MECHANIKA
CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
MECHANICS
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
5-M/2012
ZESZYT 10
ROK 109
ISSUE 10
YEAR 109

PIOTR SZCZĘSNY, JOANNA RYMARZ*

KORELACJA WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO NA PRZYKŁADZIE POLSKI I KRAJÓW SĄSIEDNICH

THE CORRELATION OF CHOSEN ROAD TRAFFIC SAFETY INDICATORS IN POLAND AND CLOSELY LOCATED COUNTRIES

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki analizy korelacyjnej przeprowadzonej w odniesieniu do wybranych wskaźników bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce i siedmiu krajach sąsiednich. Stwierdzono wysoką ujemną korelację gęstości dróg ze wskaźnikami liczby zabitych na 100 wypadków oraz 100 rannych, co pozwala sądzić, iż w krajach o dobrze rozwiniętej sieci drogowej ciężkość wypadków wyrażona wskaźnikami liczby zabitych istotnie maleje. Wykazano silną korelację ujemną wskaźników liczby zabitych oraz rannych na 100 wypadków, co dowodzi iż zmniejszenie ciężkości wypadków nie ogranicza liczby poszkodowanych, lecz prowadzi do zwiększenia liczby rannych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, kraje UE, wskaźniki bezpieczeństwa ruchu drogowego

Abstract

Paper shows a correlation analysis result, which were carried out by taking into account some road traffic safety indicators in Poland and closely located countries. A high negative correlation was found between road density and the number of deaths per 100 accidents and the number of deaths per 100 injuries, suggesting that in countries with a highly-developed road network, the seriousness of accidents expressed in terms of the rates of the number of deaths significantly decreases. A very strong, negative correlation of the indicators of the number of deaths and injured per 100 accidents is shown, which proves that the reduction in the seriousness of accidents does not reduce the number of injured, but leads to an increase in the number of injured.

Keywords: Road traffic safety, EU countries, road traffic safety indicators

* Dr inż. Piotr Szczęsny, mgr inż. Joanna Rymarz, Instytut Transportu, Silników Spalinowych i Ekologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

1. Wstęp

Artykuł przedstawia analizę porównawczą i korelacyjną wskaźników bezpieczeństwa ruchu drogowego Polski oraz siedmiu najbliżej położonych państw (Litwa, Białoruś, Ukraina, Słowacja, Czechy, Niemcy i Szwecja). Przez terytoria uwzględnionych krajów prowadzą korytarze transportowe przebiegające z Polski na zachód i południe Europy, co znacznie zwiększa ruch tranzytowy na drogach naszego kraju. Wykorzystanie tego kierunku transportowego ma swoje uwarunkowania historyczne w postaci tzw. szlaku bursztynowego, który już dwa tysiące lat temu wytyczał drogę wymiany handlowej obejmującej tereny porównywanych państw. Po przystąpieniu Szwecji (25.03.2001) oraz Polski, Czech, Słowacji i Litwy (21.12.2007) do Strefy Schengen zniesione zostały formalne utrudnienia związane z przekraczaniem granic pomiędzy tymi krajami. Stworzyło to dogodne warunki do dalszego rozwoju transportu pasażerskiego i towarowego oraz współpracy gospodarczej. Przewozy przez granice z Niemcami, Czechami, Słowacją i Litwą stanowią ponad 82% całości przewozów międzynarodowych realizowanych w Polsce [13].

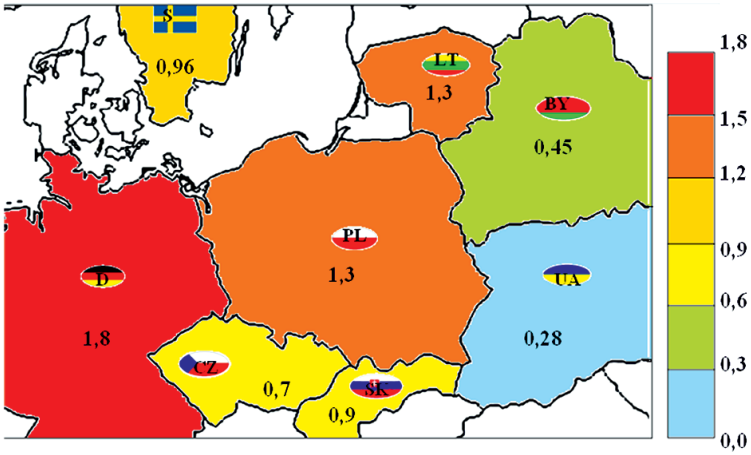
Położone w Polsce zewnętrzne granice Unii Europejskiej w 2010 r. przekroczyło ogółem ponad 10 mln pojazdów, wśród których przeważały samochody osobowe (83%) i ciężarowe (16%). W tym samym czasie przez położone w Polsce wewnętrzne granice UE przejechało aż 52 mln pojazdów.

Intensywność komunikacji samochodowej przez granice porównywanych krajów prowadzi do zwiększenia zagrożeń w ruchu drogowym, co wyrażają wskaźniki bezpieczeństwa analizowane w dalszej części pracy.

2. Analiza parametrów i wskaźników związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego

Sieć drogowa porównywanych krajów wykazuje znaczne zróżnicowanie zarówno w aspekcie długości i gęstości poszczególnych rodzajów dróg, jak i ich jakości (stanu technicznego). Wyrażają to wskaźniki gęstości sieci dróg ogółem wymienione na rys. 1. Szczególnie niska jest gęstość dróg na Ukrainie (0,28 km/km^2) i na Białorusi (0,45 km/km^2), natomiast najwyższa w Niemczech (1,8 km/km^2). We wszystkich krajach trwa realizacja planów budowy i rozbudowy sieci autostrad. Istniejąca sieć autostrad niemieckich, długości prawie 13 tys. km (2% wszystkich dróg niemieckich), jest prawie trzykrotnie dłuższa od łącznej długości autostrad w pozostałych analizowanych krajach. Bardzo dobry stan autostrad niemieckich, brak ograniczeń prędkości oraz brak opłat, zachęcają kierowców do wyboru Niemiec jako kraju tranzytowego w podróżach na zachód Europy, nawet jeśli trasa przejazdu uległaby wydłużeniu.

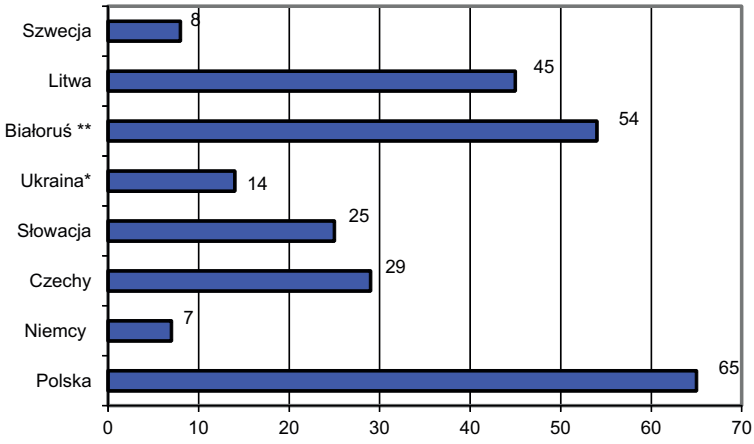
W latach 2000–2010 w Polsce nastąpił największy procentowy przyrost długości autostrad, bo aż o 139%, odpowiednio w tych samych latach w Czechach i Słowacji o 47% i 40%, a w Szwecji o 26%. Dysproporcje w strukturze dróg mają wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Można przyjąć, że pośrednio wpływają one na większą ciężkość wypadków w Polsce (niedobór autostrad), Białorusi i na Ukrainie (najniższa gęstość dróg). Będzie to przedmiotem analizy korelacyjnej przedstawionej w punkcie 4.



Rys. 1. Gęstości sieci drogowej ogółem (km/km^2) w analizowanych krajach w 2009

Fig. 1. Density of total road network (km/km^2) of the analyzed countries in 2009

W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił dynamiczny wzrost liczby samochodów osobowych w badanych krajach, szczególnie wysoki w Polsce – w 2010 r. 65% w odniesieniu do roku 2000. Na Białorusi wskaźnik ten wyniósł 54%, a na Litwie 45% (rys. 2). Wskaźnik liczby samochodów osobowych na 1000 mieszkańców w 2010 w Niemczech, na Litwie i w Szwecji zbliża się do podobnej wartości (500), co oznacza ok. 2 osoby przypadające na jeden statystyczny samochód.



Rys. 2. Zmiana liczby samochodów osobowych w analizowanych krajach w latach 2000–2010 [%] *2005/2010, **2005/2009

Fig. 2. Change in the number of passenger cars in the analyzed countries in years 2000–2010 [%]*2005/2010, **2005/2009

Przedstawione wskaźniki rozwoju motoryzacji są najkorzystniejsze dla Szwecji i Niemiec. W Polsce, przy stosunkowo dużej i najdynamiczniej rosnącej liczbie samochodów, szczególnie dotkliwy jest brak autostrad, co potwierdzają trudności komunikacyjne na wielu drogach.

3. Wskaźniki bezpieczeństwa ruchu drogowego

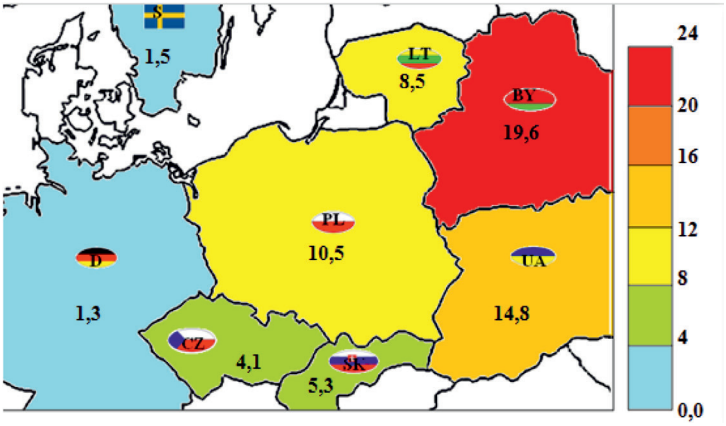
Liczba wypadków drogowych w Polsce i pozostałych analizowanych krajach systematycznie maleje. Szczególnie korzystny był dla Polski rok 2010, w którym odnotowano ok. 38,8 tys. wypadków drogowych. Oznacza to spadek liczby wypadków w odniesieniu do 2009 r. o ponad 12,2%. We wszystkich analizowanych krajach nastąpił spadek liczby zabitych w latach 2000–2010. W Niemczech, na Litwie i w Szwecji w latach 2000–2010 spadek ten był szczególnie wysoki i wyniósł 51, 53 i 54% (tab. 3). Liczba rannych w wypadkach drogowych w Polsce w roku 2010 wyniosła 49 tys. i spadła w stosunku do roku 2000 o 32%. Największy spadek wystąpił na Litwie i wyniósł ponad 39% (rys. 6). Najgorszy wskaźnik wśród krajów UE osiągnęła Szwecja, gdzie w roku 2009 w stosunku do roku 2000 nastąpił wzrost liczby rannych o 16%, a wśród krajów wschodnioeuropejskich Białoruś i Ukraina (odpowiednio 11 i 6%).

Tabela 1

Wskaźniki bezpieczeństwa ruchu drogowego w porównywanych krajach w 2010 r. (*2009, **2011 r.) [3]

	Ogólna liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Zmiana liczby zabitych w latach 2000/2010 [%]
Polska **	40 065	4 189	49 501	–33
Niemcy	288 297	3 648	371 170	–51
Czechy	19 676	802	24 384	–46
Słowacja	6 570	345	8 411*	–45
Ukraina	31 754	4 709	28 917	–9
Białoruś	6 739*	1 322*	7 198	–17
Litwa	3 530	299	4 230	–53
Szwecja	17 858*	270	25 639*	–54

Dane zamieszczone w tabeli 1, dotyczące ogólnej liczby wypadków, mogą być nieprecyzyjne w odniesieniu do niektórych krajów z uwagi na odmienny sposób definiowania pojęcia „wypadek". Wskaźnik liczby zabitych na 100 wypadków drogowych określa ciężkość wypadków [1]. Jak wynika z rys. 3 parametr ten jest szczególnie niekorzystny dla Białorusi (19,6), Ukrainy (14,8), Polski (10,5) i Litwy (8,5). Najniższy wskaźnik liczby zabitych na 100 wypadków występuje w Niemczech (1,3) oraz Szwecji (1,5).



Rys. 3. Liczba zabitych na 100 wypadków drogowych 2010 r. S, BY–2009 r. PL–2011 r.

Fig. 3. The number of persons killed in road traffic accidents per 100 road accidents 2010. S, BY–2009 r. PL–2011 r.

4. Analiza korelacyjna

Obliczenia korelacyjne przeprowadzono, wyznaczając współczynnik korelacji R według następującej formuły:

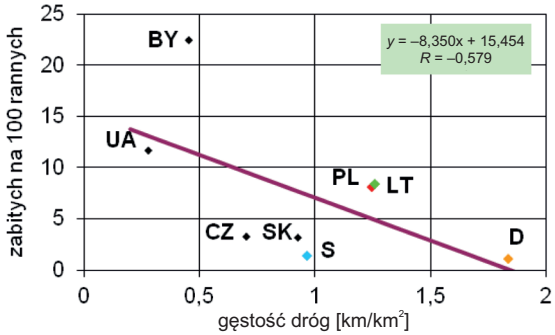
$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]\left[\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]}} \quad (1)$$

gdzie:

R – współczynnik korelacji,
X – zbiór parametrów jednej cechy,
Y – zbiór parametrów drugiej cechy,
n – liczba porównywanych państw.

W odniesieniu do zbiorów parametrów charakteryzujących bezpieczeństwo ruchu drogowego w porównywanych państwach przeprowadzono szereg analiz korelacyjnych, uwzględniając m.in.: wskaźniki gęstości dróg, wskaźniki liczby pojazdów, parametry bezwzględne i jednostkowe bezpieczeństwa ruchu drogowego. Niektóre z nich, wykazujące wysoką korelację liniową, omówiono dalej i zilustrowano na wykresach (rys. 4–8). Analizę korelacyjną wykonano w oparciu o 8-elementowy zbiór par parametrów wynikający z liczby analizowanych krajów. Można przypuszczać, iż uwzględnienie większej liczby elementów mogłoby doprecyzować uzyskane wyniki. Znaczne różnice ilościowe cech poszczególnych elementów pozwalają sądzić, iż przedstawione wyniki nie są obciążone zbyt dużym błędem i są przydatne do wstępnej oceny analizowanych zjawisk.

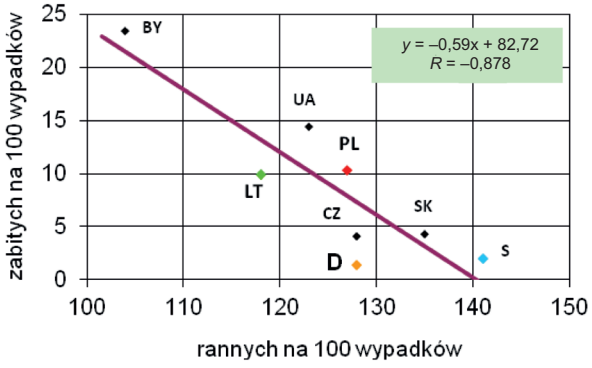
Stwierdzono wysoką ujemną korelację gęstości dróg i liczby zabitych na 100 wypadków (rys. 4) oraz liczby zabitych na 100 rannych (rys. 5), co pozwala sądzić, iż w krajach o znacznie rozwiniętej sieci drogowej ciężkość wypadków wyrażona wskaźnikami liczby zabitych istotnie maleje. Najlepszym przykładem są tu Niemcy, a także Szwecja, gdzie dobrze rozwiniętą sieć drogową wspomaga wysoki poziom infrastruktury i informacji drogowej. W Polsce i na Litwie, mimo stosunkowo wysokich wskaźników gęstości dróg, agresywny styl jazdy wielu kierowców prowadzi do zwiększenia ciężkości wypadków. Największa ciężkość wypadków ma miejsce na Białorusi i Ukrainie i jest powiązana z niską gęstością sieci drogowej i złym stanem dróg.



Rys. 5. Korelacja gęstości dróg i liczby zabitych na 100 rannych wraz z linią trendu

Fig. 5. The correlation between road density and the number of deaths per 100 injuries, and the trend line

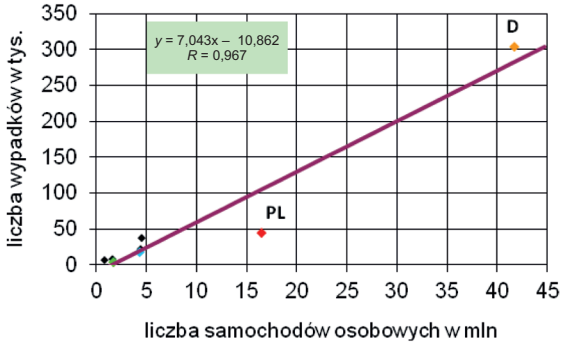
Bardzo wysoką, silną korelację ujemną wykazują wskaźniki liczby zabitych oraz rannych na 100 wypadków (rys. 6). Dowodzi to, iż zmniejszanie ciężkości wypadków nie ogranicza liczby poszkodowanych w ich wyniku, a prowadzi do zwiększenia liczby rannych. Najwyraźniej potwierdza to przykład Szwecji i Niemiec, gdzie najniższym wskaźnikom ciężkości wypadków odpowiadają wysokie wskaźniki liczby rannych. Całkowicie odwrotna sytuacja ma miejsce na Białorusi – wysoki wskaźnik ciężkości i niski liczby rannych.



Rys. 6. Korelacja liczby rannych i liczby zabitych na 100 wypadków wraz z linią trendu

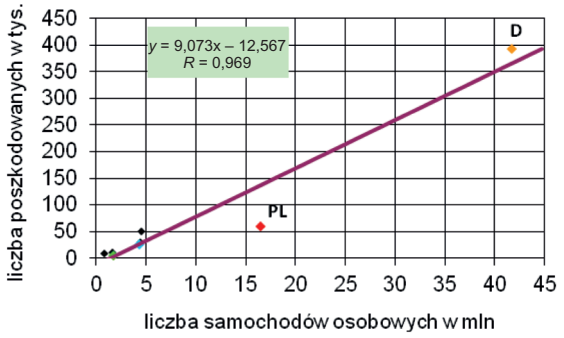
Fig. 6. The correlation between the number of injuries and deaths per 100 accidents, and the trend line

Stwierdzono bardzo silną dodatnią korelację liniową liczby samochodów osobowych oraz bezwzględnej liczby wypadków drogowych (rys. 7), a także liczby poszkodowanych w ich wyniku (rys. 8). Dowodzi to, iż rozwój motoryzacji wyrażony wskaźnikiem wzrostu ilości środków transportowych pociąga za sobą proporcjonalny wzrost liczby wypadków oraz osób poszkodowanych. Współczynniki korelacji podczas tych analiz osiągają najwyższe ze wszystkich badań wartości, odpowiednio 0,967 i 0,969.



Rys. 7. Korelacja liczby samochodów osobowych i liczby wypadków wraz z linią trendu

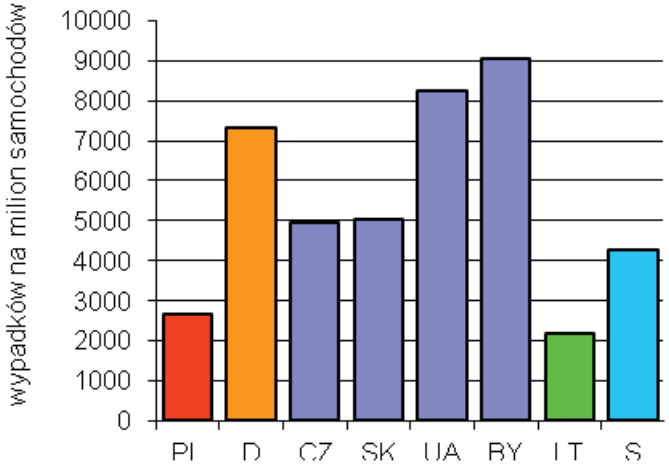
Fig. 7. The correlation between the number of passenger cars and the number of accidents, and the trend line



Rys. 8. Korelacja liczby samochodów osobowych i liczby poszkodowanych wraz z linią trendu

Fig. 8. The correlation between the number of passenger cars and the number of injuries, and the trend line

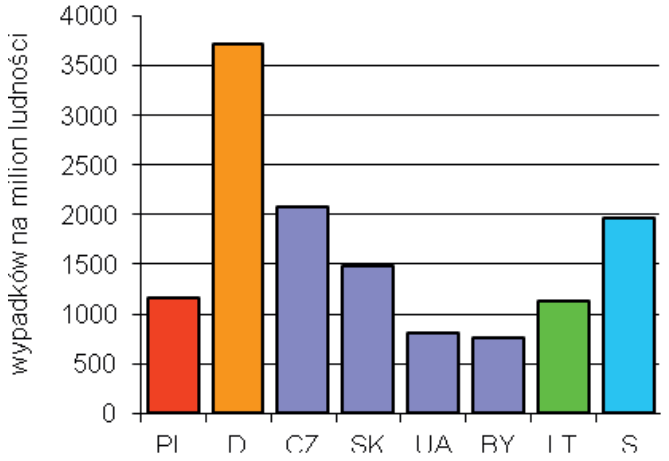
Przedstawione na rys. 9 zestawienie wskaźnika wypadków na milion samochodów wskazuje na istotnie niższą jego wartość na Litwie i w Polsce. Niestety wysokie wskaźniki ciężkości wypadków w obu krajach znacznie osłabiają znaczenie tego wskaźnika. Najwięcej wypadków na milion samochodów występuje na Białorusi i Ukrainie.



Rys. 9. Porównanie wskaźnika wypadków na milion samochodów

Fig. 9. The comparison of the indicator of accidents per million cars

Wskaźnik liczby wypadków na milion mieszkańców (rys. 10) potwierdza obserwowaną poprzednio korzystną tendencję na Litwie i w Polsce, jeśli weźmiemy pod uwagę wysokie wskaźniki rozwoju motoryzacji w tych krajach. Niskie wartości tego wskaźnika na Białorusi i Ukrainie są wynikiem jedynie słabego rozwoju motoryzacji, wyrażonego wskaźnikiem liczby pojazdów na 1000 mieszkańców – odpowiednio 84 i 98.



Rys. 10. Porównanie wskaźnika wypadków na milion ludności

Fig. 10. The comparison of accident rate per million population

5. Wnioski

Wykonane analizy korelacyjne i porównawcze pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Spośród analizowanych w tym artykule krajów najdłuższą siecią dróg dysponują Niemcy (655,2 tys. km w 2009 r.). Wskaźnik gęstości sieci drogowej w Niemczech wynosi 1,8 km/km^2, w Polsce i na Litwie 1,3 km/km^2, natomiast najniższy wskaźnik występuje na Ukrainie i wynosi 0,28 km/km^2. Najlepszy stan dróg występuje w Niemczech, co potwierdza wskaźnik udziału autostrad w ogólnej liczbie dróg, wynoszący ok. 2,0%. Przeprowadzone analizy potwierdziły silną ujemną korelację gęstości sieci drogowej i ciężkości wypadków ($R = –0,6$).
2. Liczba samochodów osobowych w analizowanych krajach stale rośnie. Najwyższy wskaźnik rozwoju motoryzacji występuje w Niemczech i na Litwie i wynosi 516 i 515 pojazdów na 1000 mieszkańców. Polska i Białoruś wyróżnia się największą dynamiką wzrostu tego wskaźnika. W roku 2010 w Polsce nastąpił wzrost liczby pojazdów osobowych w stosunku do 2000 r. o 65%, a na Białorusi aż o 54%. Wykonane analizy wykazały bardzo silną dodatnią korelację (bliską funkcyjnej zależności liniowe) liczby samochodów osobowych i liczby wypadków oraz liczby osób poszkodowanych.
3. Największa dynamika spadku liczby wypadków występuje na Litwie i w Polsce, gdzie w roku 2010 w stosunku do roku 2000 liczba wypadków spadła odpowiednio o ponad 39% i 32%. W pozostałych krajach Europy Zachodniej wskaźnik ten jest nieznacznie mniejszy. W Szwecji i na Białorusi wskaźnik liczby wypadków rośnie, osiągając w Szwecji najwyższą wartość równą 13%.
4. W latach 2000–2010 we wszystkich analizowanych krajach wystąpił spadek liczby zabitych w wypadkach drogowych, największy w Szwecji (54%) na Litwie (53%) i w Niemczech (51%). Wskaźniki liczby zabitych i liczby rannych wykazują silną korelację ujemną ($R = – 0,88$)
5. Największa ciężkość wypadków drogowych określana wskaźnikiem liczby zabitych do liczby wypadków występuje na Białorusi i wynosi ponad 19 osób zabitych na 100 wypadków, przy analogicznym najniższym wskaźniku dla Niemiec i Szwecji odpowiednio 1,3 i 1,5. Wysoka ciężkość wypadków występuje również na Ukrainie (14,8), w Polsce (10,5) i na Litwie (8,5). Należy uwzględnić, iż niskim wskaźnikom ciężkości wypadków towarzyszy najczęściej wysoki wskaźnik liczby rannych do liczby wypadków. Odnosi się to szczególnie do Szwecji, gdzie przy jednym z najniższych wskaźników ciężkości, wskaźnik poszkodowanych w wypadkach osiąga wartości najwyższe.

Literatura

[1] Krystek R. (red.), *Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu*, Tom 1, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.

[2] Transport – wyniki działalności w 2009 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.

[3] Dane statystyczne (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/).

[4] Statistisches Bundesamt Deutschland (http://www.destatis.de/).

[5] Czech Statistical Office (http://www.czso.cz/).

[6] Statistical Office of the Slovak Republic (http://portal.statistics.sk/).
[7] Statistics Lithuania (http://www.stat.gov.lt/lt/).
[8] The State Committee of Statistics of Ukraine (http://www.ukrstat.gov.ua/).
[9] State Committee of the Russian Federation on Statistics (http://www.gks.ru/eng/).
[10] National Statistical Committee of the Republic of Belarus 2009 (http://www.belstat.gov.by).
[11] Statistics Sweden (http://www.scb.se/).
[12] Rocznik Statystyki Międzynarodowej 2009, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.
[13] Dane Zarządu Granicznego KGSG (http://www.strazgraniczna.pl).
[14] Statystyki policyjne (http://www.statystyka.policja.pl).