

**Piotr Olszewski, Piotr Szagała, Maciej Wolański**

Politechnika Warszawska

**Anna Zielińska**

Instytut Transportu Samochodowego

## **ANALIZA CZYNNIKÓW WPLYWAJĄCYCH NA ZAGROŻENIE PIESZYCH NA PRZEJŚCIACH PRZEZ JEZDNIĘ**

Rękopis dostarczono, maj 2013

**Streszczenie:** W Polsce wskaźnik zagrożenia pieszych (zabici na drogach na mln mk) jest najwyższy w Unii Europejskiej. W latach 2007-2011 na drogach zginęło 7 944 pieszych, a 61 635 zostało rannych. Około 30% przypadków potrącenia pieszych miało miejsce na przejściach przez jezdnie. Na podstawie analizy policyjnej bazy danych o wypadkach można stwierdzić, że największy problem występuje na terenach zabudowanych. Grupą szczególnego ryzyka są osoby starsze (ponad 55 lat). Model logitowy ciężkości obrażeń wskazuje, że najważniejsze czynniki zwiększające zagrożenie pieszych na przejściach bez sygnalizacji to: brak oświetlenia w nocy, duża prędkość dopuszczalna, droga dwujezdniowa oraz lokalizacja przejścia poza skrzyżowaniem.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo ruchu, przejścia dla pieszych, zagrożenie pieszych

### **1. WSTĘP**

Wypadki drogowe od lat są poważnym problemem społecznym. Są one przyczyną cierpienia i często trwałego kalectwa ofiar wypadków, ale mają też wpływ na jakość życia rodzin a także powodują znaczne straty w budżecie państwa.

Wśród ofiar śmiertelnych wypadków drogowych najłabszą grupą są piesi. Niechronieni karoserią pojazdu i pasami bezpieczeństwa są szczególnie narażeni na poważne obrażenia i mają znacznie mniejsze szanse na przeżycie. Uznając wagę problemu Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w dniach 6-13 maja 2013 roku zorganizowała Światowy Tydzień Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego ONZ<sup>1</sup>, którego tematem przewodnim było bezpieczeństwo pieszych. W kampanię tę wpisywał się także

---

<sup>1</sup> Second UN Global Road Safety Week <http://www.who.int/roadsafety/week/2013/en/index.html>

5 Europejski Dzień Bezpieczeństwa Ruchu, który był obchodzony w dniu 6 maja 2013 pod hasłem bezpieczeństwa pieszych w miastach<sup>2</sup>.

W Polsce wskaźnik zagrożenia pieszych jest najwyższy w Europie i wynosi 37 zabitych pieszych na 1 milion mieszkańców, przy średniej UE 13 zabitych pieszych na 1 milion mieszkańców (tab.1). Zagrożenie to jest prawie 10 razy wyższe niż w Holandii. Problem wysokiego zagrożenia pieszych w Polsce jest ogólnie znany i był przedstawiany w literaturze [5], [6], [9], [16], [17]. Na tle Unii Europejskiej Polska wyróżnia się także znacznie wyższym udziałem zabitych pieszych. Piesi stanowią aż 34% ogółu ofiar śmiertelnych wypadków drogowych. W 2011 roku w krajach Unii Europejskiej zginęło około 6400 pieszych (21% ogółu ofiar śmiertelnych) [2], [3]. Z tej liczby co 5 zabity pieszy (20%) zginął na polskich drogach, podczas gdy Polacy stanowią 8% obywateli Unii Europejskiej.

Tablica 1

**Ofiary śmiertelne wypadków drogowych w wybranych krajach w 2011 r.**

Kraj	Ogółem	Piesi		Wskaźnik zagrożenia (zabici piesi/1 mln mk)
		liczba	% ogółu	
<b>Polska</b>	<b>4189</b>	<b>1408</b>	<b>34%</b>	<b>37</b>
Rumunia	2018	747	37%	35
Łotwa	179	60	34%	29
Grecja	1141	223	20%	20
Czechy	773	176	23%	17
Węgry	638	124	19%	12
Włochy	3845	589	15%	10
Francja	3963	519	13%	8
Wlk. Brytania	1962	466	24%	8
Niemcy	4009	614	15%	7
Szwecja	319	53	17%	6
Holandia	546	65	12%	4
<b>UE</b>	<b>30258</b>	<b>6294</b>	<b>21%</b>	<b>13</b>

## 2. PROBLEM BEZPIECZEŃSTWA PIESZYCH W POLSCE

### 2.1. STATYSTYKI WYPADKÓW Z PIESZYMII

Analiza danych o wypadkach drogowych<sup>3</sup> wykazuje, że w latach 2001-2012 pomimo chwilowych wzrostów liczby wypadków i ich ofiar, generalnie utrzymała się tendencja spadkowa, przy czym zmiany dla pieszych były korzystniejsze niż ogółem (rys.1). W ciągu ostatnich 12 lat:

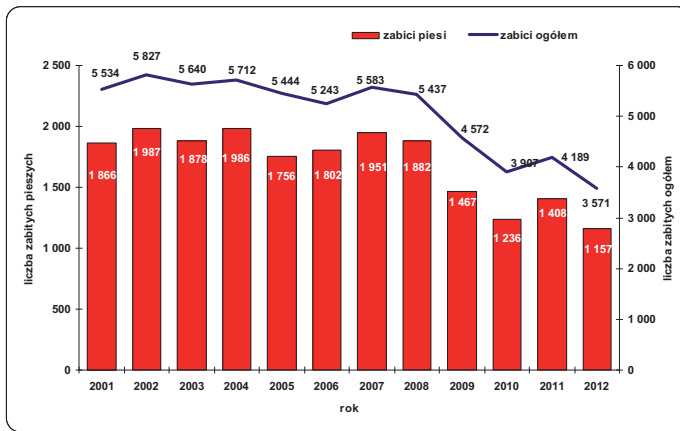
<sup>2</sup> Europejski Dzień Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego: jak zmniejszyć liczbę śmiertelnych wypadków z udziałem pieszych w miastach. Komisja Europejska, Komunikat prasowy Bruksela, 6 maja 2013 r. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-403\\_pl.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-403_pl.htm)

<sup>3</sup> Źródło: Na podstawie danych z policyjnej bazy SEWiK opracowano w ITS.

- liczba zabitych pieszych spadła o 38% (ogółem –35%),
- liczba rannych pieszych spadła o 47% (ogółem –33%),
- liczba potrażeń pieszych spadła o 46% (ogółem –31%).

Pomimo tak pozytywnych zmian piesi nadal stanowią 32% (34% w 2001r.) ogółu ofiar śmiertelnych. Dużo bardziej korzystne zmiany nastąpiły w liczbie rannych pieszych, których udział spadł z 28% ogółu rannych w 2001 roku do 21% w 2012 roku. Udział potrażeń pieszych we wszystkich wypadkach spadł z 35% w 2001 roku do 27% w 2012 roku.

Niepokojące jest, że wciąż wypadki pieszych są bardzo ciężkie. Około 34% rannych pieszych odnosi ciężkie obrażenia, podczas gdy średnio we wszystkich wypadkach ciężko rani stanowią 23% ogółu rannych. Ciężkość obrażeń pieszych jest również znacznie wyższa niż dla ofiar wszystkich wypadków. Ofiary śmiertelne wśród wszystkich poszkodowanych pieszych stanowią 11% (dla ogółu ofiar wypadków jest to 7%).



Rys. 1. Ofiary śmiertelne wypadków drogowych w Polsce w latach 2001-2012

Niezmiennie od 2001 roku do ok. 89% ogólnej liczby potrażeń pieszych dochodzi na obszarach zabudowanych, przy czym zmienia się struktura tych wypadków. Udział potrażeń na przejściach dla pieszych w obszarach zabudowanych wzrósł z 34% w 2001 r. do 37% w 2012 r.

## 2.2. SZCZEGÓLNY PROBLEM: PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH

Jednym z najbardziej niepokojących zjawisk na polskich drogach jest duże zagrożenie pieszych na przejściach dla pieszych, na których teoretycznie pieszy powinien być szczególnie chroniony. W latach 2001-2012 na przejściach dla pieszych (tab.2, rys.2):

- zginęło 3 203 pieszych (16%), z czego 2 469 na przejściach bez sygnalizacji świetlnej (78%),

- rannych zostało 58 308 pieszych (31%), z czego 40 959 na przejściach bez sygnalizacji świetlnej (78%),
- doszło do 52 502 potrąceń pieszych, z czego 40 896 na przejściach bez sygnalizacji świetlnej (78%).

Przy ogólnej spadkowej tendencji wypadkowości na szczególną uwagę zasługuje fakt, że spadek liczby potrąceń pieszych i ofiar na przejściach dla pieszych jest mniejszy niż dla ogółu wypadków. W latach 2007-2012 na przejściach dla pieszych bez sygnalizacji:

- liczba zabitych pieszych spadła o 24% przy spadku ogółu zabitych pieszych o 41%,
- liczba rannych pieszych spadła o 25% przy spadku ogółu rannych pieszych o 34%,
- liczba potrąceń pieszych spadła o 25% przy spadku ogółu potrąceń pieszych o 35%.

W roku 2012 sytuacja w Polsce na przejściach dla pieszych bez sygnalizacji wyglądała następująco:

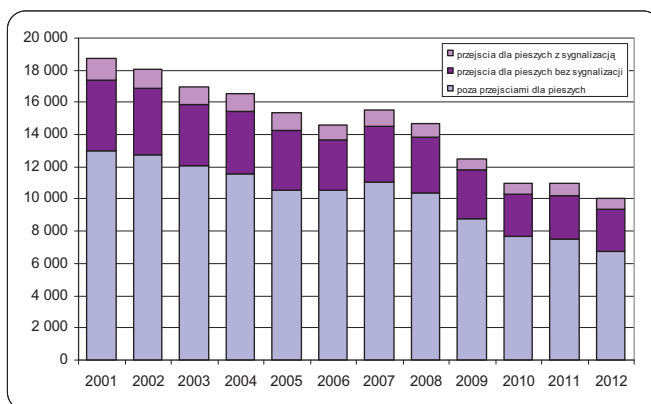
- zginęło 14% pieszych (11% w 2007 r.),
- rannych zostało 27% pieszych (24% w 2007 r.),
- wydarzyło się 26% potrąceń pieszych (23% w 2007 r.).

Tablica 2

**Potrącenia pieszych i ich ofiary w Polsce w latach 2001-2012**

Rok	Ofiary śmiertelne			Ranni			Potrącenia pieszych		
	ogółem	przejścia dla pieszych		ogółem	przejścia dla pieszych		ogółem	przejścia dla pieszych	
		razem	bez sygnalizacji*		razem	bez sygnalizacji		razem	bez sygnalizacji
2001	1 866	298	243	18 323	5702	4426	18 703	5 674	4386
2002	1 987	293	227	17 651	5348	4114	18 074	5 337	4101
2003	1 878	296	225	16 578	5005	3910	17 002	4 974	3861
2004	1 986	320	258	16 039	4991	3855	16 575	5 023	3881
2005	1 756	278	219	14 846	4748	3687	15 344	4 776	3713
2006	1 802	286	221	14 034	4069	3137	14 620	4111	3158
2007	1 951	282	217	14 798	4527	3527	15 563	4544	3527
2008	1 882	294	218	13 912	4233	3384	14 694	4281	3406
2009	1 467	228	180	12 025	3737	3019	12 528	3758	3018
2010	1 236	191	145	10 580	3292	2596	10 973	3298	2588
2011	1 408	226	177	10 320	3353	2673	10 937	3401	2698
2012	1 157	211	166	9 693	3303	2631	10 042	3325	2649
Zmiana: 2006/2001	-3%	-4%	-9%	-23%	-29%	-29%	-22%	-28%	-28%
Zmiana: 2012/2007	-41%	-25%	-24%	-34%	-27%	-25%	-35%	-27%	-25%

\* kategoria w bazie SEWiK "brak sygnalizacji", bez kategorii "sygnalizacja jest nie działa"



Rys. 2. Potrażenia pieszych w Polsce w latach 2001-2012

### 3. WYPADKI NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH

#### 3.1. CHARAKTERYSTYKA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

Ze względu na kolizyjność wyróżnić można przejścia dla pieszych w poziomie jezdni (z sygnalizacją świetlną, bez sygnalizacji) oraz bezkolizyjne (podziemne – tunel, nadziemne – kładka). Ze względu na usytuowanie wyróżnić można przejścia zlokalizowane: w obrębie skrzyżowania oraz poza skrzyżowaniami.

Przepisy dotyczące zasad projektowania i oznakowania przejść dla pieszych zawarte są w rozporządzeniach [10], [11], [12]. Dodatkowo, w odniesieniu do dróg krajowych zastosowanie mają wytyczne [14] oraz zarządzenie [15], które wprowadza zapisy ujednolicające sposób oznakowania przejść dla pieszych.

Do oznakowania pionowego przejść dla pieszych stosuje się znaki informacyjne D-6 „przejście dla pieszych” (lub D-6b „przejście dla pieszych i przejazd dla rowerzystów”), które umieszcza się w odległości do 0,5 m od krawędzi przejścia lub przejazdu od strony nadjeżdżających pojazdów. W przypadku ograniczonej widoczności lub ze względów bezpieczeństwa, przed przejściem dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej na drodze, na której prędkość wynosi powyżej 60 km/h, a przy innej prędkości – przed przejściem bez sygnalizacji świetlnej wyznaczonym pomiędzy skrzyżowaniami umieszcza się znak ostrzegawczy A-16). Znak ten umieszcza się w odległości 50 – 300 m, w zależności od dopuszczalnej prędkości.

Oznakowanie poziome przejść dla pieszych realizowane jest przy pomocy znaku P-10 („zebra”). Minimalna szerokość przejścia dla pieszych wynosi 4,0 m, a maksymalna 16,0 m. Przed przejściami dla pieszych wyznaczonymi pomiędzy skrzyżowaniami oraz na skrzyżowaniach na wlotach drogi z pierwszeństwem umieszcza się znak P-14 („linia

zatrzymania”).

Oznakowanie opisane wyżej nie gwarantuje bezpieczeństwa pieszych. Z tego względu wytyczne [14] określają dodatkowe wymogi dotyczące projektowania przejść dla pieszych, w zależności od prognozowanych natężeń ruchu pojazdów i pieszych oraz dopuszczalnej prędkości na drodze. Dotyczą one przede wszystkim oznakowania, stosowania azylów dla pieszych, sygnalizacji świetlnej, zawężenia jezdni i przejść bezkolizyjnych.

Azyl (wyspa w krawężnikach o szerokości 2 m [9]) pozwala pieszym na dwuetapowe przekroczenie jezdni. Według [4] jedynie 5,9% kierowców ustępuje pierwszeństwa pieszym na zwykłych przejściach, podczas gdy na przejściach z azylem udział ten sięga 15,7%, co potwierdza skuteczność tego rozwiązania w poprawie bezpieczeństwa pieszych. Prawidłowo wykonany azyl odgina tor jazdy pojazdów, wymuszając w ten sposób redukcję prędkości. Zawężenie przekroju jezdni uzyskuje się za pomocą zmiany geometrii zewnętrznych krawędzi jezdni na odpowiednim fragmencie (maksimum 20 m). Na drogach niższych klas (L, D, wyjątkowo Z), na których nie występuje ruch komunikacji zbiorowej można stosować wyniesione przejście dla pieszych [12].

### 3.2. POTRĄCENIA PIESZYCH NA PRZEJŚCIACH

W sumie na przejściach dla pieszych bez sygnalizacji w latach 2007-2011 doszło do 15 137 wypadków potrącenia pieszego. Tablica 3 przedstawia rozkłady liczby wypadków oraz ofiar według szeregu kryteriów: charakterystyki obszaru, typu przekroju drogi, warunków oświetlenia, prędkości dopuszczalnej oraz lokalizacji przejścia. Zdecydowana większość wypadków zdarzyła się na obszarze zabudowanym. Jednakże, chociaż na obszarze niezabudowanym miało miejsce tylko 1,4% wypadków, to zginęło tam 6,6% ofiar, a więc przejścia tam zlokalizowane stanowią szczególny problem. Podobnie problemem są przejścia na drogach dwujezdniowych (18,6% wypadków i 25,5% zabitych).

Jeśli chodzi o prędkość, to prawie 90% wypadków potrącenia pieszego miało miejsce na drogach o prędkości dopuszczalnej 50 km/h. Jednakże, chociaż na przejściach przez drogi o wyższej prędkości dopuszczalnej było tylko 2,5% potrąceń, to zginęło tam prawie 10% wszystkich ofiar. Jeśli chodzi o lokalizację przejść, to 60% wypadków ma miejsce poza skrzyżowaniami i tam jest najwięcej ofiar śmiertelnych. Wśród przejść zlokalizowanych w obrębie skrzyżowań, największym problemem jest na skrzyżowaniach z drogą z pierwszeństwem przejazdu.

Tablica 3

#### Charakterystyka wypadków na przejściach dla pieszych bez sygnalizacji w latach 2007-2011

Charakterystyka	Kategorie	Wypadki		Zabici		Ranni	
		Liczba	Procent	Liczba	Procent	Liczba	Procent
Obszar	Niezabudowany	208	1,4%	62	6,6%	156	1,0%
	Zabudowany	14929	98,6%	875	93,4%	15043	99,0%
	Razem	15137	100,0%	937	100,0%	15199	100,0%
Przekrój drogi	Dwujezdniowa	2821	18,6%	239	25,5%	2787	18,3%
	Dwukierunkowa	11499	76,0%	683	72,9%	11557	76,0%
	Jednokierunkowa	817	5,4%	15	1,6%	855	5,6%
	Razem	15137	100,0%	937	100,0%	15199	100,0%

c.d. Tablicy 3

Oświetlenie	Noc - droga nieoświetlona	285	1,9%	63	6,7%	240	1,6%
	Noc - droga oświetlona	4263	28,2%	311	33,2%	4308	28,3%
	Światło dzienne	8930	59,0%	437	46,6%	8980	59,1%
	Zmrok, świt	1659	11,0%	126	13,4%	1671	11,0%
	Razem	15137	100,0%	937	100,0%	15199	100,0%
Prędkość dopuszczalna	10 do 30	172	1,1%	9	1,0%	172	1,1%
	40	1019	6,7%	64	6,8%	1030	6,8%
	50	13566	89,6%	773	82,5%	13683	90,0%
	60	115	0,8%	14	1,5%	105	0,7%
	70 do 100	261	1,7%	76	8,1%	206	1,4%
	brak danych	4	0,0%	1	0,1%	3	0,0%
	Razem	15137	100,0%	937	100,0%	15199	100,0%
Lokalizacja	Na skrzyżowaniu	6056	40,0%	322	34,4%	6140	40,4%
	Poza skrzyżowaniem	9081	60,0%	615	65,6%	9059	59,6%
	Razem	15137	100,0%	937	100,0%	15199	100,0%

### 3.3. OFIARY WYPADKÓW NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH BEZ SYGNALIZACJI

W wyniku potrącenia na przejściach dla pieszych bez sygnalizacji w latach 2007-2011 zginęło w sumie 937 osób, a 15 199 zostało rannych. Większość ofiar stanowiły kobiety: było to 54,3% zabitych oraz 63,1% rannych. Tablica 4 przedstawia rozkłady liczby ofiar według wieku. O ile rozkład liczby wypadków według przedziałów wiekowych ofiar jest dosyć równomierny, zwraca uwagę fakt, że udziały procentowe grup wiekowych wśród zabitych rosną wraz z wiekiem w przedziale 45-84 lata. Ponad 55% zabitych na przejściach dla pieszych stanowią osoby w wieku emerytalnym (65 i więcej lat).

Tablica 4

#### Piesi ofiary wypadków na przejściach bez sygnalizacji w latach 2007-2011 wg wieku

Wiek	Wypadki		Zabici		Ranni	
	Liczba	Procent	Liczba	Procent	Liczba	Procent
0 – 14	2005	12,82%	21	2,24%	2127	13,99%
15 – 24	2744	17,54%	40	4,27%	2888	19,00%
25 – 34	1345	8,60%	42	4,48%	1321	8,69%
35 – 44	1208	7,72%	39	4,16%	1186	7,80%
45 – 54	1954	12,49%	95	10,14%	1888	12,42%
55 – 64	2206	14,10%	166	17,72%	2083	13,70%
65 – 74	1985	12,69%	200	21,34%	1820	11,97%
75 – 84	1805	11,54%	254	27,11%	1574	10,36%
ponad 85	322	2,06%	63	6,72%	259	1,70%
Brak danych	69	0,44%	17	1,81%	53	0,35%
Razem	15643	100%	937	100%	15199	100%

## 4. ANALIZA CIĘŻKOŚCI OBRAŻEŃ – MODEL LOGITOWY

### Metoda regresji logistycznej

Modelowanie ciężkości obrażeń polega na poszukiwaniu zależności matematycznej pomiędzy skutkami wypadku dla jego ofiar, a okolicznościami zdarzenia i charakterystyką jego uczestników. Mając taką zależność możemy określić jakie czynniki i w jakim stopniu wpływają na ryzyko śmierci pieszego przy potrąceniu. Do metod statystycznych stosowanych w takiej analizie zalicza się regresję logistyczną i uporządkowany probit – przykłady takich zastosowań są opisane w literaturze: [1], [7], [8], [9], [13].

Najprostszy sposób zdefiniowania ciężkości obrażeń pieszych to podział według skutków potrącenia: ze skutkiem śmiertelnym oraz tylko z obrażeniami. Tak więc zmienna zależna jest dychotomiczna i do wyrażenia prawdopodobieństwa skutku śmiertelnego możemy zastosować binarny model logitowy. Prawdopodobieństwo śmierci ( $P_{fn}$ ) dla potrąconego pieszego  $n$  można wyrazić wzorem:

$$P_{fn} = \frac{e^{g(x)}}{1+e^{g(x)}} = \frac{1}{1+e^{-g(x)}} \quad (1)$$

gdzie:  $g(x_n)$  = funkcja atrybutów dla potrącenia pieszego  $n$ .

Można przyjąć, że funkcja  $g(x)$  jest kombinacją liniową  $K$  zmiennych objaśniających oraz współczynników:

$$g(x_n) = \beta' \mathbf{X}_n = \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \dots + \beta_K x_{Kn} \quad (2)$$

gdzie:

$\mathbf{X}_n$  = wektor zmiennych objaśniających dla potrąconego pieszego  $n$ ,

$\beta$  = wektor współczynników modelu.

### Dane o wypadkach

Do kalibracji modelu wykorzystano zbiór danych o 16 066 przypadkach potrącenia pieszego przez pojazdy samochodowe na przejściach bez sygnalizacji świetlnej w Polsce w latach 2007 - 2011. Liczba ta jest nieco mniejsza niż faktyczna liczba ofiar w tych latach, ponieważ pominięto szereg przypadków dla których brakowało kompletnych danych.

Celem analizy była identyfikacja czynników zwiększających ryzyko śmierci przy potrąceniu. Dlatego też – po wstępnej selekcji – wybrano następujące zmienne jako potencjalnie objaśniające ciężkość obrażeń (poziomy wartości podano w nawiasach): czas letni (tak, nie), obszar zabudowany (tak, nie), typ drogi (dwujezdniowa, jednokierunkowa, inna), prędkość dozwolona (km/h), oświetlenie (światło dzienne, droga nieoświetlona nocą, inne warunki), płeć pieszego (mężczyzna, kobieta), wiek pieszego (lat) oraz lokalizacja przejścia (poza skrzyżowaniem, na skrzyżowaniu o ruchu okrężnym, na skrzyżowaniu równorzędnym). Dla zmiennych jakościowych zdefiniowano szereg zmiennych zerojedynkowych, przy czym w każdym przypadku takich zmiennych jest o jedną mniej niż poziomów wartości.



## Wyniki

Do oszacowania prawdopodobieństwa śmierci pieszego potrąconego na przejściu sformułowano binarny model logitowy. Zmienna zależna przyjmuje wartość 1 gdy potrącenie kończy się śmiercią pieszego (na miejscu lub do 30 dni po zdarzeniu), a 0 w pozostałych przypadkach. Wyniki kalibracji modelu przedstawia tabela 5. Model posiada dobrą zgodność statystyczną, wartość statystyki  $\chi^2$  wynosi 947 przy 10 stopniach swobody. Wszystkie wstępnie wybrane zmienne objaśniające okazały się statystycznie istotne na poziomie istotności 1% ( $P[|Z|>z] < 0,01$ ), z wyjątkiem zmiennych zerowejdzynkowych oznaczających lokalizację na skrzyżowaniu o ruchu okrężnym i na skrzyżowaniu równorzędnym.

Współczynniki  $\beta$  dla statystycznie istotnych zmiennych jakościowych w regresyjnym modelu logistycznym można wykorzystać do obliczenia "ilorazu szans" śmierci pieszego potrąconego w określonych okolicznościach. Iloraz szans wyraża się następującym wzorem:

$$\text{Iloraz szans } (x_i) = \exp(\beta_i) \quad (3)$$

Iloraz szans w tym wypadku wyraża, ile razy bardziej prawdopodobna jest śmierć pieszego, gdy zachodzi dana okoliczność, w stosunku do sytuacji, gdy ta okoliczność nie występuje. Na przykład, iloraz szans śmierci pieszego wynosi 1,43 gdy do potrącenia dojdzie na drodze dwujezdniowej (czyli ryzyko śmierci jest wtedy o 43% większe niż na drodze jednojezdniowej). Rys. 3 przedstawia ilorazy szans obliczone dla zmiennych jakościowych.

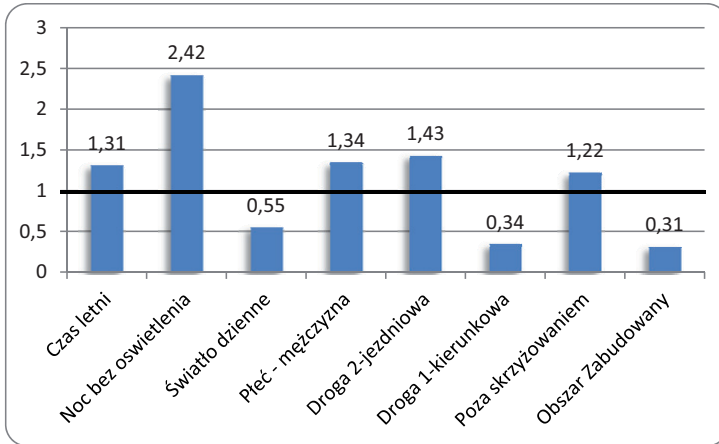
Tabela 5

### Wyniki regresji logistycznej

Charaktery- styka	Zmienna	Współczynnik $\beta$	$\beta$ / błąd standardowy	$P[ Z >z]$
	Stała modelu	-5,289	-9,796	0,000
Pora roku	Czas letni = 1	0,273	3,527	0,000
Lokalizacja	Obszar zabudowany = 1	-1,179	-4,745	0,000
	Poza skrzyżowaniem = 1	0,197	2,655	0,008
Typ drogi	Dwujezdniowa = 1	0,360	4,262	0,000
	Jednokierunkowa = 1	-1,079	-4,050	0,000
	Prędkość dozwolona (km/h)	0,023	3,528	0,000
Oświetlenie	Noc - droga nieoświetlona = 1	0,886	4,957	0,000
	Światło dzienne = 1	-0,602	-7,531	0,000
Pieszy	Płeć: męczyzna = 1	0,296	4,119	0,000
	Wiek (lat)	0,043	22,747	0,000
Liczba obserwacji		16066		
Funkcja log-wiarygodności		-3050,8		
Ograniczona funkcja log-wiarygodności		-3524,4		
Chi-kwadrat ( $\chi^2$ )		947,3		
Liczba stopni swobody		10		
Pr[ $\chi^2 >$ wartość krytyczna]		0,000		

Jak można się tego spodziewać, ryzyko śmierci potrąconego pieszego jest niższe na obszarze zabudowanym (0,31 razy w stosunku do niezabudowanego). Można to

wytłumaczyć tym, że w miastach prędkości pojazdów są na ogół niższe, jest lepsza infrastruktura dla pieszych (lepiej oznaczone przejścia przez jezdnie), a opieka medyczna jest bardziej dostępna i na wyższym poziomie. Lokalizacja wypadku na przejściu poza skrzyżowaniem zwiększa ryzyko śmierci 1,22 razy.



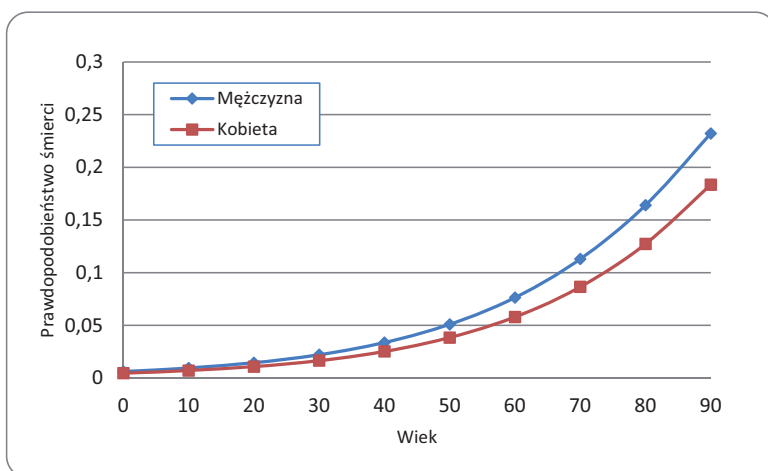
Rys. 3. Iloraz szans śmierci pieszego dla różnych okoliczności potrącenia

Według skalibrowanego modelu największy wpływ na ryzyko śmierci pieszego mają warunki oświetlenia. Ryzyko śmierci pieszego potrąconego w ciemności (noc, droga nie oświetlona) jest 2,42 razy większe, niż gdy do wypadku dojdzie na drodze oświetlonej. Światło dzienne znacznie zwiększa bezpieczeństwo pieszych, iloraz szans śmierci wynosi wtedy 0,55.

Zastanawiającym wynikiem jest to, że ryzyko śmierci jest 1,34 razy większe gdy potrąconym pieszym jest mężczyzna. Można przypuszczać, że mężczyźni mają skłonności do zachowań bardziej ryzykownych, takich jak przebieganie przez przejście dla pieszych.

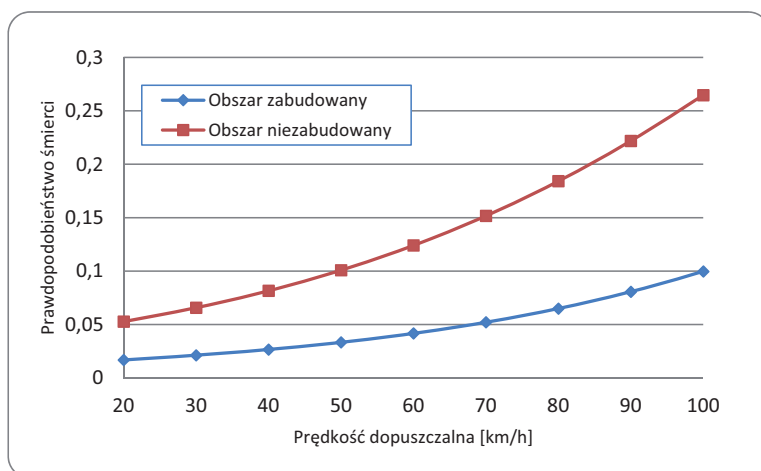
Interesującą obserwacją jest również większe ryzyko w trakcie trwania czasu letniego (1,31 razy). Taki wynik, pomimo tego że latem dłużej jest światło dzienne, można tłumaczyć większą uwagą i mniejszą prędkością kierowców w trudnych zimowych warunkach. Ponadto dobre warunki atmosferyczne latem kuszą kierowców do jazdy z większą prędkością. Z jednej strony wypadków zimą jest więcej, ale z drugiej ich ciężkość jest mniejsza.

Dla zmiennych ciągłych możemy wykorzystać równanie (1) do pokazania wpływu wielkości zmiennej na prawdopodobieństwo śmierci potrąconego pieszego. Rys. 4 przedstawia zależność pomiędzy  $P_f$  a wiekiem i płcią ofiary. Wartości prawdopodobieństwa obliczono zakładając średnie wartości pozostałych zmiennych w równaniu. W porównaniu do osoby 20-letniej, prawdopodobieństwo śmierci po potrąceniu dla 50-letniego pieszego jest 3,5 razy wyższe, a dla osoby 80-letniej aż 11,5 razy wyższe. Efekt płci jest też widoczny na rys. 4 – jest to zgodne ilorazem szans równym 1,34 dla mężczyzn.



Rys. 4. Szacowane prawdopodobieństwo śmierci pieszego potrąconego na przejściu bez sygnalizacji w zależności od wieku i płci

Rys. 5 przedstawia zależność pomiędzy  $P_f$  a prędkością dozwoloną dla różnych obszarów. Według skalibrowanego modelu, prawdopodobieństwo śmierci rośnie o 25% na każde 10 km/h wzrostu dozwolonej prędkości. Należy podkreślić, że faktyczna prędkość pojazdu w momencie wypadku nie jest znana – możemy tylko przypuszczać że była skorelowana z prędkością dozwoloną na drodze. Rys. 6 pokazuje jak potencjalnie szkodliwa jest krajowa praktyka zwiększania dozwolonej prędkości na obszarach zabudowanych do 60 km/h w godzinach nocnych (23:00 do 5:00).



Rys. 5. Szacowane prawdopodobieństwo śmierci pieszego potrąconego na przejściu bez sygnalizacji w zależności od obszaru i dozwolonej prędkości

## 5. WNIOSKI

Okolo 30% przypadków potrącenia pieszych w Polsce ma miejsce na przejściach przez jezdnie, a więc tam gdzie pieszy powinien być chroniony (dla porównania – w Niemczech to jedynie 4% [4]). Przy ogólnej spadkowej tendencji wypadkowości w ostatnich latach, na szczególną uwagę zasługuje fakt, że procentowy spadek liczby potrąceń pieszych i liczby ofiar na przejściach dla pieszych jest mniejszy niż dla ogółu wypadków.

Na podstawie analizy policyjnej bazy danych z lat 2007-2011 o potrąceniach pieszych na przejściu bez sygnalizacji można stwierdzić, że ilościowo największy problem występuje na terenach zabudowanych, na drogach jednojezdniowych o prędkości dopuszczalnej 50 km/h. Natomiast nieproporcjonalnie dużo ofiar śmiertelnych zdarza się w obszarze niezabudowanym, na drogach dwujezdniowych oraz w nocy, szczególnie gdy droga jest nieoświetlona. Grupą szczególnego ryzyka są osoby starsze (ponad 55 lat).

Na podstawie danych o ponad 16 tysiącach zdarzeń potrąceń pieszych na przejściach bez sygnalizacji, oszacowano model logitowy ciężkości obrażeń pieszego. Model ten wyraża prawdopodobieństwo śmierci potrąconego pieszego w zależności od okoliczności wypadku i charakterystyki pieszego. Model wskazuje, że najważniejsze czynniki zwiększające zagrożenie śmiercią pieszych na przejściach bez sygnalizacji to: brak oświetlenia w nocy, duża prędkość dopuszczalna, droga dwujezdniowa, lokalizacja przejścia poza obszarem zabudowanym oraz poza skrzyżowaniem. Według modelu, prawdopodobieństwo śmierci potrąconego pieszego rośnie o 25% na każde 10 km/h wzrostu dozwolonej prędkości.

Duża liczba osób starszych wśród ofiar potrąceń dowodzi, iż funkcjonujące w przepisach i stosowane rozwiązania niedostatecznie spełniają swoje zadanie. Należy brać pod uwagę, że społeczeństwo się starzeje, a środowisko drogowe nie jest dostosowane do ograniczonych możliwości tej grupy uczestników ruchu. Dlatego też właściwym rozwiązaniem jest wprowadzenie w przepisach bezwzględnego pierwszeństwa dla pieszych na przejściach typu zebra, w tym również dla osób oczekujących przed przejściem.

Wyniki przedstawionych analiz wykazują, że największy wpływ na zagrożenie pieszych ma brak oświetlenia w nocy i dopuszczalna prędkość. Dlatego powinno się wprowadzać oświetlanie przejść dla pieszych, wszędzie tam gdzie tylko jest to możliwe. Konieczne jest spowolnienie ruchu w rejonie przejść: budowa azylów, ograniczenie prędkości dozwolonej (absolutne maksimum to 70 km/h, a docelowo 50 km/h) oraz egzekwowanie istniejących ograniczeń prędkości lub też instalowanie sygnalizacji świetlnej. Należy wyeliminować sytuacje gdzie istniejące przejścia dla pieszych funkcjonują na odcinkach dróg zamiejskich bez żadnego ograniczenia prędkości. W obszarach zabudowanych częściej powinno się wprowadzać strefy prędkości ograniczonej do 30 km/h (tzw. tempo 30). Rozwiązanie to jest zalecane dla centrów miast przez Komisję Europejską i coraz częściej stosowane w krajach Unii.

Badania zagrożeń pieszych na przejściach dla pieszych i skuteczność stosowanych rozwiązań będą kontynuowane w realizowanym w ramach Programu Badań Stosowanych projekcie pt. „Opracowanie metody oceny bezpieczeństwa pieszych przy pomocy analizy obrazu wideo”.

## Bibliografia

1. Al-Ghamdi A. S.: Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 34, s. 729–741, 2002.
2. Broughton, J. and Knowles, J.: Traffic Safety Basic Facts 2010 Pedestrians, Deliverable of the EC FP7 project DaCoTA, The European Commission Directorate General for Mobility and Transport, 2011.
3. De Meester D.: CADaS Common Accident Data Set, The European Commission Directorate General for Mobility and Transport, R4 Informatics Unit, 2011.
4. Gaca D., Hogendorf A., Tracz M.: Podstawowe zasady funkcjonowania oraz porównania przejść dla pieszych typu zebra w Polsce i w Niemczech. Część I. *Transport Miejski i Regionalny*, nr 2, 2007.
5. Jamroz K., Kaczmarek J.: Jak zmniejszyć poziom ryzyka pieszych w ruchu drogowym w Polsce? *Transport Miejski i Regionalny*, nr 7/8, s. 41–48, 2006.
6. Jamroz K., Wachnicka J.: Ochrona pieszych i rowerzystów na drogach krajowych. *Drogownictwo*, nr 4-5, 2009.
7. Kim J.K., Ulfarsson G.F., Shankar V.N., Kim S.: Age and pedestrian injury severity in motor-vehicle crashes: A heteroskedastic logit analysis. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, s. 1695-1702, 2008.
8. Kong C. and Yang J.: Logistic regression analysis of pedestrian casualty risk in passenger vehicle collisions in China. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 42, s. 987-993, 2010.
9. Olszewski P., Zielińska A.: Badania i modelowanie bezpieczeństwa pieszych w ruchu drogowym. *Transport Miejski i Regionalny*, nr 4, s. 23-27, 2012.
10. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43, poz. 430).
11. Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych (Dz. U. Nr 170, poz. 1393).
12. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. z dnia 23 grudnia 2003 r.).
13. Sze N.N., Wong S.C.: Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 39, s. 1267-1278, 2007.
14. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 2001.
15. Zarządzenie nr 70 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 07/09/2010 w sprawie ujednolicenia oznakowania pionowego i poziomego oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach krajowych.
16. Zielińska A.: Wciąż tragiczna sytuacja pieszych na polskich drogach – Analiza danych statystycznych o wypadkach drogowych. *BRD Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego*, nr 2, 2005.
17. Zielińska A.: Stan bezpieczeństwa na polskich drogach w 2010 roku. Zagrożenia niechronionych uczestników ruchu, raport przygotowany w ITS dla KR BRD, [www.krbrd.gov.pl/download/pdf](http://www.krbrd.gov.pl/download/pdf)

## FACTORS AFFECTING SAFETY AT PEDESTRIAN ROAD CROSSINGS

**Summary:** Poland has the worst pedestrian fatality rate in the European Union. In the years 2007-2011, 7944 pedestrians were killed and 61635 injured on Polish roads. About 30% of accidents involving pedestrians took place on pedestrian crossings. Based on police accident database, the worst problem occurs in built-up areas. Especially at risk are older people (over 55 years). A logit model of injury severity indicates that the following factors increase fatality risk at unsignalised pedestrian crossings: lack of street lighting at night, high speed limit, dual carriageway road and mid-block crossing location.

**Keywords:** pedestrian safety, pedestrian crossings, accident severity