

**Marcin BUDZYŃSKI<sup>1</sup>**

**Kazimierz JAMROZ<sup>2</sup>**

**Stanisław GACA<sup>3</sup>**

**Wojciech KUSTRA<sup>4</sup>**

**Lech MICHALSKI<sup>5</sup>**

## **NARZĘDZIA ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM INFRASTRUKTURY DROGOWEJ W POLSCE**

Zarządzanie bezpieczeństwem infrastruktury drogowej jest to stosowanie w planowaniu, projektowaniu, budowie i użytkowaniu dróg procedur polegających na systematycznej identyfikacji zagrożeń na drodze, szacowaniu ich ewentualnych skutków dla uczestników ruchu drogowego oraz stosowaniu działań eliminujących zidentyfikowane zagrożenia lub zmniejszających skutki ich występowania mierzone liczbą wypadków, liczbą ofiar rannych i śmiertelnych w wypadkach oraz kosztów wypadków drogowych. Istnieje wiele podejść i metod i narzędzi do zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego. Dyrektywa UE 2008/96/WE porządkuje i proponuje listę narzędzi do zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej. Realizujące zalecenia Dyrektywy narzędzia zarządzania brd bazują na dwóch kryteriach: przebiegu cyklu życia obiektu drogowego i procesie zarządzania ryzykiem. Celem zarządzania ryzykiem jest ograniczenie rozmiarów szkód, które może ono spowodować poprzez stosowanie zaproponowanych interwencji w racjonalnym zakresie. Narzędzia zarządzania ryzykiem dotyczą dwóch etapów: oceny ryzyka (analiza i wartościowanie ryzyka) i reagowania na ryzyko (postępowanie wobec ryzyka, monitorowanie ryzyka i komunikowanie o ryzyku). Zadaniem tej metody jest ułatwienie, osobom zarządzającym siecią dróg, podejmowania racjonalnych decyzji dotyczących: bezpieczeństwa ruchu drogowego, bezpieczeństwa infrastruktury drogowej i innych strat ponoszonych w poszczególnych fazach życia obiektu drogowego. W referacie skupiono się na elementach wsparcia naukowego do budowy poszczególnych narzędzi – oceny wpływu na brd nowej drogi, audycie dokumentacji projektowej, inspekcji istniejącej sieci drogowej oraz klasyfikacji odcinków niebezpiecznych.

**Słowa kluczowe:** ryzyko, infrastruktura drogowa

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Marcin Budzyński, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, mbudz@pg.gda.pl

<sup>2</sup> Kazimierz Jamroz, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, kjamroz@pg.gda.pl

<sup>3</sup> Stanisław Gaca, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, sgaca@pk.edu.pl

<sup>4</sup> Wojciech Kustra, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, castrol@pg.gda.pl

<sup>5</sup> Lech Michalski, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, michal@pg.gda.pl

## 1. Wstęp

Pod względem liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych Polska ciągle jeszcze znajduje się na najgorszych miejscach w Unii Europejskiej. W 2015 roku na polskich drogach zginęło 2938 uczestników ruchu drogowego, a 39,8 tys. było rannych. Działania priorytetowe zawarte w krajowych i wojewódzkich programach bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd) [4] przyczyniają się do systematycznego zmniejszania liczby ofiar śmiertelnych w Polsce, ale uzyskiwane efekty są jeszcze dalekie od oczekiwań. Poprawa bezpieczeństwa ruchu będzie możliwa do osiągnięcia między innymi poprzez wdrażanie zasad zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej na europejskiej sieci drogowej przyjętych w ramach Dyrektywy [2]. W powyższym dokumencie zaleca się krajom członkowskim zastosowanie sprawdzonych narzędzi do zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego takich, jak: ocena brd (RIA), audyt brd (RSA), klasyfikacja brd (RSM) i kontrola brd (RSI). Wychodząc naprzeciw potrzebom poszczególnych zarządów drogowych (krajowych, regionalnych i lokalnych) Politechnika Gdańska (Katedra Inżynierii Drogowej) we współpracy z Politechniką Krakowską (Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu Drogowego) opracowały kilka podstawowych narzędzi do zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej w Polsce. Narzędzia zarządzania bezpieczeństwem ruchu na sieci dróg zostały również opracowane przez zespół Uniwersytetu Technologiczno - Przyrodniczego w Bydgoszczy [7].

Z wstępnych analiz wykonanych przez autorów wynika, że skuteczność wprowadzania poszczególnych narzędzi zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej w postaci zmniejszenia liczby ofiar wypadków, wynosi szacunkowo: ocena wpływu na brd: 10 – 25%, audyt brd (łącznie wszystkie etapy): 5 – 20%, kontrola infrastruktury (systematyczna): 1 – 20%. Wyższe wartości liczbowe skuteczności uzyskuje się na drogach, dla których nie były wykonywane procedury zarządzania BRD na wcześniejszych etapach.

## 2. Podstawy metodologiczne

Zadaniem przyjętej metody jest ułatwienie, osobom zarządzającym siecią dróg, podejmowania racjonalnych decyzji dotyczących: bezpieczeństwa ruchu drogowego, bezpieczeństwa infrastruktury drogowej i innych strat ponoszonych w poszczególnych fazach życia obiektu drogowego [4]. Przystępując do budowy poszczególnych elementów systemu zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej w Polsce przyjęto następujące założenia:

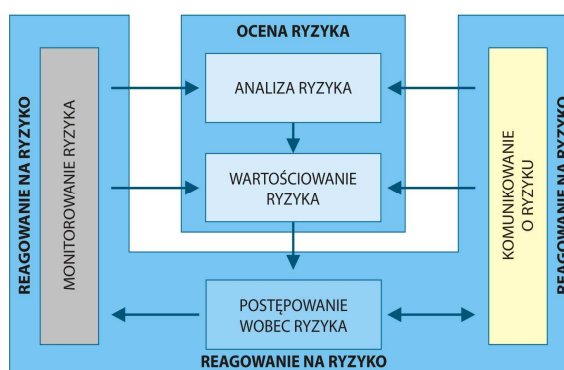
- a) system zarządzania i poszczególne jego elementy obejmą wszystkie etapy cyklu życia obiektu drogowego (planowanie, projektowanie, budowę, eksploatację i likwidację),
- b) zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej oparto na metodzie zarządzania ryzykiem,
- c) zastosowane będą różne metody identyfikacji zagrożeń i źródeł zagrożeń.

**Metoda zarządzania ryzykiem** to powtarzalny sposób postępowania w celu skutecznej i efektywnej redukcji ryzyka w ruchu drogowym, ze szczególnym uwzględnieniem interwencji i działań związanych z infrastrukturą drogową, prowadzonych w racjonalnych granicach. W zaproponowanej metodzie zarządzania ryzykiem wyróżniono dwie istotne fazy (rys. 1):

- a) fazę oceny ryzyka, proces analizowania i wyznaczania dopuszczalnego ryzyka z uwzględnieniem przyjętych standardów jego akceptacji,
- b) fazę reagowania na ryzyko - obejmuje trzy istotne fazy: postępowanie wobec ryzyka, monitorowanie ryzyka i komunikowanie o ryzyku.

**Metody identyfikacji zagrożeń i źródeł zagrożeń.** W praktyce działań usprawniających bezpieczeństwo ruchu drogowego, podobnie jak w praktyce lekarskiej, stosować można dwa rodzaje terapii: objawową lub przyczynową.

- a) Terapia objawowa polega na identyfikacji ryzyka zagrożeń i ich źródeł na podstawie analizy zaistniałych wypadków drogowych oraz ich skutków.
- b) Terapia przyczynowa polega na identyfikacji zagrożeń i źródeł zagrożeń na podstawie inspekcji w terenie (istniejąca droga) lub audytu projektów (planowana lub projektowana droga) i analizy przewidywanych (prognozowanych) wypadków drogowych oraz ich skutków.



Rys. 1. Schemat metody zarządzania ryzykiem

Fig. 1. Scheme of risk management methods

### 3. Metoda oceny wpływu

Ocena wpływu planowanej drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest to strategiczna analiza wpływu wariantów planowanej drogi na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego w sieci dróg publicznych znajdujących się w obszarze oddziaływania planowanej drogi [5]. Celem wykonywania Oceny wpływu na BRD (Road Impact Assessment RIA) jest ustalenie rankingu wariantów planowanej drogi uwzględniającego ich wpływ na bezpieczeństwo ruchu w sieci dróg współpracujących znajdujących się na obszarze wpływu planowanej drogi. Wy-

niki tej analizy powinny być uwzględnione w ramach analizy wielokryterialnej (wraz z innymi kryteriami: technicznymi, ekonomicznymi i środowiskowymi) przy ocenie wariantów analizowanej drogi. Ocena wpływu na BRD powinna także stanowić podstawę do odrzucenia, z dalszych stadiów projektowych, wariantów planowanej drogi nie spełniających podstawowych standardów bezpieczeństwa ruchu drogowego. Problemem badawczym było opracowanie metody prognozowania miar bezpieczeństwa ruchu, tj.: gęstości wypadków AD, gęstości ofiar rannych ID i gęstości ofiar śmiertelnych KD zwanymi też miarami ryzyka społecznego. Miary ryzyka społecznego oblicza się za pomocą następujących zależności (przykład dla gęstości wypadków AD) (1):

$$AD_{i,j,v,k} = \beta_{1,A,1} \cdot Q_{i,j,v}^{\beta_{2,A,k}} \cdot \exp(\beta_{3,A,k} \cdot Q_{i,j,v} + \beta_{4,A,k} \cdot PHV_{i,j,v}) \cdot f_{TP} \cdot f_{RL} \cdot f_{AE} \cdot f_{DI} \quad (1)$$

gdzie:

$Q_{i,j,v}$  – średnioroczne natężenie dobowe na analizowanym odcinku drogi j, dla danego roku prognozy i, wariantu v (tys. poj./ 24h),

$PHV_{i,j,v}$  – udział ruchu pojazdów ciężkich (ciężarowych i autobusów) na analizowanym odcinku drogi j w danym roku prognozy i, dla wariantu v (%),

$\beta_1, \dots, \beta_n$  – współczynniki równań,

$k$  – liczba jezdni,  $k=1$  jedna jezdnia,  $k=2$  dwie jezdnie.

$f_{TP}$  – współczynnik wpływu roku prognozy, uwzględniający poziom rozwoju społeczno-gospodarczego kraju i podejmowanych działań systemowych na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego,

$f_{RL}$  – współczynnik wpływu lokalizacji drogi (krętość, falistość, region kraju),

$f_{AE}$  – współczynnik wpływu rodzaju otoczenia drogi (miejski, przemysłowy, zamiejski, leśny), przez który przebiega analizowany odcinek drogi,

$f_{DI}$  – współczynnik wpływu gęstości skrzyżowań lub węzłów drogowych DI.

Powyższy wzór obowiązuje dla natężeń do 30000 poj./dobę dla przekroju jednojezdniowego, 100 tys. poj./dobę dla przekroju dwujezdniowego, dla zakresu prognozy do roku 2050 oraz dla skrzyżowań z drogami krajowymi i wojewódzkimi.

#### 4. Audyt bezpieczeństwa ruchu drogowego

Ponad dziesięcioletni okres doświadczeń wdrażania audytu w Polsce [5] dał podstawy do identyfikacji dwóch grup problemów związanych z:

- procesem projektowania dróg i stosowaniem standardów bezpieczeństwa,
- powszechnością, poprawnością i skutecznością stosowania procedur audytu.

W pierwszej grupie problemów, audyt brd wskazuje na statystycznie częste pojawianie się tych samych błędów w projektowaniu przekroju poprzecznego i podłużnego drogi, planu sytuacyjnego, skrzyżowań i węzłów:

- stosowanie przekrojów 1x4, 1x6 bez pasa dzielącego,

- b) umieszczanie urządzeń (słupy, barierki) na wąskim chodniku (1.5-2.0 m),
- c) brak skutecznej segregacji ruchu rowerowego i pieszego w przekroju ulicy,
- d) stosowanie stromych skarp nasypów w miejscach niebezpiecznych,
- e) niewystarczające odległości widoczności na łukach poziomych i pionowych,
- f) zbyt małe odległości między skrzyżowaniami; kwalifikowanie w projekcie skrzyżowań jako zjazdów,
- g) nieprawidłowe odwodnienie powierzchniowe jezdni,
- h) niewłaściwy dobór typu skrzyżowania,
- i) niedostosowanie rozwiązań węzłów do parametrów ruchu.

Powstawanie tych i wielu innych błędów jest procesem złożonym. Szczegółowa analiza uwag audytorskich wskazuje, że w polskiej praktyce planistycznej przyczynami są:

- a) niewłaściwe z punktu widzenia brd zapisy lub brak zapisów dotyczących brd w podstawowych przepisach technicznych,
- b) niewłaściwa interpretacja lub braki w wiedzy projektanta, brak materiałów pomocniczych, podręczników dobrej praktyki itp.,
- c) ignorowanie „niewygodnych” przepisów lub nadmierne stosowanie odstępstw od warunków technicznych,
- d) traktowanie brd przez inwestorów i projektantów jako kryterium drugorzędne.

Druga grupa problemów wynika z trudności zapewnienia:

- a) profesjonalnych kadr i niezależności formułowania uwag audytorskich,
- b) obiektywności w ocenach przyjętych w projekcie rozwiązań pod względem bezpieczeństwa i racjonalnych rekomendacji.

Na obecnym etapie rozwoju audytu brd w Polsce mankamenty identyfikowane przez audytora brd dzielą się na błędy i usterki projektu drogi. Należy jednak zaznaczyć, że kryteria te, jak i ocena korzyści wynikających z stosowania procedur audytu brd wymagają dalszych szczegółowych badań krajowych i wymiany doświadczeń w skali międzynarodowej.

## 5. Klasyfikacja miejsc niebezpiecznych

Głównym celem Klasyfikacji BRD (RSM) jest wybór odcinków o największym ryzyku indywidualnym tj. o największym prawdopodobieństwie uczestniczenia w wypadku śmiertelnym przez użytkownika drogi z jednej strony oraz odcinków o największym ryzyku społecznym i największym potencjale zmniejszenia kosztów wypadków przez działania prowadzone przez zarządcę drogi z drugiej strony [1]. Pośrednimi celami RSM są:

- a) systematyczna ocena bezpieczeństwa na istniejącej sieci dróg,
- b) identyfikacja i uszeregowanie odcinków o największym ryzyku,
- c) identyfikacja i uszeregowanie odcinków o największej gęstości kosztów wypadków i odcinków o największym potencjale redukcji kosztów wypadków drogowych,

d) stworzenie podstaw do wyboru odcinków, gdzie należy podjąć działania cechujące się najwyższą efektywnością.

W przyjętej klasyfikacji poziomu bezpieczeństwa ruchu proponuje się pięć klas potencjału redukcji kosztów wypadków na odcinkach dróg (A, B, C, D, E) [3]. Pomimo, że klasyfikacja odcinków niebezpiecznych dotyczy obligatoryjnie tylko dróg krajowych, w roku 2015 opracowano na zlecenie Krajowej Rady BRD, klasyfikację odcinków niebezpiecznych dla dróg wojewódzkich [6]. Na rys. 2 przedstawiono, jako przykład takiej klasyfikacji, ryzyko społeczne (gęstość kosztów wypadków) dla wypadków typu wypadnięcie z drogi.



Rys. 2. Mapa odcinków dróg woj., ryzyko społeczne, wypadnięcia z jezdni

Fig. 2. Map of regional roads sections, social risk, run-of-road accidents

## 6. Inspekcja brd

Jako ostatnie narzędzie opracowano i wdrożono zasady prowadzenia inspekcji brd (RSI) na drogach krajowych w Polsce. Wyróżniono trzy 3 rodzaje inspekcji – ogólna (IO), szczegółowa (ID) i specjalna (IS). Inspekcje ogólne są przeprowadzane cyklicznie, natomiast szczegółowe i specjalne na odcinkach dróg o poziomie ryzyka E lub wg potrzeb [1]. Inspekcja brd dotyczy wszystkich ważnych dla bezpieczeństwa obiektów i zjawisk występujących na drogach i w strefie bezpieczeństwa, a w szczególności dotyczących geometrii, organizacji ruchu, otoczenia, widoczności, dostosowania parametrów drogi i otoczenia do wymaganej prędkości (rys. 3). Po dokonaniu oceny zagrożenia należy określić czy zidentyfikowane zagrożenie zostanie usunięte, czy zostanie ograniczone, tak aby zmniejszyć potencjalne ryzyko czy też zostaną wprowadzone środki ochrony przed zagrożeniem. Na tej podstawie należy podjąć działania zmierzające do rozwiązania problemu. Po weryfikacji metody (2 lata od jej wdrożenia) przyjęto trzy klasy defektów (A – małe zagrożenie, B – średnie zagrożenie,

C – duże zagrożenie). Obecnie trwają prace nad przyjęciem obiektywnych miar oceny zagrożenia na drogach, konieczne jest określenie wpływu prędkości i natężenia ruchu drogowego na klasę zagrożenia. Efektem prowadzonych badań będzie narzędzie umożliwiające obiektywne klasyfikowanie identyfikowanych podczas kontroli zagrożeń na drodze i w jej otoczeniu.



Rys. 3. Przykłady zagrożeń na sieci istniejących dróg

Fig. 3. Examples of hazards on existing roads

## 7. Podsumowanie

Zaprezentowane powyżej narzędzia zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej wymagają dalszych badań i rozszerzenia zakresu stosowania. Rozbudowa modeli wpływu wybranych czynników na miary brd (co pozwoli na skuteczniejszy dobór środków naprawczych), opracowanie metody zarządzania bezpieczeństwem na poziomie operacyjnym oraz objęcie procedurami Dyrektywy [2] sieci dróg wojewódzkich, przyniesie dalszą poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce.

## Literatura

- [1] Budzyński M., Jamroz K., Kuśtra W., Gaca S., Michalski L., Instrukcja klasyfikacji odcinków niebezpiecznych na drogach krajowych - Opracowanie na zlecenie GDDKiA, Politechnika Gdańska, Politechnika Krakowska, 2013.

- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z 19 listopada 2008 roku w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej 2008/96/WE (Dz.U. UE L.319/59).
- [3] EuroRAP: Atlas Ryzyka na Drogach Krajowych w Polsce w latach 2009 - 2011. [www.eurorap.pl](http://www.eurorap.pl) {dostęp 7-05-2016}.
- [4] Jamroz K.: Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2011.
- [5] Jamroz K., Gaca S., Kuśtra W., Michalski L., Instrukcja dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego - Część I Ocena wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej, Część II Audyt bezpieczeństwa ruchu drogowego – Opracowanie na zlecenie GDDKiA, Politechnika Krakowska, Politechnika Gdańska, 2011.
- [6] Jamroz K., Kuśtra W., Wachnicka J., Berkowski M., Metodologia klasyfikacji ryzyka dla wybranych rodzajów wypadków drogowych na drogach wojewódzkich oraz dla obszarów województw i powiatów wraz z dokonaniem klasyfikacji i przedstawieniem wyników na mapach, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, 2015.
- [7] Szczuraszek T., Kempa J., Bebyn G., Chmielewski J. i inni, GAMBIT Kujawsko – Pomorski, Tom II Program poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, Diamond Books, Bydgoszcz 2012.

## TOOLS FOR ROAD INFRASTRUCTURE SAFETY MANAGEMENT IN POLAND

### Summary

The objective of road safety infrastructure management is to ensure that when roads are planned, designed, built and used road risks can be identified, assessed and mitigated. There are a number of approaches, methods and tools for road safety infrastructure management. European Union Directive 2008/96/EC regulates and proposes a list of tools for managing road infrastructure safety. Road safety tools look at two criteria: the life cycle of a road structure and the process of risk management. Risk can be minimized through the application of the proposed interventions during design process as reasonable. The proposed tools relate to two stages: risk assessment and risk response occurring within the analyzed road structure (road network, road stretch, road section, junction, etc.). The objective of the methods is to help road authorities to take rational decisions in the area of road safety and road infrastructure safety and understand the consequences occurring in the particular phases of road life cycle. To help with assessing the impact of a road project on the safety of related roads, a method was developed for long-term forecasts of accidents and accident cost estimation as well as a risk classification to identify risks that are not acceptable risks. With regard to road safety audits and road safety inspection, a set of principles was developed to identify risks and the basic classification of mistakes and omissions.

**Keywords:** risk management, road infrastructure

*Przesłano do redakcji: 07.06.2016 r.*

*Przyjęto do druku: 30.06.2016 r.*

DOI: 10.7862/rb.2016.71