

# Otoczenie drogi źródłem zagrożeń dla uczestników ruchu drogowego



**MARCIN BUDZYŃSKI**  
mbudz@pg.gda.pl



**KAZIMIERZ JAMROZ**  
kjamroz@pg.gda.pl



**ŁUKASZ JELIŃSKI**  
lukjelin@gmail.com



**MARCIN ANTONIUK**  
marantoniuk@gmail.com

Politechnika Gdańska,  
Wydział Inżynierii Lądowej  
i Środowiska, Katedra  
Inżynierii Drogowej



**KRZYSZTOF WILDE**  
krzysztof.wilde@wilis.pg.  
gda.pl  
Politechnika Gdańska,  
Wydział Inżynierii Lądowej  
i Środowiska, Katedra  
Mechaniki Budowli

Wypadki związane z wypadnięciem pojazdu z drogi charakteryzują się zazwyczaj bardzo poważnymi skutkami (np. ciężkimi obrażeniami uczestników), gdyż efektem wypadnięcia z drogi jest często uderzenie pojazdu w przeszkodę trwałą (drzewo, słup, podpora obiektu inżynierskiego, ścianka czołowa przepustu, bariera). Szczególnie duże zagrożenie w Polsce występuje na drogach położonych w północno-zachodniej części kraju, gdzie wzdłuż dróg pozostało wiele alei drzew. Najbardziej drastycznym tego przykładem był wypadek autobusu pod Gdańskiem w roku 1994, w którym śmierć w wyniku najechania na drzewo poniosły 32 osoby, a ponad 40 osób zostało rannych (fot. 1).

Na wielu odcinkach polskich dróg istnieją nieodpowiednie przekroje poprzeczne odcinków dróg zamiejskich – drzewa bezpośrednio przy krawędzi jezdni, a za drzewami skarpy rowów odwadniających, uniemożliwiające bezpieczne poruszanie się niechronionych użytkowników dróg poboczem, zmuszając ich do poruszania się po jezdni. Brak określonej przepisami strefy bezpieczeństwa drogi powoduje duże konflikty z ogólnie pojętą ochroną środowiska, przy próbie usunięcia drzew z bezpośredniego sąsiedztwa jezdni. W związku z tym należy poszukiwać kompromisu pomiędzy bezpieczeństwem uczestników ruchu drogowego a względami ochrony środowiska i estetycznym odbiorem tras drogowych. Z tego względu należy stosować oprócz wycinki, tam gdzie jest to możliwe, również środki poprawy bezpieczeństwa związane z zabezpieczaniem drzew w pasie drogowym. Do wypadków związanych bezpośrednio z otoczeniem drogi wybrano następujące ich rodzaje (na podstawie policyjnej bazy danych SEWIK):

- najechanie na drzewo,
- najechanie na barierę,
- najechanie na słup, znak,
- wywrócenie pojazdu na poboczu,
- wywrócenie pojazdu na skarpie, w rowie.

Problem otoczenia dróg należy do najpoważniejszych kwestii w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd). Od lat są prowadzone badania dotyczące identyfikacji zagrożeń w otoczeniu drogi oraz badania nad skutecznością stosowanych rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo użytkowników dróg.

W Polsce kwestią bezpieczeństwa zaczęto zajmować się w większej skali od roku 1994, po misji Banku Światowego, która zidentyfikowała, jak poważny jest to problem w stosunku do innych krajów, głównie Europy Zachodniej. Pojawiające się w kolejnych latach programy poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego wskazywały jako jeden z głównych kierunków działań konieczność takiego projektowania, kształtowania i eksploatacji otoczenia dróg, szczególnie jednojezdniowych na odcinkach niezabudowanych, aby zminimalizować skutki wypadków drogowych związanych z wypadnięciem pojazdu z jezdni [1], [2], [3].

Głównym efektem występowania zagrożeń bezpieczeństwa w otoczeniu dróg nie jest prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku, ale jego ciężkość. Skutki wypadków związanych z otoczeniem dróg w Polsce wynikają przede wszystkim z nieprawidłowo zaprojektowanej lub eksploatowanej infrastruktury drogowej. Jest to konsekwencja braku przepisów lub ich złego sformułowania oraz braku stosowania standardów bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Liczne badania dotyczące wpływu wybranych czynników drogowych na poziom bezpieczeństwa wskazują, że wpływ otoczenia drogi i różne elementy, które na to otoczenie się składają (roślinność, pobocza, skarpy, rowy odwadniające, słupy, znaki, obiekty inżynierskie itp.) jest bardzo istotny [4], [5], [6], [7], [8].

Dodatkowym elementem otoczenia drogi są bariery, które z jednej strony zabezpieczają przed uderzeniem w przeszkodę lub uniemożliwiają wypadnięcie z jezdni przy wysokich skar-



Fot. 1. Wrak autobusu po uderzeniu w drzewo na drodze krajowej nr 7 Żukowo–Gdańsk w roku 1994

Źródło: S. Kraszewski

pach nasypu drogowego, ale z drugiej strony same stanowią przeszkodę, a błędny dobór ich parametrów funkcjonalnych i konstrukcyjnych może być poważnym zagrożeniem.

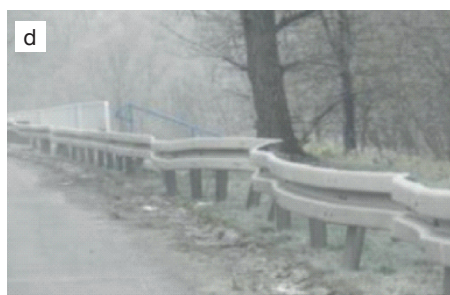
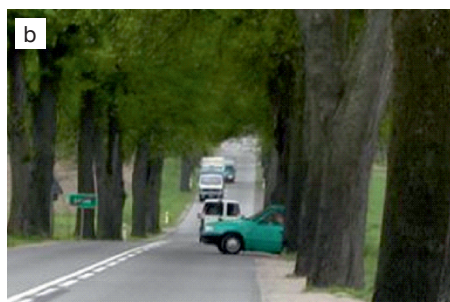
Analiza danych statystycznych wskazuje, że w Polsce głównym niebezpieczeństwem w otoczeniu dróg są drzewa. Pozostałe elementy również są zagrożeniem bezpieczeństwa, ale znacznie mniejszym.

## Charakterystyka zagrożeń

### Identyfikacja zagrożeń w otoczeniu dróg

Na podstawie licznych badań terenowych, związanych z kontrolą infrastruktury drogowej pod kątem bezpieczeństwa, zidentyfikowano szereg źródeł zagrożeń w otoczeniu dróg będących potencjalnymi zagrożeniami dla uczestników ruchu drogowego. W roku 2013 w Polsce opracowano i wdrożono metodę wykonywania kontroli drogowej pod kątem bezpieczeństwa. Przy opracowaniu metody kontroli brano pod uwagę liczne doświadczenia wdrożonych kontroli w innych krajach [9], [10], [11]. Wybrane źródła zagrożeń zilustrowano dokumentacją fotograficzną (fot. 2). Do źródeł zagrożeń najczęściej występujących w otoczeniu polskich dróg należą:

- drzewa przy krawędzi jezdni (w odległości do 3 metrów od krawędzi jezdni stwarzające największe zagrożenie, szczególnie w rejonie łuków w planie oraz skrzyżowań i zjazdów) (fot. 2a),
- inna zieleń ograniczająca widoczność (fot. 2b),
- elementy infrastruktury uzbrojenia terenu, które nie są podatne na uderzenie (betonowe lub drewniane słupy, maszty itp.),
- podpory obiektów inżynierskich zbyt blisko krawędzi jezdni, bez zabezpieczenia (np. podpory obiektów mostowych),
- urządzenia odwodnienia – pionowe betonowe ścianki czołowe przepustów drogowych (fot. 2c),



Fot. 2. Przykłady źródeł zagrożeń w otoczeniu drogi

Źródło: fot. M. Budzyński

- zbyt strome pochylenia skarp,
- zły stan techniczny poboczny,
- bariery drogowe o nieprawidłowych zakończeniach, zbyt krótkie, z nieprawidłową szerokością lub uszkodzone (fot. 2d).

Należy również uwzględnić, że wymienione źródła zagrożeń często oprócz tego, że są bezpośrednią przyczyną wypadku, również przez swoją lokalizację powodują wypadki innych rodzajów – np. zderzenia czołowe przy obiektach w skrajni drogi, najechanie na pieszego lub rowerzystę przy braku przestrzeni do poruszania się poza jezdnią. Przy tego rodzaju wypadkach w statystykach nie ma uwzględnienia otoczenia, jako przyczyny lub okoliczności wypadku (np. brak uderzenia w drzewo, ale drzewa ograniczały widoczność, co doprowadziło do wypadku), przez to udział elementów otoczenia w bazach danych o zdarzeniach drogowych jest zanizony.

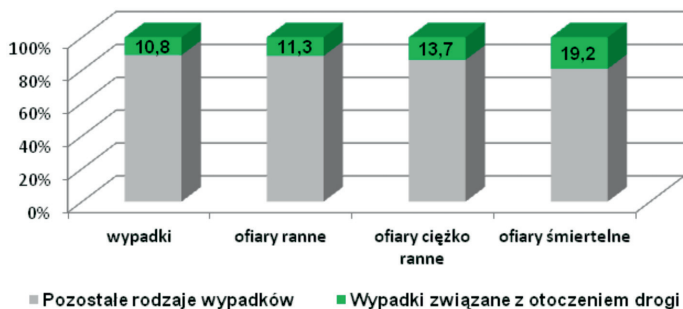
### Wpływ wypadnięcia z drogi na brd

Wszystkie wskazane przykłady zostały zidentyfikowane podczas kontroli drogowej na drogach krajowych i wojewódzkich w Polsce. Takich przykładów można niestety wskazywać znacznie więcej. Przedstawione w artykule statystyki wypadków są konsekwencją niebezpiecznego otoczenia dróg. Należy jednak podkreślić, że w ostatnich latach nastąpiło wyraźne zmniejszenie zagrożenia powodowanego przez niebezpieczne otoczenie dróg. W stosunku do roku 2003 liczba ofiar śmiertelnych spowodowana najechaniem na trwałą przeszkodę w otoczeniu drogi zmniejszyła się w roku 2012 o ok. 50%.

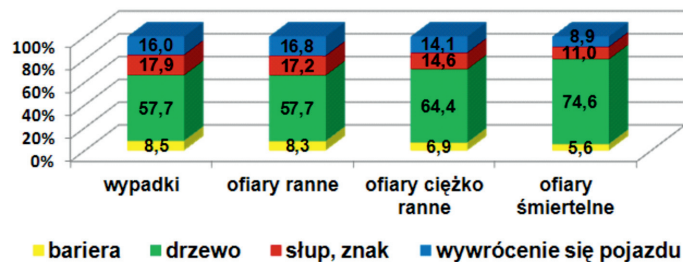
W latach 2010–2012 zarejestrowano 12160 wypadków związanych z otoczeniem dróg (11% wszystkich wypadków drogowych w tym okresie). Skutkiem tych wypadków było 15872 ofiar rannych (11%), w tym ofiar ciężko rannych 4859 osób (14%) oraz 2177 ofiar śmiertelnych (19%) (rys. 1). Szczególnie niebezpiecznym elementem w otoczeniu dróg związanym z brd są drzewa.

Uwzględniając podział wypadków związanych z otoczeniem dróg wg rodzajów, uzyskano następujące wyniki w odniesieniu do (rys. 2):

- wypadków: najechanie na drzewo – 7016 (58%), najechanie na słup, znak – 2175 (18%), wywrócenie się pojazdu (na poboczu, skarpie, w rowie) – 1941 (16%), najechanie na barierę: 1028 (8%),
- ofiar rannych: najechanie na drzewo – 9158 (58%), najechanie na słup, znak – 2737 (17%), wywrócenie się pojazdu (na poboczu, skarpie, w rowie) – 2662 (17%), najechanie na barierę – 1315 (8%),
- ofiar ciężko rannych: najechanie na drzewo – 3129 (64%), najechanie na słup, znak – 709 (15%), wywrócenie się pojazdu (na poboczu, skarpie, w rowie) – 684 (14%), najechanie na barierę – 337 (7%),



Rys. 1. Udział wypadków związanych z otoczeniem dróg



Rys. 2. Rozkład udziału poszczególnych rodzajów wypadków i ich ofiar związanych z otoczeniem drogi

- ofiar śmiertelnych: najechanie na drzewo – 1623 (74%), najechanie na słup, znak – 239 (11%), wywrócenie się pojazdu (na poboczu, skarpie, w rowie) – 193 (9%), najechanie na barierę – 122 (6%).

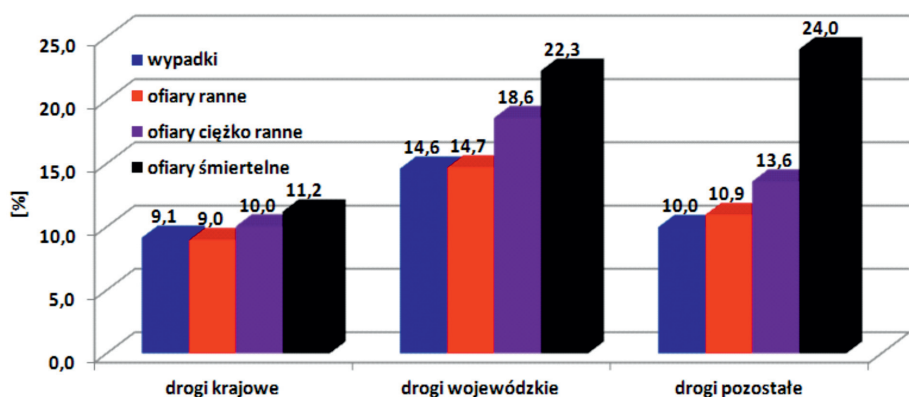
Analizując ciężkość wypadków poszczególnych rodzajów wypadnięcia z jezdni (mierzona liczbą ofiar śmiertelnych na 100 wypadków), określono następujące wartości: najechania na barierę – 12, najechania na drzewo – 23, najechania na znak, słup – 11, wywrócenie się – 10. Z powyższych danych wynika, że spośród zidentyfikowanych wypadków związanych z wypadnięciem z jezdni, najechanie na drzewo charakteryzuje się zdecydowanie najwyższym wskaźnikiem ciężkości.

Wykonano również analizę pod kątem występowania wypadków związanych z otoczeniem dróg wg kategorii dróg. Wyróżniono drogi krajowe, drogi wojewódzkie i drogi pozostałe (powiatowe i gminne) (rys. 3). Najwięcej wypadków związanych z wypadnięciem z jezdni zarejestrowano na drogach wojewódzkich (14,6%), krajowych (9%) i na pozostałych (10%). W przypadku ofiar śmiertelnych, najwięcej zarejestrowano ich na drogach pozostałych – 24%, na drogach wojewódzkich 22%, a na drogach krajowych 11%. Drogi krajowe w tym zestawieniu przedstawiają się względnie bezpieczniej od pozostałych klas dróg, ze względu na największą liczbę inwestycji i większą łatwość w przypadku usuwania drzew blisko krawędzi jezdni.

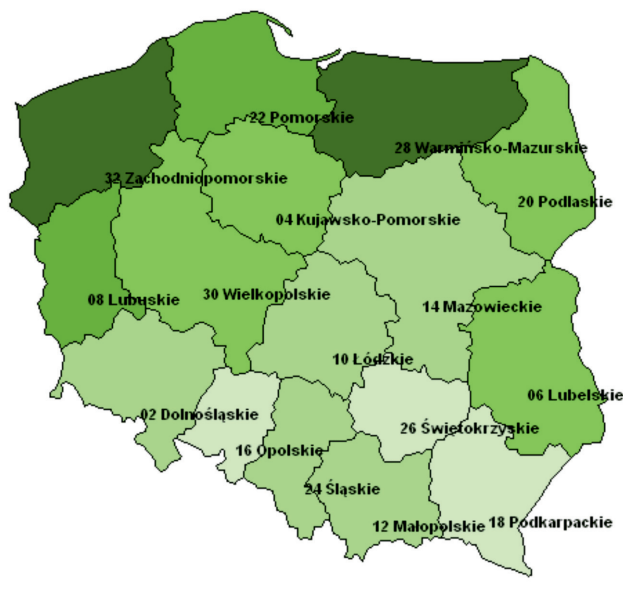
W przypadku analizy wypadków związanych z otoczeniem dróg pod kątem występowania w poszczególnych województwach, stwierdzono, że w latach 2010–2012:

- największy udział wypadków związanych z otoczeniem dróg zarejestrowano w województwach: warmińsko-mazurskim – 1014 (22% wszystkich wypadków), lubuskim – 502 (20%), zachodniopomorskim – 656 (15%),

- największy udział ofiar rannych zarejestrowano w województwach: warmińsko-mazurskim – 1419 (23% wszystkich ofiar rannych), lubuskim – 721 (22%), zachodniopomorskim – 880 (16%),
- największy udział ofiar ciężko rannych zarejestrowano w województwach: lubuskim – 475 (25% wszystkich ofiar



Rys. 3. Udział wypadków drogowych i ofiar wypadków związanych z wypadnięciem pojazdu z jezdni w odniesieniu do wszystkich wypadków na drogach poszczególnych kategorii



Rys. 4. Udział procentowy ofiar śmiertelnych w wypadkach związanych z wypadnięciem z jezdni – podział według województw

ciężko rannych), warmińsko-mazurskim – 454 (23%), pomorskim – 333 (21%),

- największy udział ofiar śmiertelnych zarejestrowano w województwach (rys. 4): zachodniopomorskim – 153 (34% wszystkich ofiar śmiertelnych), warmińsko-mazurskim – 157 (33%), pomorskim – 163 (27%), lubuskim – 89 (27%).

Analiza danych dotyczących lokalizacji wypadków związanych z otoczeniem dróg potwierdziła wskazanie północno-zachodniej części Polski, jako obszaru szczególnie narażonego na występowanie tego typu zdarzeń drogowych. Województwa warmińsko-mazurskie, zachodniopomorskie, lubuskie i pomorskie wyróżniają się zdecydowanie negatywnie pod tym względem. Konieczne jest wdrażanie działań, które pozwolą na zmniejszenie zagrożenia w ruchu drogowym, spowodowanego przez niebezpieczne otoczenie dróg.

## Metody rozwiązywania problemu

W rozwiązywaniu problemów dotyczących zmniejszenia wpływu „agresywnego” otoczenia drogi na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest efektywne zarządzanie bezpieczeństwem sieci drogowej objęte Dyrektywą Parlamentu Europejskiego 2008/96/WE [12]. Wpisuje się ono w szeroko pojęte zarządzanie bezpieczeństwem w ruchu drogowym [13]. Zarządzanie bezpieczeństwem sieci drogowej to kilkustopniowa procedura polegająca na:

- ocenie stanu bezpieczeństwa i identyfikacji najbardziej niebezpiecznych odcinków,
- przeprowadzeniu kontroli brd oraz identyfikacji na tej podstawie zagrożeń i źródeł zagrożeń na najbardziej niebezpiecznych odcinkach,
- doborze najbardziej skutecznych i efektywnych działań naprawczych stosownie do dysponowanych środków finansowych,
- informowaniu o niebezpieczeństwie uczestników ruchu i partnerów (samorządy, policję, firmy współpracujące),
- monitorowaniu poziomu bezpieczeństwa po wprowadzeniu zaplanowanych działań oraz ocena ich skuteczności.

Zarządzanie bezpieczeństwem ruchu drogowego może być realizowane na trzech poziomach: strategicznym, taktycznym i operacyjnym. Dotyczy to także omawianego zagadnienia, które można prześledzić biorąc pod uwagę poszczególne poziomy zarządzania ryzykiem.



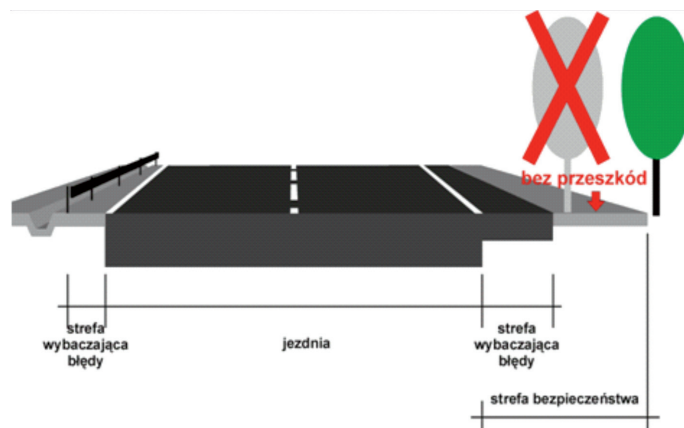
Fot. 3. Przykłady nierozwiązanych problemów na poziomie strategicznym a) mchy i porosty, b) żuczek – pachnica dębowa

Źródło: a) opracowanie własne, b) fot. A. Ryś, c) fot. wlin.pl



Zarządzanie ryzykiem strategicznym prowadzone jest głównie na etapie planowania i eksploatacji sieci dróg przez: władze, urzędy centralne kraju, centrale zarządów dróg. Do głównych źródeł zagrożeń (czynników) na poziomie strategicznym, które przyczyniają się do wysokiej ciężkości wypadków związanych z wypadnięciami pojazdu z drogi należą:

- uwarunkowania historyczne – aleje z drzew (fot. 3a) posadzonych wzdłuż jezdni dróg w regionach, będących pod panowaniem pruskim, gdzie w ten sposób kształtowano otoczenia drogi (co dobrze odzwierciedla mapa przedstawiona na rys. 4),
- wysoka prędkość jazdy pojazdów spowodowana nagminnym przekraczaniem obowiązujących limitów prędkości,
- istniejąca infrastruktura, która tylko na wybranych odcinkach spełnia wymagania drogi „wybaczącej” błędy kierowców (rys. 5)
- brak standardów i wytycznych dla projektantów w zakresie bezpiecznego kształtowania otoczenia drogi,
- konflikty z interesami służb ochrony środowiska (żuczek – pachnica dębowa ważniejszy niż życie człowieka – fot. 3b).

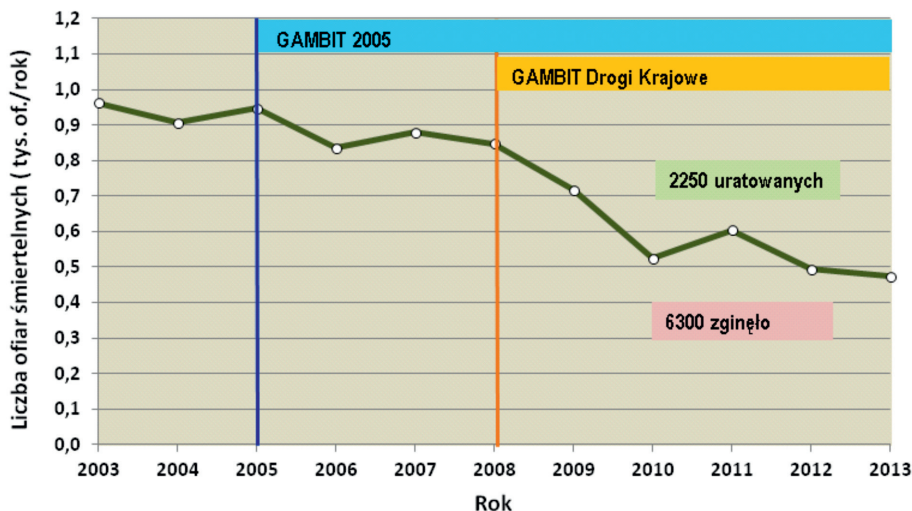


Rys. 5. Przekrój „wybaczący” błędy kierowców

Zmniejszenie wpływu tych czynników można uzyskać przez dobre programowanie działań, skuteczne wdrażanie programów i planów brd, wspierające działania legislacyjne. Problem zagrożeń powodowanych przez źle projektowane, budowane i utrzymywane otoczenie drogi był przedmiotem wielu programów i planów brd. W Krajowym Programie BRD „GAMBIT 2005” [1] dwa z pięciu strategicznych kierunków działań zawierały działania dotyczące wypadków najeżdżania na drzewo:

- budowa i utrzymanie bezpiecznej infrastruktury drogowej,
- zmniejszenie ciężkości wypadków (między innymi poprzez kształtowanie „miękkiego” otoczenia dróg i budowę dróg „wybaczących” błędy kierowców).

Natomiast w Programie BRD „GAMBIT Drogi Krajowe” cel nr 3 tego programu dotyczył „Zmniejszenia liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych



Rys. 6. Wykres liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych związanych z wypadnięciem pojazdu z drogi w Polsce w latach 2003–2013 wraz z oszacowaniem liczby uratowanych od śmierci w wypadkach drogowych osób

Źródło: Opracowanie własne

związanych z wypadnięciem pojazdu z drogi”, który zamierzano osiągnąć poprzez cztery działania strategiczne:

- zapewnienie rozpoznawalności, czytelności i jednorodności drogi,
- utrzymanie pojazdów na pasie ruchu (oznakowanie, wąskie pobocza utwardzone),
- kształtowanie bezpiecznego otoczenia dróg (kształtowanie bezpiecznych skarp rowów, stosowanie bezpiecznych urządzeń odwodnienia, usuwanie niebezpiecznych obiektów, w tym drzew),
- zabezpieczenie obiektów niebezpiecznych (bariery, terminale zderzeniowe).

Wdrażanie wielu z zaproponowanych w tych programach działań (nawet przy wielu przeciwnościach: braku wsparcia legislacyjnego, oporze działaczy i instytucji ochrony środowiska, braku wystarczających środków) przyczyniło się do realizacji w znacznym stopniu zamierzonego celu zmniejszenia. W wyniku realizacji Krajowego Programu BRD „GAMBIT 2005” wzmocnionej realizacją Programu BRD „GAMBIT Drogi Krajowe” liczba ofiar śmiertelnych spowodowanych wypadkami związanymi z wypadnięciem pojazdu z drogi w ciągu 10 lat realizacji obu programów zmniejszyła się o 30%. Szacuje się, że w wyniku likwidacji licznych źródeł zagrożeń w otoczeniu drogi (głównie usuwaniu lub zabezpieczaniu drzew i słupów) uratowano od śmierci w wypadkach drogowych 2250 osób (co ilustruje rys. 6) [14]. Mimo tego, w analizowanym okresie aż 6300 osób zginęło w wyniku wypadnięcia pojazdu z drogi i najechania na drzewo lub inne obiekty zlokalizowane w otoczeniu drogi. Podjęte w poprzednim okresie działania wymagają kontynuacji w Narodowym Programie BRD w latach następnych.

Zarządzanie ryzykiem taktycznym jest prowadzone głównie na etapie projektowania i eksploatacji sieci dróg lub poszczególnych obiektów drogowych przez władze regionalne i zarządy dróg w regionach i powiatach. Do głównych źródeł zagrożeń (czynników), które przyczyniają się do wysokiej ciężkości wypadków związanych z wypadnięciami pojazdu

z drogi i wymagają podejmowania działań na poziomie taktycznym należą:

- region kraju, problemy występują w północnych i zachodnich województwach, na przykład w województwie pomorskim odcinki dróg z drzewami położonymi w odległości mniejszej niż 1,5 m od krawędzi jezdni występują: na 20% dróg krajowych, 40% dróg wojewódzkich i 65% dróg powiatowych,
- kategoria drogi, lepiej ukształtowane otoczenie drogi (mniej przeszkód, więcej zabezpieczeń) występuje na drogach krajowych, szczególnie wyższych klas technicznych, znaczne problemy występują na drogach wojewódzkich i powiatowych,
- typ odcinka drogi (odcinek prosty lub łuk poziomy),
- pora ograniczonej widoczności, w szczególności warunki nocne.

Głównymi działaniami stosowanymi

na poziomie taktycznym są projektowanie, budowa i eksploatacja dróg uwzględniające:

- identyfikację odcinków dróg o wysokim ryzyku na zarządzanej sieci dróg (przydatne są tutaj mapy ryzyka przygotowywane np. w ramach projektu EuroRAP) (rys. 7),
- usuwanie obiektów o wysokim zagrożeniu: wycinka istniejących drzew, przestawianie obiektów lub prowadzenie drogi po nowym śladzie w znacznej odległości od tych obiektów,
- zabezpieczanie obiektów będących źródłem zagrożeń poprzez stosowanie barier ochronnych i różnych konstrukcji,
- zarządzanie prędkością i informowanie o zagrożeniach,
- wdrażanie standardów bezpieczeństwa w otoczeniu dróg.

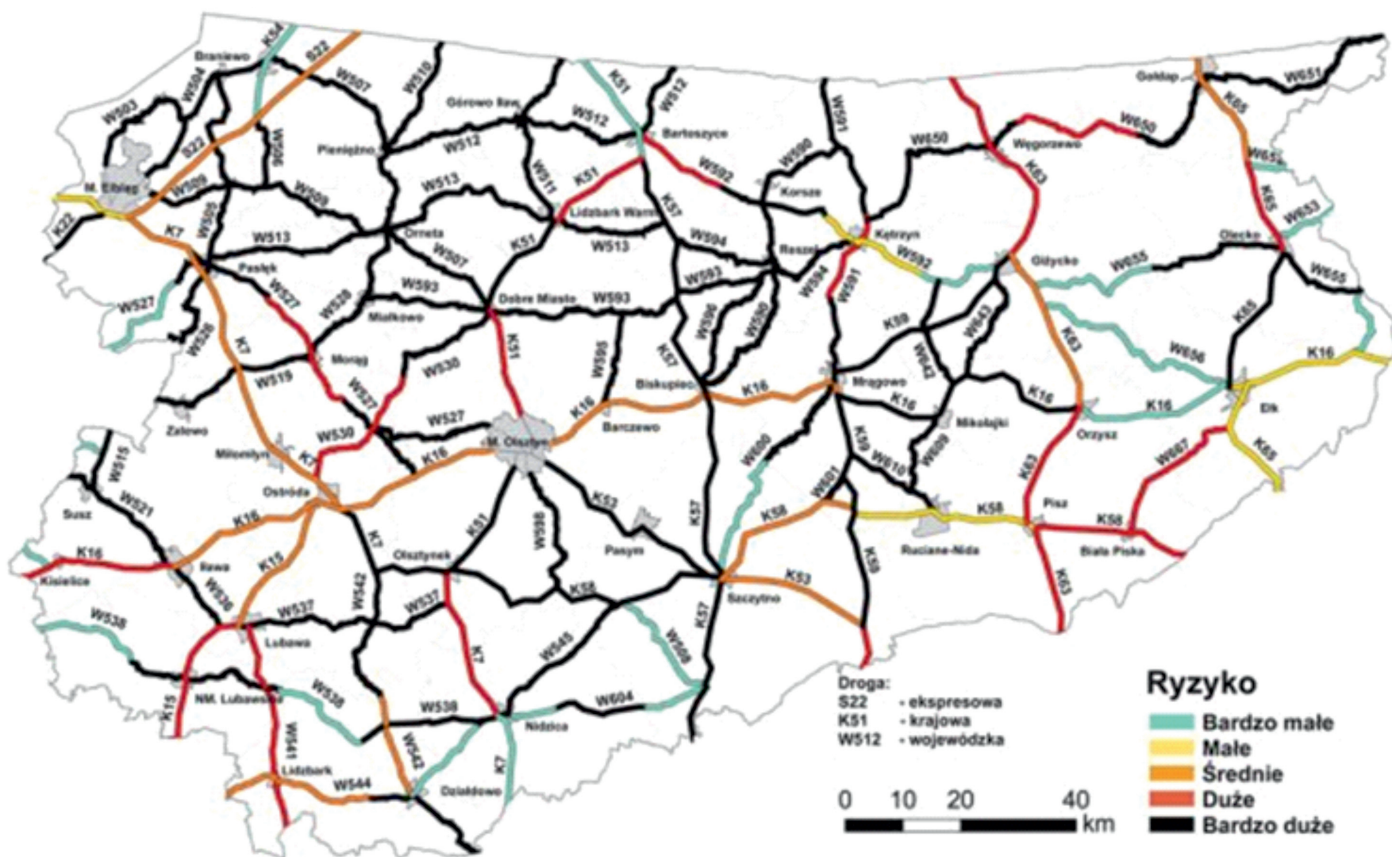
Bardzo istotnym problemem na tym poziomie zarządzania jest uzyskanie zgody na wycinkę drzew rosnących przy jezdni drogi i zagrażających bezpieczeństwu jej użytkowników. Pewną formą wsparcia dla rozwiązania tego problemu będzie Raport NIK dotyczący zarządzania brd, w którym zwrócono uwagę na ten problem [15].

Zarządzanie ryzykiem operacyjnym jest prowadzone głównie na etapie budowy, eksploatacji i likwidacji obiektów drogowych przez poszczególne zarządy dróg lub samorządy lokalne.

Do głównych źródeł zagrożeń (czynników), które przyczyniają się do wysokiej ciężkości wypadków związanych z wypadnięciami pojazdu z drogi i wymagają podejmowania działań na poziomie operacyjnym należą:

- zawężanie skrajni drogi zmuszające do zjazdu na przeciwny pas ruchu (zderzenia czołowe),
- ograniczanie widoczności na skrzyżowaniach i zjazdach (zderzenia boczne),
- zaślanianie znaków drogowych (brak czytelności i rozpoznawalności drogi),
- brak miejsca dla ruchu pieszego i ograniczanie widoczności na przejściach dla pieszych (najechanie na pieszego),
- powodowanie szkód w infrastrukturze drogowej.

Głównymi działaniami stosowanymi na poziomie operacyjnym są działania związane z budową i eksploatacją dróg uwzględniające:



Rys. 7. Mapa ryzyka indywidualnego na drogach krajowych i wojewódzkich – wypadnięcia z jezdni, w województwie warmińsko-mazurskim w latach 2007–2009

Źródło: eurorap.pl

- poprawę widoczności poprzez specjalne oznakowanie lub wycinkę drzew w obszarze widoczności na skrzyżowaniach,
- stosowanie przekroju „2-1” na powiatowych i wojewódzkich drogach (testowane w powiecie chojnickim),
- stosowanie lokalnych ograniczeń prędkości (70 lub 50 km/h),
- specjalne oznakowanie – najmniej skuteczne (fot. 4).

Skuteczność zarządzania na poziomie operacyjnym jest

także uwarunkowana jakością działań podejmowanych na wyższych poziomach zarządzania. Dużym ograniczeniem na tym poziomie zarządzania jest bardzo niewielki budżet przeznaczony na działania prewencyjne i naprawcze. W związku z tym na drogach samorządowych stosuje się przede wszystkim oznakowanie drzew i odcinków dróg z drzewami, ograniczenia prędkości, wycinkę drzew. Działania realizowane w Polsce w celu zmniejszania zagrożeń powodowanych przez niebezpieczne otoczenie dróg nawiązują do inicjatyw europejskich w tym zakresie [16].



Fot. 4. Przykłady działań na drogach powiatowych i wojewódzkich: a) przekrój „2-1” w powiecie chojnickim, b) znakowanie drzew w woj. opolskim  
Źródło: a) fot. A. Ryś, b) fot. S. Gaca

## Modelowanie wpływu otoczenia drogi na brd

### Opis badań

W niniejszym badaniu analizą objęto drogi krajowe w województwie pomorskim. Pomimo zaledwie 4-procentowego udziału dróg krajowych w łącznej długości dróg, odbywa się na nich ponad 30% pracy przewozowej województwa pomorskiego. Pierwsza faza badań opierała się głównie na inwentaryzacji dróg oraz zbudowaniu baz danych o otoczeniu drogi oraz zdarzeniach niebezpiecznych. Kolejnym etapem było opracowanie modeli matematycznych wykazujących korelacje pomiędzy otoczeniem a wypadkami. Wszystkie badania wykonane zostały na podstawie danych pochodzących z lat 2008–2010. Poniżej wskazany został wpływ stosowania barier oraz występowanie drzew na poziom bezpieczeństwa.

### Inwentaryzacja urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego

Inwentaryzacji poddane zostały odcinki dróg krajowych zlokalizowanych w województwie pomorskim o łącznej długości ok. 777 km (bez dróg krajowych w miastach na prawach powiatu). Dane zinwentaryzowano oddzielnie w przypadku lewej oraz prawej krawędzi jezdni, a także w przypadku pasa dzielącego. Identyfikowano potencjalne zagrożenia w otoczeniu jezdni (drzewa, skarpy, słupy, obiekty inżynierskie) oraz wybrane rodzaje barier (betonowe, stalowe, linowe).

### Budowa baz danych

W celu usystematyzowania sposobu gromadzenia danych, jeszcze przed przystąpieniem do zbierania danych o otoczeniu drogi, opracowano bazę danych, do której wprowadzano informacje o otoczeniu drogi. W bazie danych uwzględniono ok. 8 tysięcy rekordów – odcinków pomiarowych, przypisanych do odcinków referencyjnych o długości od 1 do 5 km, które zawierały dane na temat długości odcinka, średniorocznego dobowego natężenia ruchu, liczby skrzyżowań i zjazdów, udziału odcinków z barierami, udziału odcinków z drzewami, liczby znaków, słupów i innych obiektów drogowych.

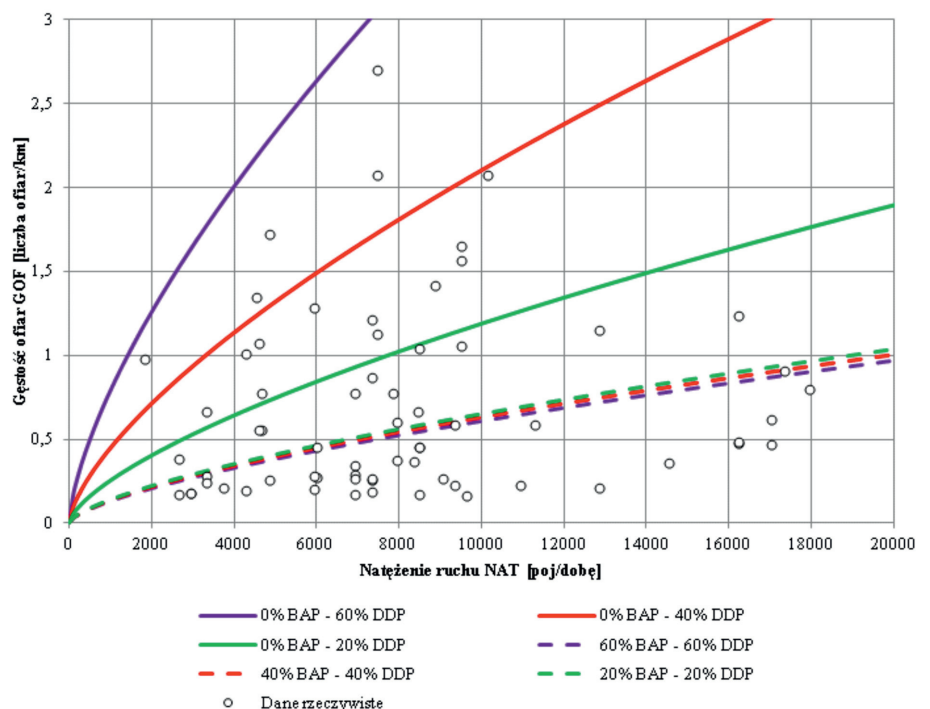
Przed przystąpieniem do analiz konieczne było stworzenie kolejnej bazy danych zawierającej wszystkie zdarzenia, które miały miejsce na zinwentaryzowanych drogach krajowych.

### Modele wpływu barier na stan bezpieczeństwa ruchu drogowego

Analizując przykłady modeli wpływu barier na bezpieczeństwo ruchu dro-

gowego [17], [18], [19], [20] stwierdzono, iż są one różnicowane zarówno pod kątem wykorzystywanej metodologii, jak i używanych danych. Każdy z nich skupia się na innych czynnikach, więc w każdym z nich można znaleźć mocne, jak i słabe strony. Budując nowe narzędzie analizy podjęto próbę połączenia czynników różniących analizowane modele, tworząc kompleksowy model dla warunków polskich. Założono, iż model opisywać będzie wpływ otoczenia drogi na liczbę i skutki wypadków. Zgodnie z rekomendacjami (powstałymi na podstawie analizy innych modeli) opracowano następujące założenia:

- model będzie wykorzystany do obliczania wskaźników ryzyka i ciężkości zdarzeń,
- wskaźniki zostaną uzależnione od pracy przewozowej lub od natężenia ruchu,
- analizy zostaną przeprowadzone na podstawie danych o istniejących wypadkach:
  - zderzenia z barierami,
  - najechanie na drzewo,
  - najechanie na słup, znak,
- kolizje posłużą jako dane uzupełniające,
- jako dane dodatkowe wykorzystane zostaną informacje dotyczące otoczenia drogi,
- wyniki zostaną przedstawione z rozróżnieniem przekrojów poprzecznych (jedno i dwujezdniowe) oraz klas technicznych,
- ze względu na niewielką liczbę danych wejściowych odnośnie ofiar śmiertelnych, wprowadzono miarę gęstości ofiar,
- zbudowano modele gęstości zdarzeń niebezpiecznych GZN (z uwzględnieniem kolizji – bardzo częstych w przypadku najechania na barierę), gęstości wypadków GW oraz gęstości ofiar GOF.



Rys. 8. Gęstość ofiar wypadków GOF w zależności od występowania barier i drzew (BAP – udział odcinków z barierami drogowymi, DDP – udział odcinków z drzewami)

Wyniki badań przedstawiono na przykładzie modelu gęstości ofiar GOF (rys. 8) w przypadku dróg jednojezdniowych na terenie niezabudowanym klasa GP (droga główna ruchu przyspieszonego).

## Wyniki

W przypadku modelu gęstości ofiar GOF współczynnik determinacji wynosi 0,72. Największy wpływ na model miały parametry związane z wyposażeniem drogi w bariery, liczba drzew rosnących przy jezdni (do 3,5, jak i powyżej 3,5 metra od krawędzi) oraz klasa drogi. Badania wykazały, iż gęstość ofiar maleje wraz ze wzrostem liczby barier oraz poboczy utwardzonych. Co więcej, w przypadku całkowitego pokrycia drogi w bariery liczba ofiar spada niemal do zera, natomiast drogi bez barier są równie niebezpieczne co te ze szpalerami drzew wzdłuż korony jezdni. Wspomniane drzewa okazały się czynnikiem najbardziej ofiarochłonnym.

Wnioskiem z badań jest także to, iż długość odcinków z elementami niebezpiecznymi i odpowiadającymi im zabezpieczeniami nie posiada znacznego wpływu na liczbę ofiar. Niemal identyczne wartości GOF uzyskano w przypadku 20% występowania odcinków z drzewami i w takim samym wymiarze wyposażenia w bariery, co w przypadku występowania jednego i drugiego elementu w 60%. Opisująca sytuacja jest o tyle ciekawa, iż zgodnie z wynikami więcej ofiar (nieznaczne wartości) odnotowano w przypadku mniejszej liczby drzew i barier. Szczegółowa analiza wymaga jednak dalszych badań obejmujących inne regiony Polski.

## Podsumowanie

W ciągu ostatnich 25 lat na polskich drogach zginęło ponad 20 tysięcy osób w wypadkach związanych z wypadnięciem z jezdni (z tego zdecydowana większość w wyniku uderzenia w drzewo). Na podstawie analiz i badań dotyczących zagrożeń powodowanych przez otoczenie dróg można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Najważniejsze czynniki wpływające na ryzyko uczestniczenia w tego typu wypadkach to:
  - uwarunkowania historyczne,
  - klasa drogi,
  - niebezpieczne elementy przy krawędzi jezdni (głównie drzewa),
  - stosowane środki zapobiegawcze lub ich brak.
2. Najbardziej zagrożone są regiony Polski północnej i wschodniej, biorąc pod uwagę całą sieć drogową, w przypadku dróg krajowych najbardziej niebezpieczne są odcinki dróg w Polsce wschodniej.
3. Brak odpowiednich regulacji prawnych, standardów projektowych i współpracy z organizacjami i instytucjami środowiskowymi czynią życie ludzkie mniej wartościowym niż drzewa, porosty i owady.
4. Do poprawy bezpieczeństwa związanego z otoczeniem dróg konieczne są:
  - identyfikacja zagrożeń na sieci dróg, poprzez systematyczne prowadzenie działań kontrolnych,
  - rozwijanie badań naukowych (budowa modeli wpływu wybranych czynników na brd, ocena skuteczności stosowanych działań),

- implementacja standardów bezpieczeństwa,
- opracowanie standardów, zasad i wytycznych kształtowania bezpiecznego otoczenia dróg,
- konieczność kooperacji pomiędzy projektantami, zarządcami dróg a organizacjami i instytucjami związanymi z ochroną środowiska,
- wymiana doświadczeń między różnymi krajami w tym zakresie.

Otoczenie dróg przez wiele lat było jednym z najbardziej zaniedbanych aspektów w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce. Konieczne jest precyzyjne określenie wpływu elementów otoczenia na brd, skuteczna identyfikacja powodowanych przez nie zagrożeń oraz stosowanie efektywnych działań naprawczych.

## Bibliografia

- [1] K. Jamroz, S. Gaca, M. Dabrowska, M. Budzyński, *GAMBIT 2005 – Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego*, Politechnika Gdańska, Politechnika Krakowska, Instytut Transportu Samochodowego: Gdańsk, Kraków, Warszawa 2005 (publikacja)
- [2] Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, *GAMBIT Drogi Krajowe*, Gdańsk 2007 (publikacja)
- [3] Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, *Narodowy Program BRD*, Warszawa 2013
- [4] M. Budzyński, W. Kustra, *Analizy zagrożeń na jednorodnych odcinkach drogowych*, „Drogownictwo” 4/2012, Warszawa 2012
- [5] Highway Safety Manual, AASHTO 2010, Washington DC, USA
- [6] Jinsun Lee, Fred Mannering, *Analysis of roadside accident Frequency and severity and roadside safety management*, Research Project T9903, Washington State Transportation Center (TRAC), Washington 1999
- [7] Viner, John G.: *Rollovers on sideslopes and ditches*, Accident Analysis and Prevention, Vol. 27, No. 4, 483-491, 1995
- [8] Zegeer, Charles V. and Forrest M.: *Council Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements*, Transportation Research Record 1512, 29-36, 1995
- [9] Road Safety Inspection Guideline For Safety Checks of Existing Roads, World Road Association (PIARC), France 2012
- [10] S. Cafiso, G. La Cava, A. Montella, G. Pappalardo, *Operative Procedures for Safety Inspections on Two – Lane Rural Roads*, IASP, 2006 Catania, Italy
- [11] Road Safety Inspection RVS 02.02.34 Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene – Verkehr, 2012
- [12] Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council, On road infrastructure safety management, Brussel 2008
- [13] K. Jamroz, *Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej 2011
- [14] M. Budzyński, K. Jamroz, *Roadside Trees as a Road Safety Hazard in Poland*. TRB AFB(20) 2 Meeting on Road Side Safety Design - 5 November 2014, Brussels
- [15] NIK, *Informacja o wynikach kontroli – bezpieczeństwa ruchu drogowego*, Warszawa 2014
- [16] ROSEBUD: *Measure against collisions with trees RN134 (landes)*, WP4 Case Report, 2005 Austria
- [17] Eastern Asia Society for Transportation Studies, Development of traffic accident prediction models by traffic and road characteristics in urban areas, Seoul 2005
- [18] R. Elvik, *The safety value of guardrails and crash cushions: a meta-analysis of evidence from evaluation studies*, Institute of Transport Economics, Norway 1994
- [19] H. Karim, M. Magnusson, M. Wiklund, *Assessment of Injury Rates Associated with Road Barrier Collision*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 2012, nr 48
- [20] RISER Consortium, *Roadside Infrastructure for Safer European Roads – Envelope of Vehicle and Driver Response Prior to Collisions*, Chalmers University of Technology 2003–2006