4 Vol.2/2003. ŽU v Žiline.