

**Marzenna Dębowska-Mróz, Andrzej Rogowski**

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

## **SZUM PRZYSPIESZENIA JAKO MIARA ZAGROŻENIA PIESZYCH W RUCHU DROGOWYM W MIASTACH**

Rękopis dostarczono, czerwiec 2013

**Streszczenie:** Rozwój motoryzacji przynosi obok korzyści gospodarczych i społecznych wiele zagrożeń i zjawisk niekorzystnych. Do jednych z poważniejszych skutków funkcjonowania transportu można zaliczyć powstawanie wypadków. Ponad 70% wypadków to zdarzenia, do których dochodzi w miastach. Ze względu na specyfikę ruchu w miastach szczególnie ważnym problemem jest bezpieczeństwo pieszych w ruchu drogowym. Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego jest funkcją wielu czynników, które wpływają na jego poziom w różny sposób (pośredni i bezpośredni). Np. prędkość jest czynnikiem, który może bezpośrednio decydować o powstawaniu zagrożeń w ruchu drogowym. Może być również czynnikiem, od którego w sposób pośredni zależą skutki zdarzeń drogowych. W artykule zaprezentowane zostaną wybrane parametry ruchu drogowego, które mogą umożliwić wskazanie miejsc szczególnie niebezpiecznych dla ruchu pieszego.

**Słowa kluczowe:** wskaźniki bezpieczeństwa ruchu drogowego, pieszy, szum przyspieszenia

### **1. WPROWADZENIE**

Miasta to obszary wymagające specyficznej organizacji ruchu, ze względu na funkcje jakie gromadzą się i są realizowane w jego przestrzeni. Szukanie odpowiednich rozwiązań organizacyjnych ma za zadanie ograniczenie niepożądanych efektów nadmiernego ruchu. Jest to istotne ze względu na fakt, iż w miastach zamieszkuje ponad połowa ludności świata. Dla przykładu w dwudziestu siedmiu krajach Unii Europejskiej średnio ok. 74% ludności mieszka w miastach (w Holandii oraz Wielkiej Brytanii jest to aż 90%). Statystyczni mieszkańcy miast podróżują 500-600 razy rocznie a liczba podróży jest niemal niezależna od wielkości miasta.

Miasta od lat borykają się z silną presją związaną z rozwojem motoryzacji. W miastach na ograniczonym obszarze koncentrują się liczne problemy związane z realizacją różnorodnych potrzeb transportowych związanych z funkcjonowaniem ludzi i gospodarki. Codziennym elementem pejzażu miejskiego są: zatłoczenie dróg, zanieczyszczenie środowiska oraz różnego rodzaju problemy społeczne wywołane niewydolnością

komunikacyjną oraz dużym zagrożeniem związanym z funkcjonowaniem szczególnie w systemach transportu drogowego. Konsekwencją tego jest występowanie dużego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, szczególnie pieszych.

## 2. BEZPIECZEŃSTWO RUCHU DROGOWEGO W POLSCE

W 2012 roku wydarzyło się 37 046 wypadków drogowych, w których 3571 osób poniosło śmierć a 45 792 osoby zostały ranne. W porównaniu z 2011 rokiem liczba wypadków spadła o 3019 (-7,5%), liczba zabitych spadła o 618 osób (-14,8%), liczba rannych zmniejszyła się o 3 709 osób tj. (-7,5%). W 2012 roku do jednostek Policji zgłoszono 339 581 kolizji drogowych (w porównaniu do 2011 roku, w którym odnotowano 366 520 kolizji liczba ta zmniejszyła się o 26 939 czyli 7,3%). Analizując dane statystyczne dotyczące zdarzeń zarejestrowanych w kartach wypadków drogowych, które są gromadzone w Systemie Ewidencji Wypadków i Kolizji (SEWIK), można zauważyć, iż stan bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce ulega systematycznej poprawie (tab. 1).

Tablica 1

### Podstawowe dane obrazujące bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce w latach 2003-2012

Rok	Liczba wypadków	Liczba zabitych	Liczba rannych	Zagrożenie mieszkańców <sup>1</sup>	Ciężkość wypadków <sup>2</sup>
2003	51 078	5640	63 900	14,8	11
2004	51 069	5712	64 661	15,0	11
2005	48 100	5444	61 191	14,3	11
2006	46 876	5243	59 123	13,8	11
2007	49 536	5583	63224	14,6	11
2008	49 054	5437	62 097	14,3	11
2009	44 196	4572	56 046	12,3	10,3
2010	38 832	3907	48 952	12,0	10,1
2011	40 065	4189	49 501	12,2	10,5
2012	36 927	3557	45 637	12,1	9,3
2012/2003	-27,70%	-36,93%	-28,58%	-18,24%	-15,45%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]

<sup>1</sup> zabici na 100 tys. ml km.

<sup>2</sup> zabici na 100 wypadków.

W 2012 roku, na polskich drogach najczęściej dochodziło do zderzeń pojazdów w ruchu. Odnotowano 18 245 zdarzeń tego typu, co stanowi 49,2% ogólnej liczby wszystkich zdarzeń. Ich konsekwencją były 1442 ofiary śmiertelne (40,4% ogółu zabitych) oraz 25 143 osób rannych (54,9% ogólnej liczby). Następną grupą pod względem liczebności zdarzeń są wypadki z udziałem pieszych – 10 042 wypadków (27,1% ogółu), w ich wyniku 1152 osoby zginęły (32,3% ogółu) a 9548 osób zostało rannych (20,9% ogółu rannych). Od wielu lat podstawowymi problemami związanymi z bezpieczeństwem ruchu drogowego w Polsce są:

- niebezpieczne zachowania uczestników ruchu drogowego,
- niska jakość infrastruktury drogowej,
- brak efektywnego systemu zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego.

Analizując podstawowe wskaźniki charakteryzujące bezpieczeństwo ruchu drogowego można zauważyć, że są one większe niż w innych krajach np. Unii Europejskiej. Zaniepokojenie może budzić szczególnie wysokość wskaźnika ciężkości wypadków drogowych, który w Polsce wynosi 17, podczas gdy w najlepszych pod względem bezpieczeństwa ruchu drogowego krajach UE wynosi 6 [6,13]. Wskaźnik ten jest w pewnym sensie odzwierciedleniem nieprzeprzegania limitów prędkości i wpływu na płynność ruchu dużego natężania obserwowanego na drogach i ulicach w naszym kraju. Innym wskaźnikiem obrazującym duże zagrożenie bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce jest wskaźnik ofiar śmiertelnych na 100 wypadków, który wynosi 12 (tab. 1). Wskaźnik ten również jest wyższy w Polsce niż średnia jego wartość w UE, gdzie wynosi one niewiele ponad 3 [13].

Mimo systematycznej poprawy poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce i na świecie nie można rezygnować z dalszych badań i realizacji różnorodnych działań, których celem będzie oddziaływanie na bezpieczeństwo systemu transportowego, szczególnie ruchu drogowego. Na podstawie analiz statystycznych liczby wypadków, do których doszło w 2012 roku oraz ich skutków można zauważyć, że jedna osoba w wieku poniżej 40 lat na 80 mieszkańców Unii Europejskiej jest narażona na utratę życia w wyniku tych zdarzeń. Warto w tym miejscu zwrócić jeszcze uwagę na koszty wypadków drogowych, które ze względu na ich liczbę i skutki stanowią istotny problem społeczno-ekonomiczny. Według Instytutu Badawczego Dróg i Mostów są one najistotniejszą składową ogólnych kosztów zewnętrznych związanych z funkcjonowaniem transportu drogowego (w roku 2011 stanowiły ok. 57,7%). Szacuje się, że w Polsce koszty te wynoszą 18 mld PLN, co stanowi 1,3% naszego PKB. Stanowi to połowę deficytu budżetu przewidywanego na rok 2012. Należy uświadomić sobie fakt, iż nie są to wszystkie straty. Do tej kwoty należy doliczyć również straty powstające w wyniku zmniejszenia się produkcji i konsumpcji ofiar wypadków drogowych. Uwzględniając te straty i doliczając ich szacunkową wielkość do podanej kwoty, łączny koszt wypadków w Polsce mógłby wynieść nawet około 65 mld PLN rocznie<sup>3</sup>.

Szczególnie niekorzystne pod względem bezpieczeństwa ruchu drogowego są wskaźniki dotyczące charakterystyki tego problemu w polskich miastach. W 2012 roku zdecydowana większość wypadków, 27 056 miała miejsce w obszarze zabudowanym (73%), w tym 60% w miastach. W wyniku tych zdarzeń zginęły 1652 osoby, a 32 071 osób zostało rannych.

<sup>3</sup> „Szacunek kosztów wypadków drogowych w Polsce i próba ich internalizacji w ramach prac badawczych IBDiM w Warszawie”. Referat wygłoszony na konferencji Okragły Stół „Koszty wypadków drogowych” zorganizowanej przez Partnerstwo dla Bezpieczeństwa Drogowego przy współpracy z biurem Banku Światowego w Polsce.

Poza obszarem zabudowanym miało miejsce 9990 wypadków (27% ogółu), zginęło w nich 1919 osób, a obrażenia ciała odniosło 13 721 uczestników ruchu drogowego. Zagrożenie mieszkańców w średnich i dużych polskich miastach jest około dwukrotnie większe niż w miastach Europy Zachodniej. Do grup szczególnie wysokiego ryzyka poniesienia śmierci w wypadkach drogowych w miastach należą niechronieni uczestnicy ruchu drogowego, szczególnie pieszych (tab. 2).

W 2012 roku doszło do 10 851 wypadków z udziałem pieszych. W 3735 wypadkach winą za zaistnienie tych zdarzeń można obciążyć pieszych. Najczęstszą przyczyną tych było [12]:

- wejście na jezdnię bezpośrednio przed jadącym pojazdem – 2 071 wypadków, (tj. 55,4% wszystkich zdarzeń spowodowanych przez pieszych),
- przekraczanie jezdni w miejscu niedozwolonym – 441 wypadków (11,8%),
- wejście na jezdnię zza pojazdu, przeszkody – 433 wypadki (1,6%)
- wejście na jezdnię przy czerwonym świetle – 310 wypadków (8,3%).

Pozostałe zdarzenia zaistniały z powodu nieprawidłowego zachowania kierujących pojazdami wobec pieszego (nieprawidłowe przejeżdżanie przejść dla pieszych oraz nie ustąpienie pierwszeństwa pieszemu).

Warto zwrócić również uwagę na fakt, iż piesi często zapominają o prawach fizyki, z których wynika, że do zatrzymania pojazdu potrzebna jest odpowiednia odległość zależna od prędkości i warunków na drodze. Kolejnym problemem jest widoczność pieszego po zmroku i w nocy. Problem widoczności dotyczy z jednej strony błędów w oświetleniu elementów infrastruktury ruchu pieszego a z drugiej braku możliwości dostrzeżenia pieszego po zmroku i w nocy z odpowiedniej odległości zapewniającej reakcję osoby kierującej pojazdem.

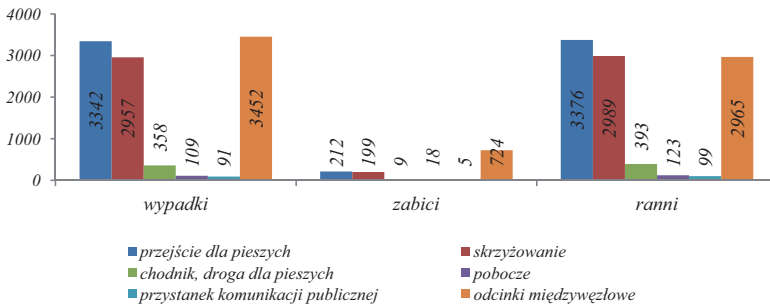
Miejsca występowania wypadków z udziałem pieszych w 2012 roku i ich skutki przedstawiono na rysunku 1.

Tablica 2

#### Liczba wypadków z udziałem pieszych i ich skutki w Polsce w latach 2003-2012

Rok	Liczba		
	wypadków	zabitych	rannych
<b>2003</b>	17 509	1879	16 578
<b>2004</b>	17 112	1986	16 039
<b>2005</b>	16 601	1756	14 845
<b>2006</b>	15 837	1802	14 035
<b>2007</b>	16 749	1951	14 798
<b>2008</b>	15 794	1882	13 912
<b>2009</b>	12 834	1477	12 328
<b>2010</b>	11 817	1235	10 583
<b>2011</b>	11 727	1408	10 319
<b>2012</b>	10 851	1157	9694
<b>2012/2003</b>	-38,03%	-38,42%	-41,52%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]



Rys. 1. Zestawienie miejsc występowania wypadków z udziałem pieszych i ich skutków  
Źródło: opracowanie własne na podstawie [13]

Analizując powyższy rysunek można zauważyć, iż do największej liczby wypadków z udziałem pieszych dochodzi na odcinkach międzywęzłowych, natomiast najwięcej ofiar śmiertelnych zaobserwowano na przejściach dla pieszych. Z tego też powodu przedmiotem zainteresowania autorów jest analiza zagrożeń pieszych w ruchu miejskim na odcinkach międzywęzłowych, szczególnie możliwość identyfikacji miejsc koncentracji tych zdarzeń.

Elementy infrastruktury transportowej, szczególnie ulice miejskie projektowane i budowane są głównie z myślą o zmotoryzowanych uczestnikach ruchu drogowego. Mniej uwagi projektanci poświęcają przy opracowywaniu swych rozwiązań potrzebom pieszych. Liczne z obecnie funkcjonujących rozwiązań ulicznych na etapie projektów planowane była dla zdecydowanie mniejszych natężeń ruchu i innej struktury relacji oraz zadań, których realizacja miała głównie dotyczyć tego obszaru i rejonów przylegających do nich. Wzrastające natężenie ruchu w miastach w połączeniu z dużym udziałem ruchu tranzytowego staje się coraz większym problemem w realizacji codziennych potrzeb transportowych mieszkańców miast i miasteczek. Bardzo często infrastruktura transportu drogowego w miastach nie spełnia współczesnych standardów szczególnie dotyczących bezpieczeństwa funkcjonowania transportu drogowego.

### 3. ZNACZENIE POMIARÓW I BADAŃ W ANALIZACH BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO

Ruch drogowy stanowi bardzo niewdzięczny obiekt badań z tego powodu, że jako proces jest: 1. Niestacjonarny czasowo i przestrzennie, 2. Ma charakter procesu samoorganizującego, 3. Realizuje trudne sytuacje zadaniowe i ma małe marginesy bezpieczeństwa.

Wypadek drogowy jest zdarzeniem złożonym o skomplikowanych przyczynach, powstającym w bardzo złożonych okolicznościach. Trudno zatem liczyć na skuteczność prostych metod przeciwdziałania zagrożeniom, bazujących na intuicji i subiektywnych opiniach. Źródłem wiedzy o środkach zaradczych powinny być badania naukowe, które

również mogą być podstawą podejmowanych systemowych działań prewencyjnych w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego w odniesieniu do jego poszczególnych elementów infrastruktury lub całego systemu reprezentowanego przez człowieka, pojazd, drogę i jej środowisko.

Dysponowanie możliwie najpełniejszą wiedzą o danym wypadku i jego przyczynach, może być podstawą podejmowania różnorodnych racjonalnych działań prewencyjnych. Na tej podstawie można również określić skalę zagrożeń oraz ich skutki w ruchu drogowym. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż nie powinno podejmować się realizacji działań prewencyjnych, które są przypadkowe, ponieważ ewentualne „niewłaściwe” przedsięwzięcia zaradcze mogą stać się przyczyną poważnych zakłóceń w funkcjonowaniu systemu transportu drogowego, jego uczestników oraz ewentualnych skutków tych problemów w postaci np. różnorodnych obrażeń uczestników ruchu drogowego.

Źródłem odpowiedniej wiedzy mogą być prowadzone przez specjalistów z zakresu np. inżynierii ruchu badania naukowe i pomiary ruchu, dzięki którym możliwym staje się nie tylko identyfikacja zagrożeń, ale również ocena ilościowa i jakościowa wpływu różnych czynników na bezpieczeństwo ruchu drogowego.

Prowadzone badania można podzielić na badania o charakterze ogólnym i szczegółowym. Do badań zajmujących się problemami ogólnymi należą:

- badania poświęcone metodom oceny stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- badania zachowań i niezawodności funkcjonowania człowieka z uwzględnieniem interakcji zachodzących pomiędzy człowiekiem a różnymi komponentami systemu bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd),
- badania efektywności środków poprawy brd.

Badania o charakterze szczegółowym dotyczą np. badania zależności wskaźników wypadkowości od prędkości, natężenia ruchu, szerokości drogi, zawartości alkoholu w organizmie kierującego, poziomu edukacji itp.

W nawiązaniu do fundamentalnego założenia, że liczba zdarzeń drogowych zależy od częstości wystawienia na ryzyko i jednostkowego prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku badania bezpieczeństwa ruchu można podzielić na trzy grupy, w nawiązaniu do składowych procesów powstawania wypadków, tj. badania zajmujące się:

- wystawieniem na ryzyko,
- czynnikami wpływającymi na powstawanie wypadków (użytkownicy, pojazd, droga),
- czynnikami wpływającymi na konsekwencje wypadków.

Działania zmierzające do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego powinny niewątpliwie mieć charakter systemowy i obejmować wszystkie sfery przyczynowe, tj. pojazdy, użytkowników dróg i środowisko drogi. W przypadku polskich miast powinny to być działania obejmujące następujące zagadnienia:

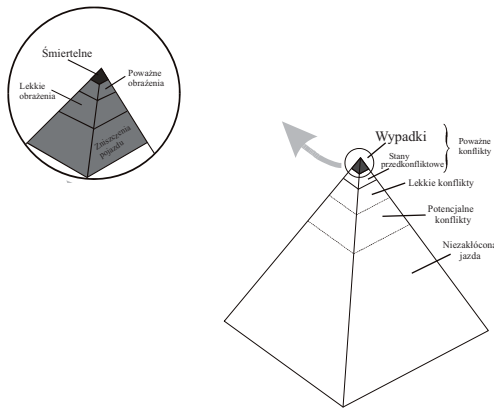
- wykonywanie badań i analiz zagrożenia w ruchu drogowym w celu tworzenia programów strategicznych i szczegółowych poprawy stanu brd;
- stosowanie audytu brd w procesie planowania i projektowania elementów sieci drogowej, w tym także projektowania ich przebudowy lub zmiany na nich organizacji ruchu;
- dokonywanie przebudowy elementów sieci drogowej lub zmiany na nich organizacji ruchu w celu wyeliminowania miejsc niebezpiecznych;
- dokonywanie oceny działań realizowanych na sieci drogowej w celu stwierdzenia ich skuteczności na poprawę brd;

- tworzenie norm, wytycznych i wzorców rozwiązań umożliwiających efektywniejsze planowanie, projektowanie i urządzenie środowiska drogi pod względem brd.

Najczęściej analizy bezpieczeństwa wykonywane są o dane pochodzące z bazy SEWIK, co jest równoznaczne, że określone zdarzenia już zaistniały i spowodowały określone skutki. Bardzo ważnym problemem w badaniach bezpieczeństwa ruchu drogowego jest niedosyt informacji pozwalających na analizę bezpieczeństwa metodami typu ex ante.

Bezpieczeństwo ruchu drogowego może być rozpatrywane z wielu punktów widzenia oraz może obejmować wiele aspektów. W ruchu drogowym można wyróżnić trzy poziomy sytuacje ruchowych związanych ściśle z bezpieczeństwem ruchu (rys. 2):

- przedkonfliktowe zachowania uczestników ruchu,
- konflikty ruchowe,
- zdarzenia drogowe (wypadki i kolizje).



Rys. 2. Wpływu prędkości na stopień zagrożenia wystąpienia zdarzenia w ruchu drogowym  
Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

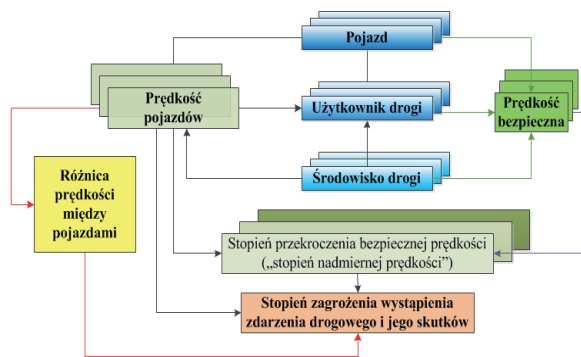
Do rozpoznawania zagrożenia na etapie stanów przedkonfliktowych potrzebna jest identyfikacja potencjalnych źródeł zagrożenia. Można tego dokonać na podstawie analizy symptomów zagrożenia [3,7,11], którymi w ruchu drogowym mogą być behawioralne indykatory utajonego zagrożenia. Można je sklasyfikować w następujący sposób:

- potencjalne niebezpieczne błędy użytkowników drogi; czyli błędne decyzje poszczególnych uczestników ruchu drogowego, jak również błędy w zachowaniu się na drodze warunkujące bezpieczne zachowanie się poszczególnych uczestników;
- przestrzenne (czasowe) luki między pojazdami akceptowane przez poszczególnych uczestników ruchu drogowego; czyli problem postrzegania, oceny i akceptacji ryzyka w ruchu drogowym;
- wielkości opisujące wpływ parametrów charakteryzujących warunki ruchowo-drogowe; np. „szum przyspieszeń” i „średni gradient prędkości”; miary te są pomocne przy opracowywaniu operatywnych diagnoz bezpieczeństwa ruchu drogowego, w szczególności ruchu miejskiego;
- psychofizjologiczne parametry uczestnika ruchu drogowego, dzięki którym można pośrednio wnioskować o możliwości niebezpiecznego zachowania się w ruchu drogowym.

W celu identyfikacji zagrożenia bezpieczeństwa pieszych w ruchu drogowym w miastach proponuje się wykorzystanie metody określającej symptomy zagrożenia w oparciu o behawioralne indykatory zagrożenia wykorzystujące ocenę poziomu „szumu przyspieszenia” bazującego na analizie rozkładu prędkości w odniesieniu do wybranych elementów infrastruktury drogowej. Taki sposób podejścia do analizy bezpieczeństwa pieszych w ruchu drogowym umożliwi wskazanie miejsc potencjalnie niebezpiecznych ze względu na zagrożenia wypadkami z udziałem pieszych.

#### 4. „SZUM PRZYSPIESZENIA” JAKO MIARA ZAGROŻENIA

Prędkość pojazdów w ruchu drogowym można rozpatrywać pod wieloma względami: z punktu widzenia obserwatora i kierującego, pracodawcy i egzekutora przepisów, czy też poszkodowanych [4]. Prędkość jest również wyznacznikiem jakości ruchu drogowego i jego konsekwencji w odniesieniu do jego poszczególnych uczestników (rys. 3). Decyduje o komforcie, wygodzie, ekonomice i bezpieczeństwie ruchu drogowego. Znajomość rozkładu prędkości i natężenia ruchu drogowego stwarza możliwość efektywnego wdrażania instrumentów poprawy bezpieczeństwa ruchu, planowania rozwoju sieci drogowej oraz koordynacji prac modernizacyjno-remontowych.



Rys. 3. Wpływu prędkości na stopień zagrożenia wystąpienia zdarzenia w ruchu drogowym  
Źródło: [11]

Do wypadków dochodzi głównie w sytuacji występowania różnic prędkości jazdy i kierunków przemieszczania się uczestników ruchu, natomiast o ciężkości wypadków decyduje wielkość prędkości jazdy oraz jej różnice pomiędzy poszczególnymi uczestnikami ruchu drogowego.

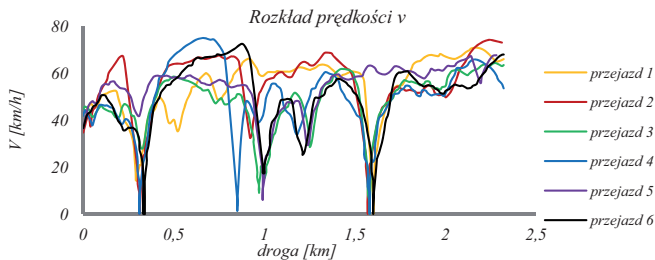
Na podstawie danych o wypadkach z lat 1999 i 2011, pochodzących z kart wypadków drogowych uzyskanych z wydziału Ruchu Drogowego Komendy Miejskiej w Radomiu, zostały wyselekcjonowane odcinki szczególnie niebezpieczne. Do oceny zagrożenia wypadkami z pieszymi wytypowano odcinki ulic o porównywalnych warunkach ruchu, zagospodarowaniu



otoczenia i parametrach geometrycznych oraz różnych wskaźnikach wypadkowości. Dla tych odcinków wykonano również analizę rozkładu czasowego tych zdarzeń. Następnie na tych odcinkach, w przedziałach czasowych odpowiadających danym uzyskanym z analizy kart wytypowano ciągi komunikacyjne, na których dokonano pomiarów prędkości. Pomiary zostały wykonane metodą „floating-car”. Mierzono prędkość w odstępach jednosekundowych z częstotliwością 1 sekundy. Uzyskane wyniki pomiarów prędkości przeniesiono na profil drogi.

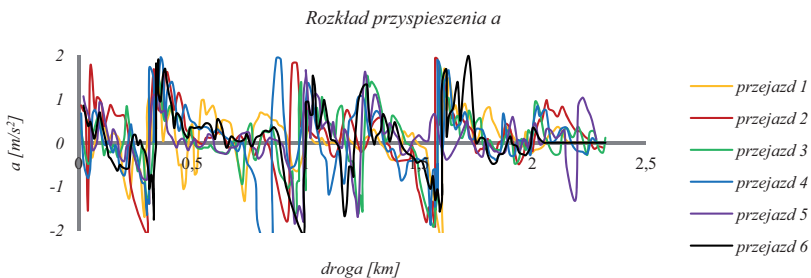
Ze względu na różnorodność przyczyn powodujących zagrożenie w ruchu drogowym, a w obszarach miejskich na równoczesność ich występowania, celem jest w badaniach poziomu zagrożenia wykonanie analizy rozkładu średniej prędkości oraz rozrzutu prędkości pojazdów wokół wartości średniej. Wielkość rozrzutu w warunkach dróg zamiejskich jest miarą, częstości wypadków szczególnie związanych z wyprzedzaniem i najeżdżaniem pojazdu na pojazd oraz na innych uczestników ruchu drogowego. W warunkach miejskich, szczególnie na ulicach dwupasowych, dwukierunkowych, o krótkich odcinkach międzywęzłowych, wzrost rozrzutu prędkości wokół wartości średniej może być miarą liczby zakłóceń w przepływie potoku pojazdów, wynikających z ruchu poprzecznego, braku możliwości rozpoznania warunków ruchu i doboru odpowiedniej prędkości, w szczególności dostosowanej do widoczności drogi i innych uczestników ruchu oraz rozbieżnej percepcji zasad funkcjonowania danego odcinka drogi.

Na ich podstawie wykonanych pomiarów prędkości obliczono przyspieszenia, które podobnie jak prędkości przedstawiono w odniesieniu do profilu drogi (rys. 4 i 5).



Rys. 4. Rozkład prędkości na jednym z odcinków (ul. Chrobrego w Radomiu)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Rozkład przyspieszenia na jednym z odcinków (ul. Chrobrego w Radomiu)

Źródło: opracowanie własne

Następnie wykorzystując metodę średnich kroczących obliczono „szum przyspieszeń”  $\sigma_a$  pojazdu (ów) (D.R. Drury), w funkcji drogi, który jest średnim kwadratowym odchyleniem przyspieszeń od wartości średniej przyspieszenia pojazdu(ów) uczestniczącego w ruchu.

W oparciu o model „floating-car” „szum przyspieszeń” można wyznaczyć z zależności przedstawionej wzorem (1).

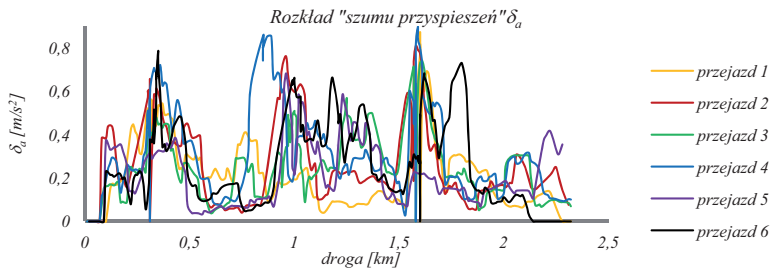
$$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t) - \bar{a}]^2 dt} \quad (1)$$

gdzie:

$a(t)$  – przyspieszenie w funkcji czasu,

$\bar{a}$  – średnie przyspieszenie pojazdu testowego w przedziale czasu T.

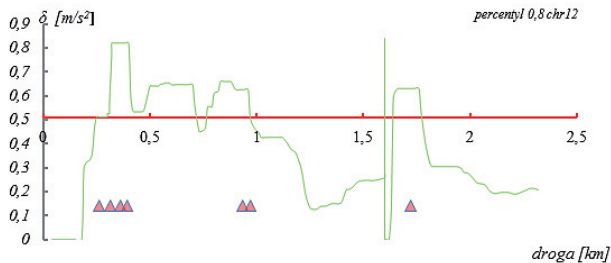
„Szum przyspieszeń” był liczony na podstawie siedmiu kolejnych wartości przyspieszenia – długość szeregu czasowego ustalono empirycznie (rys. 6).



Rys. 6. Rozkład „szumu przyspieszenia” na jednym z odcinków (ul. Chrobrego w Radomiu)

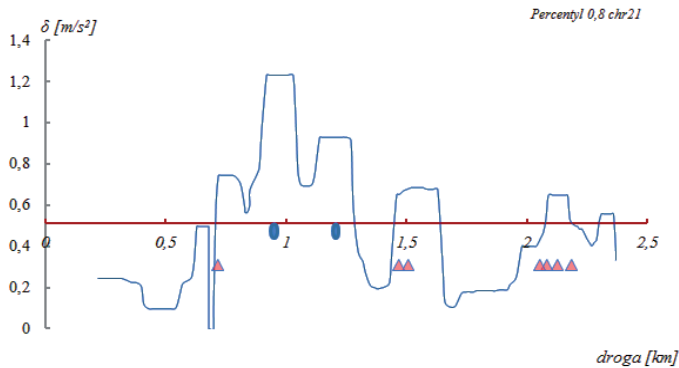
Źródło: opracowanie własne

Dla tak uzyskanych danych („szumu przyspieszeń”) obliczono kwantyl 0,8 (80 percentyl) oraz „statystyki kroczące” z „szumu przyspieszeń” i wartości bezwzględnej „szumu przyspieszeń” (kwantyl 0,8 ze zbioru 10 kolejnych wartości „szumu przyspieszeń”). Uzyskane wyniki (w funkcji drogi) naniesiono na jeden układ współrzędnych wraz z zaznaczonymi miejscami występowania wypadków (rys. 7, 8).



Rys. 7. Zestawienie analizowanych percentyli „szumu przyspieszeń” (ul. Chrobrego w Radomiu kierunek 1-2)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 8. Zestawienie analizowanych percentyli „szumu przyspieszeń” (ul. Chrobrego w Radomiu kierunek 2-1)

Źródło: opracowanie własne

Dla wszystkich wyróżnionych miejsc wypadkogennych i wszystkich przebiegów pomiarów prędkości można zauważyć, że wartości statystyk kroczących są nie mniejsze niż wartość kwantyla 0,8 „szumu przyspieszenia”. Jest to cechą charakterystyczną miejsc wypadkogennych na odcinkach międzywęzłowych. Takie zmiany można zaobserwować również w okolicy skrzyżowań z sygnalizacją świetlną w przypadku, kiedy podczas przejazdu pomiar prędkości należało wykonać korektę prędkości ze względu na wyświetlane sygnały świetlne (rys. 8 niebieskie elipsy).

Zatem, na podstawie analizy statystycznej rozkładu „szumu przyspieszeń” możliwe jest wskazanie miejsc niebezpiecznych z punktu widzenia pieszych w ruchu drogowym w miastach. Dzięki takiemu podejściu do identyfikacji miejsc wypadkogennych z udziałem pieszych można wskazać w układzie komunikacyjnym miasta odcinki, dla których powinna być wykonana szczegółowa ocena warunków ruchowo-drogowych, które mogą być przyczyną powstających zdarzeń niebezpiecznych dla poszczególnych uczestników ruchu drogowego.

## 5. PODSUMOWANIE

Radykalna poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego wymaga wielu interdyscyplinarnych działań, które powinny koncentrować się na różnych problemach począwszy od modernizacji istniejących i budowy nowych dróg i ulic oraz przystosowania ich do rosnącego natężenia ruchu drogowego poprzez działania związane z analizą zachowania różnych użytkowników dróg oraz zagadnienia dotyczące pojazdów korzystających z różnej infrastruktury drogowej. Ważnym zadaniem jest również możliwość identyfikacji miejsc niebezpiecznych w ruchu drogowym w oparciu o metody typu *ex ante*. Podstawową cechą takich metod jest wykorzystanie informacji dotyczących zdarzeń przedkonfliktowych w ruchu drogowym. Niewątpliwie przedstawiony powyżej przykład analizy dla jednego z odcinków układu

komunikacyjnego w Radomiu jest propozycją takiego podejścia do problemu identyfikacji miejsc wypadkowych w miastach. Analizy takie mogą być prowadzone dla elementów infrastruktury od lat funkcjonujących, dla których istnieje potrzeba wskazania odcinków, które w pierwszej kolejności powinny być zmodernizowane. Możliwe jest również wykonanie takiej analizy dla nowych, zaprojektowanych elementów układu komunikacyjnego i na jej podstawie wskazanie miejsc (odcinków), gdzie powinny być wykonane szczegółowe analizy ruchowo-drogowe. Dopiero dzięki takiej wiedzy możliwe jest prowadzenie odpowiednich działań zmierzających do eliminacji czynników wpływających na bezpieczeństwo oraz szybkie reagowanie na zagrożenia występujące w systemie transportu drogowego w miastach.

### Bibliografia

1. Anh T. T., Dao N. X.: Conflict technique applied to traffic safety on the model corridor of Ha Noi, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 1875 - 1890, 2005
2. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria Ruchu. WKiŁ Warszawa 1999.
3. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKiŁ Warszawa 2011.
4. Jamroz K., Michalski L. i inni: Analiza bezpieczeństwa i funkcjonowania ruchu na drogach i ulicach w mieście Chojnice wraz z projektami usprawnień. Praca na zlecenie GDDP - OP w Gdańsku. Biuro TRAFIK, Gdańsk 1999/2000.
5. Jamroz K., Sawicki A.: Bezpieczeństwo ruchu jako kryterium przekształcania układów ulicznych w miastach. Konferencja BRD, Serock 2002.
6. IRTAD: International Road Traffic and Accident Database (IRTAD). Accident Statistics. OECD/BAST. Paris/Bergisch-Gladbach.
7. Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom I, Diagnostyka bezpieczeństwa transportu w Polsce. WKiŁ Warszawa 2009.
8. Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom II, Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu. WKiŁ Warszawa 2009.
9. Krystek R. (red.): Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom III, Koncepcja zintegrowanego systemu bezpieczeństwa transportu w Polsce. WKiŁ Warszawa 2010.
10. Road Safety Annual Report 2011, International Traffic Safety Data and Analysis Group. IRTAD 2011 ANNUAL REPORT OECD/ITF 2012.
11. Szczuraszek T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. WKiŁ Warszawa 2005.
12. Tracz M. (red.): Pomiary i badania ruchu drogowego. WKiŁ Warszawa 1984.
13. Wypadki drogowe w Polsce w 1990-2012 r.. Komenda Główna Policji, Biuro Ruchu Drogowego, Warszawa 1999-2013 r., materiały ze strony internetowej, [www.policja.pl](http://www.policja.pl).

### ACCELERATION NOISE AS A MEASURE OF THE RISK OF PEDESTRIANS IN ROAD TRAFFIC IN CITIES

**Summary:** The development of motorization brings alongside economic and social benefits many risks and adverse events. Some of the more serious effects of the transport may include the formation of accidents. Over 70% of accidents are events that occur in cities. Due to the nature of traffic in urban areas particularly important issue is the safety of pedestrians on the road. Road safety is a function of many factors that affect its level in different ways (direct and indirect). For example, speed is a factor that can directly decide on the creation of hazards on the road. It can also be a factor that indirectly depend on the effects of road accidents. This paper will present the selected parameters of traffic that can help identify particularly dangerous places for pedestrians.

**Keywords:** indicators of road safety, pedestrian, acceleration noise