

BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU DROGOWYM

ROAD SAFETY

Łukasz ORŁOWSKI

ORCID: 0000-0002-5945-2429

l.orlowski@uw.edu.pl

Uniwersytet Warszawski

Wydział Zarządzania

Radosław WSZEBOROWSKI

radoslaw.wszeborowski@gmail.com

***Abstrakt.** Wartość pracy przewozowej nieustannie wzrasta, co przyczynia się do zwiększonego ruchu pojazdów transportowych. W Polsce głównym rodzajem transportu jest transport drogowy, na co wskazują dane publikowane przez Główny Urząd Statystyczny. Głównymi czynnikami decydującymi o bezpieczeństwie w ruchu drogowym jest liczba wypadków, rannych oraz ofiar wypadków drogowych. Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia zdarzenia drogowego lub jego skutki opracowywane są coraz nowsze rozwiązania infrastrukturalne w zakresie ruchu drogowego oraz systemy montowane w pojazdach. Mimo znacznego wzrostu natężenia ruchu drogowego wskaźniki dotyczące wypadkowości, rannych oraz ofiar wypadków drogowych są coraz mniejsze, co świadczy o poprawnym działaniu nowoczesnych rozwiązań.*

***Abstract.** The value of the transport performance is constantly increasing, which contributes to the increased traffic of transport vehicles. In Poland, the main kind of transport is the road transport, as indicated by the data published by the Central Statistical Office. The main factors determining the safety of the road transport system are the number of accidents, injuries and victims of road accidents. In order to minimize the risk of a road accident occurrence or its consequences, newer infrastructure solutions in the field of road traffic and systems installed in vehicles are developed. Despite a significant increase in road traffic, the rates of accidents, injuries and victims of road accidents are decreasing, which proves that modern solutions are working properly.*

***Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo, ruch drogowy, systemy bezpieczeństwa w pojazdach, infrastruktura drogowa*

***Keywords:** safety, traffic, safety systems in vehicles, road infrastructure*

Wstęp

Dane statystyczne publikowane przez Główny Urząd Statystyczny wykazują rosnącą tendencję wykonanej pracy przewozowej, z czego wynika, że notowany jest wzrost ilości przewożonych ładunków oraz ludzi. Statystyki dotyczące 2019 roku wykazują, że drogowy system transportowy jest najczęściej wybieranym systemem spośród dostępnych na terenie Polski. Jest on odpowiedzialny za 86,5% transportu odbywającego się na terenie kraju.

Jednak tak duży udział transportu drogowego w pracy przewozowej rodzi pewne problemy związane z jego bezpieczeństwem. Rosnąca liczba pojazdów poruszających się po drogach sprzyja powstawaniu kongestii oraz zdarzeń drogowych. Aby uniknąć takich sytuacji, w pojazdach

montowane są coraz nowocześniejsze systemy wspomagające kierowcę oraz wykorzystywane są nowoczesne rozwiązania w zakresie infrastruktury drogowej.

Artykuł podejmuje problematykę bezpieczeństwa w ruchu drogowym.

Celem artykułu jest wykazanie wpływu zmian w infrastrukturze drogowej oraz wprowadzania nowoczesnych systemów bezpieczeństwa w pojazdach na bezpieczeństwo w ruchu drogowym.

Aby zrealizować tak postawiony cel artykułu wykorzystano przegląd literatury, analizę, syntezę oraz wnioskowanie. Przydatne okazały się również materiały statystyczne pozyskane ze źródeł policyjnych, które posłużyły do wykazania zależności pomiędzy zdarzeniami na drodze a zmianami w infrastrukturze drogowej i wprowadzaniu nowoczesnych systemów bezpieczeństwa w pojazdach

Pojęcie bezpieczeństwa w ruchu drogowym

Fakt, iż niemal 9 na 10 dóbr transportowanych w Polsce przemieszczane jest z wykorzystaniem transportu drogowego, skłania do zastanowienia się nad aspektem bezpieczeństwa w tym systemie. Jednak, aby możliwa była analiza bezpieczeństwa w drogowym systemie transportowym, należy zdefiniować to pojęcie.

Ciekawą definicję bezpieczeństwa proponuje R. Krystek, według niego bezpieczeństwo to (...) *właściwość systemu, umożliwiająca działanie w danych warunkach środowiskowych, bez wypadków i niepożądanych zdarzeń* (Krystek, 2010, s. 34). Definicja ta oznacza komfort psychiczny wynikający z poprawnego działania systemów w ustalonych warunkach środowiskowych.

Kolejnym pojęciem wymagającym zdefiniowania jest system. Można go określić jako zbiór elementów oraz relacji między nimi uporządkowanymi ze względu na cel, jednak należy dodać, że takie połączenie wybranych elementów nadaje im większej wartości niż tylko ich suma (Brzeziński, 2007, s. 22).

Ostatnim elementem jest system transportowy. Można go definiować jako całokształt środków technicznych, w tym pojazdów, elementów infrastruktury drogowej, ludzi biorących udział w procesach transportowych oraz stosowanych rozwiązań połączonych w taki sposób, aby proces transportowy przebiegał w sposób sprawny (Jacyna, 2009, s. 22).

Sumując wyżej wskazane definicje, można stwierdzić, że bezpieczeństwo w drogowym systemie transportowym jest to stan poprawnego działania elementów składających się na system transportowy w określonym środowisku.

Znaczącymi elementami z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego są m.in. zagadnienia związane z organizacją ruchu, nadzorem nad ruchem drogowym, ratownictwem

medycznym oraz stanem technicznym i wymaganiami stawianymi pojazdom oraz elementom infrastrukturalnym (Borucka, Grzelak, 2019, s. 2)

Obecnie poziom bezpieczeństwa w drogowym systemie transportowym uzależniony jest od liczby zdarzeń drogowych, którymi są kolizje oraz wypadki drogowe, liczby rannych i ofiar śmiertelnych.

Pojęcia odnoszące się do zdarzeń drogowych często przyjmowane są jako jednoznaczne, jednak istnieje pomiędzy nimi znacząca różnica. Kolizja drogowa jest zdarzeniem drogowym, które narusza zasady bezpieczeństwa ruchu drogowego i powoduje wyłącznie szkody materialne, natomiast wypadek drogowy jest zdarzeniem, w którym przynajmniej jeden uczestnik ruchu drogowego został ranny lub poniósł śmierć (Wicher, 2012, s. 45).

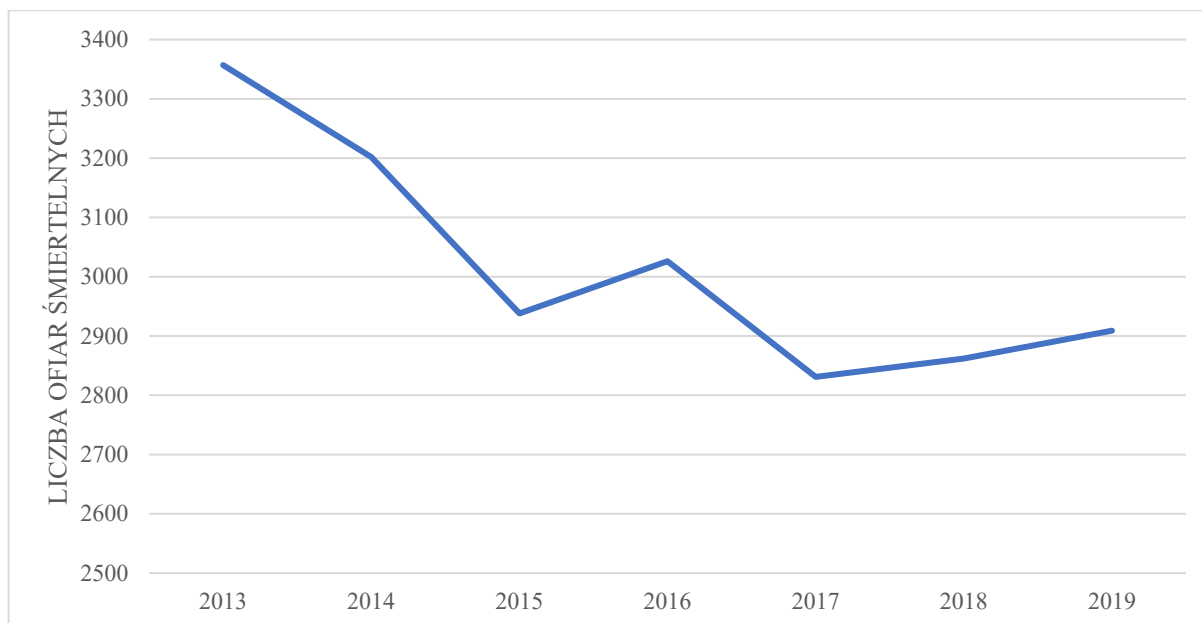
Opisane wyżej zdarzenia drogowe występują między:

- pojazdami;
- pojazdem, a człowiekiem;
- pojazdem, a nieruchomą przeszkodą.

Polska opracowała własny program poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego o nazwie *GAMBIT*. Pierwszą wersją programu był *GAMBIT 96*, który był projektem badawczym zrealizowanym na zamówienie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej. Najnowszą wersją jest *GAMBIT*, który został przyjęty w 2013 roku. Zakłada on zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych do 2000 oraz ciężko rannych do 6900 w 2020 roku. Program oparty jest na pięciu filarach (*Narodowy program bezpieczeństwa ruchu drogowego 2013 – 2020*, 2013, s. 20 - 22):

- bezpieczny człowiek,
- bezpieczna droga,
- bezpieczna prędkość,
- bezpieczny pojazd,
- ratownictwo medyczne i opieka powypadkowa.

Rysunek 1 przedstawia zmiany w liczbie ofiar śmiertelnych wypadków drogowych w Polsce w latach trwania programu.



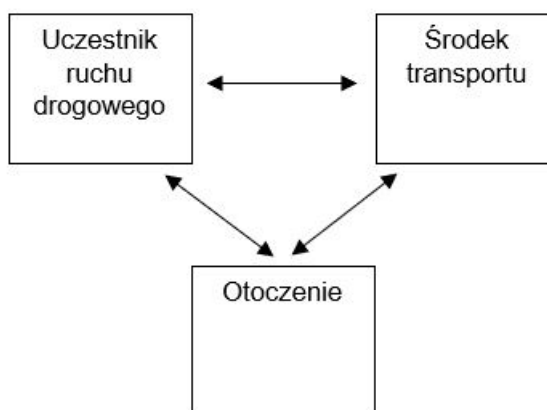
Rys. 1. Zmiany w liczbie ofiar śmiertelnych wypadków drogowych w Polsce w latach 2013 - 2019

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Wypadki drogowe w Polsce w 2009 roku*, Biuro ruchu drogowego, Wydział profilaktyki i analizy, Warszawa 2010, s.7 oraz *Wypadki drogowe w Polsce w 2019 roku*, Komenda Główna Policji, Biuro ruchu drogowego, Warszawa 2020, s. 7

Drogowy system transportowy składa się z trzech elementów, którymi są:

- uczestnik ruchu drogowego,
- środki transportu,
- otoczenie.

Rysunek 2 przedstawia uczestników oraz powiązania występujące między nimi w drogowym systemie transportowym.



Rys. 2. Uczestnicy oraz powiązania między nimi w drogowym systemie transportowym

Źródło: Opracowanie własne, na podstawie J. Wicher, *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2012, s. 44

Widoczne są wspólne oddziaływania każdego z elementów systemu na pozostałe. Z takiego układu można wysnuć wniosek, że aby system działał poprawnie oraz bezpiecznie jego elementy muszą ze sobą współgrać, ponieważ nieprawidłowe działanie któregośkolwiek z elementów wpływa na działania pozostałych.

Elementy infrastruktury zapewniające bezpieczeństwo w ruchu drogowym

Wraz z rozwojem transportu drogowego postępował rozwój infrastruktury drogowej, począwszy od piaszczystych dróg a kończąc na obecnych gęstych sieciach autostrad. Wraz z rozwojem tej gałęzi transportu, ludzie zaczęli borykać się z coraz większą liczbą problemów w kontekście bezpieczeństwa będących wynikiem m.in. coraz większej liczby pojazdów na drogach i możliwości rozwijania przez nie większych prędkości. Te aspekty mocno wpłynęły na poziom bezpieczeństwa osób i ładunków biorących udział w procesie transportowym. Dlatego też ludzie zauważyli konieczność niwelowania lub ograniczania wpływu tych aspektów na transport (Orłowski 2019). Zabezpieczenie ruchu pojazdów na drogach wymaga zastosowania urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego. Urządzenia te służą m.in. do optycznego prowadzenia ruchu, minimalizacji skutków zdarzeń drogowych, informowania i ostrzegania kierowców o niebezpiecznych odcinkach drogi oraz obowiązujących ograniczeniach, regulacji przepływu pojazdów oraz prowadzenia nadzoru nad ruchem drogowym. W wyniku wielu możliwości stosowania urządzeń bezpieczeństwa drogowego wprowadzono klasyfikację rozróżniającą ze względu ich na kategorię:

- sygnalizacyjnych – przekazanie kierowcom i innym użytkownikom drogi wszelkich zakazów, nakazów, ostrzeżeń i informacji dotyczących ruchu drogowego;
- ochronnych – zapobieganie wypadkom i ograniczenie jego skutków;
- przeciwdestrukcyjnych – ograniczenie skutków wypadku lub w mniejszym stopniu ograniczenie możliwości jego powstania;
- zapobiegawczych – przeciwdziałanie naruszeniom pewności, płynności i porządku ruchu.

Urządzenia sygnalizacyjne oraz znaki drogowe służą do regulacji oraz prowadzenia ruchu, informowania oraz ostrzegania kierowców o niebezpiecznych odcinkach drogi, obowiązujących ograniczeniach (Antonik, Gumińska, Jeliński. Wachnicka, 2014, s. 46).

Znaki drogowe dzielimy na poziome oraz pionowe. Znaki poziome umieszczane są na powierzchni jezdni w postaci linii, strzałek lub - gdy jest to niezbędne - napisów czy innych oznaczeń. Znaki pionowe umieszczone są po boku jezdni lub nad nią w postaci tablic.

Kolejnym rodzajem urządzeń sygnalizacyjnych jest sygnalizacja świetlna. Rozwiązanie to jest stosowane w przypadku skrzyżowań dróg, pozwala na segregację przecinających się strumieni pojazdów i pieszych. Zastosowanie sygnalizacji świetlnej umożliwia zredukowanie liczby punktów kolizji, co prowadzi do mniejszej ilości zdarzeń w obrębie skrzyżowań oraz powinno pozwalać na uzyskanie co najmniej jednego z poniższych elementów (Buczko, 2017, s.45):

- ułatwień dla środków komunikacji publicznej lub ruchu pieszego,
- poprawy warunków ruchu relacji podporządkowanych,

- polepszenia skuteczności sterowania strumieniami ruchu na ciągach lub w obszarze poprzez dodanie skrzyżowania do systemu skrzyżowań o ruchu sterowanym.

Na terenie Polski działa 20 rejestratorów przejazdu na czerwonym świetle umieszczonych na skrzyżowaniach w celu rejestrowania wykroczeń. Są one częścią systemu automatycznego nadzoru nad ruchem drogowym (Funkcjonowanie *systemu automatycznego nadzoru w 2019 roku*, CANARD, 2020 s. 1). Urządzenia te służą do automatycznej rejestracji wykroczeń polegających na przejechaniu pojazdu przez skrzyżowanie w momencie nadawania przez sygnalizator czerwonego światła. W Polsce wykorzystywane są dwa rodzaje tych urządzeń. Jedno składa się z systemu kamer montowanych na sygnalizatorach, natomiast drugie wykorzystuje system czujników zatopionych w asfalcie oraz kamerę zamontowaną na sygnalizatorze (<https://www.naviexpert.pl/blog/kamery-na-swiatlach-gdzie-i-jak-dzialaja/>).

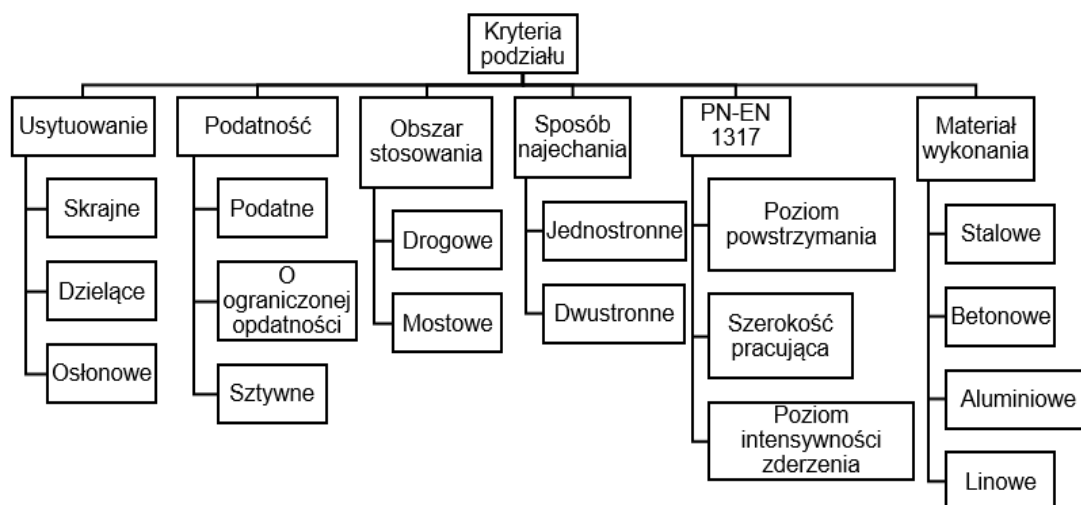
Jednym z najnowszych rozwiązań w zakresie znaków drogowych poprawiających bezpieczeństwo są znaki o zmiennej treści VMS. Pozwalają one na bieżące na przekazywanie kierowcom ostrzeżeń, komunikatów, informacji o utrudnieniach oraz warunkach atmosferycznych. Główną różnicą dzielącą znaki o zmiennej treści od znaków konwencjonalnych jest możliwość ingerencji w przekazywane treści w czasie rzeczywistym (Kornalewski, Malasek, Szczepaniak, 2014, s. 12).

Jednymi z najważniejszych elementów infrastruktury drogowej wpływającymi na bezpieczeństwo są bariery ochronne. Można je zakwalifikować do grupy urządzeń ochronnych oraz przeciwdestrukcyjnych. Głównym celem stosowania barier jest ochrona życia i zdrowia uczestników ruchu drogowego oraz bezpieczeństwa budowli i osób znajdujących się w otoczeniu drogi. Prawidłowo zaprojektowana oraz wykonana bariera ochronna powinna (Hadryś, Małek, 2019, s. 34):

- uniemożliwić przejechanie pojazdu poza krawędź drogi lub przez pas dzielący;
- zapewnić takie warunki kolizji, przy których opóźnienia działające na załogę pojazdu nie przekroczą wartości bezpiecznych – granica opóźnień niebezpiecznych jest zależna od używania pasów bezpieczeństwa przez kierowcę i pasażerów pojazdu oraz od kierunku działania sił występujących podczas kolizji;
- wyprowadzić pojazd na tor ruchu równoległy lub bliski równoległemu do bariery;
- powodować podczas kolizji możliwie niewielkie zniszczenia pojazdu, w miarę możliwości ograniczające się tylko do elementów nadwozia;
- w sposób możliwie wyraźny i czytelny określać zewnętrzną krawędź jezdni lub drogi.

Bariery ochronne można podzielić, uwzględniając wiele ich cech, takich jak: usytuowanie, podatność, obszar stosowania, sposób najechania, materiał wykonania czy stosując podział według

normy PN-EN 1317 *Systemy ograniczające drogę*. Rysunek 3 przedstawia wymienione sposoby podziału oraz możliwe rodzaje barier wyróżnione w każdej z kategorii.



Rys. 3. Kryteria podziału barier drogowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Antonik M., Gumińska L., Jeliński Ł., Wachnicka J. (2014). *Wpływ barier ochronnych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego*. *Logistyka*, 4, s. 48

Systemy zwiększające bezpieczeństwo w zakresie środków transportowych

Bezpieczeństwo bierne

Systemy bierne zwiększające bezpieczeństwo są to rozwiązania techniczne, których celem jest minimalizacja skutków zaistniałej kolizji drogowej lub wypadku z punktu widzenia wszystkich jego uczestników. Do urządzeń wchodzących w skład systemu zaliczamy (Wicher, 2012, s. 219):

- konstrukcję nadwozia,
- pasy bezpieczeństwa,
- zagłówki,
- poduszki powietrzne,
- system eCall.

Nadwozie powinno być skonstruowane w taki sposób, aby zapewniać pochłanianie części energii kinetycznej w momencie zderzenia dzięki zastosowaniu tzw. stref kontrolowanego zgniotu. Strefy te znajdują się w przedniej, tylnej oraz bocznej części nadwozia, są one zaprojektowane w sposób umożliwiający ich łatwe odkształcenie w chwili zderzenia, przez co pochłaniają one część energii powstałej w wyniku uderzenia. Podczas gdy strefy zgniotu powinny być podatne na odkształcenia, strefa w której przebywają kierowca oraz pasażerowie, a więc kabina powinna być możliwie jak najbardziej sztywna, aby nie ulegać odkształceniom w czasie zderzenia (Wicher, 2012, s. 220).

Pasy bezpieczeństwa w momencie zderzenia mają za zadanie utrzymać osoby znajdujące się w pojeździe jak najbliżej siedzeń, aby nie dopuścić do uderzenia w elementy wyposażenia pojazdu.

Gdy użytkownik nie ma zapiętych pasów to w momencie zderzenia na ciało działa siła bezwładności, która może spowodować przemieszczenie ciała wewnątrz pojazdu, a w skrajnej sytuacji nawet wyrzucenie go przez przednią szybę. Pasy bezpieczeństwa umieszczone na tylnych siedzeniach dodatkowo chronią pasażera przed uderzeniem w przedni fotel, co może być przyczyną kolejnych obrażeń podróżujących znajdujących się zarówno na przednim jak i tylnym siedzeniu pojazdu (Wicher, 2012, s. 220).

Zagłówki montowane w siedzeniach zmniejszają obrażenia kierowcy oraz pasażerów w przypadku uderzenia w tył pojazdu, w którym się znajdują. W przypadku uderzeń w tył pojazdu siła działająca na pojazd powoduje silne odchylenie głowy do tyłu, co może skutkować bolesnymi dolegliwościami lub uszkodzeniami odcinka szyjnego kręgosłupa. Zagłówki powinny minimalizować odchylenia głowy w przypadku wystąpienia takiej sytuacji. Mechanizm działania zagłówka polega na tym, że w momencie uderzenia zostaje on przesunięty do przodu oraz do góry względem swojego naturalnego położenia, przez co znajduje się bliżej głowy kierowcy lub pasażera uniemożliwiając jej silne odchylenie w wyniku uderzenia (Wicher, s. 242-244).

Poduszki powietrzne powstały w celu amortyzacji przeciążeń jakie powstają w wyniku zderzenia pojazdu z innym pojazdem lub przeszkodą. Zespół poduszki powietrznej składa się z trzech elementów: układu uaktywniającego, generatora gazu oraz elastycznego pojemnika (właściwej poduszki) (Wicher, 2012, s. 227-232).

System eCall jest najnowszym z biernych systemów zwiększających bezpieczeństwo w drogowym systemie transportowym. Od 1 kwietnia 2018 roku jest on obowiązkowym wyposażeniem wszystkich nowo homologowanych aut osobowych o masie dopuszczalnej 3,5 tony oraz samochodów ciężarowych o masie własnej do 3,5 tony na terenie Unii Europejskiej. Rolą systemu jest powiadomienie operatora numeru alarmowego o wypadku drogowym (<https://moto.pl/MotoPL/7,88389,23200673,samochod-zadzwonil-po-pomoc-czyli-jak-dziala-system-ecall-ktory.html>).

Bezpieczeństwo czynne

Bezpieczeństwo czynne rozumie się jako zespół takich cech pojazdu, które pozwalają na zmniejszenie lub uniknięcie ryzyka wystąpienia zdarzenia drogowego. Przez cechy pojazdu rozumiane są mechanizmy i urządzenia, które pozwalają kierowcy podjąć działanie przed wystąpieniem zdarzenia. Najczęściej stosowane rozwiązania są to układy przeciwblokujące – ABS (Anti-lock Braking System), układy stabilizacji toru jazdy – ESP (Electronic Stability Program) oraz układy przeciwoślizgowe – ASR (Acceleration Slip Regulation). Jednak coraz częściej producenci

wyposażają pojazdy w znacznie więcej układów wspomagających pracę kierowcy, takich jak inteligentne układy oświetleniowe czy układy radarowe.

Za najstarszy układ bezpieczeństwa czynnego uznawany jest układ przeciwblokujący ABS, pierwsze pomysły jego budowy powstały już w latach 20 XX wieku. Zapobiega on blokowaniu kół pojazdu podczas zbyt intensywnego hamowania. W przypadku zbyt mocnego naciskania pedału hamulca, a co za tym idzie nagłego zmniejszania prędkości pojazdu istnieje ryzyko powstania sił hamowania przekraczających dopuszczalne wartości stycznych dla nawierzchni drogi. Wystąpienie takiej sytuacji powoduje blokowanie kół i ich poślizg, a co za tym idzie utratę kierowności pojazdu oraz możliwość ściągania samochodu. Istotą układu ABS jest niedopuszczenie do ciągłego zblokowania koła. Zasada działania układu ABS opiera się na porównywaniu aktualnej prędkości kątowej pomiędzy poszczególnymi kołami (Chalecki, 2015, s. 58). Układ ABS jest obowiązkowym wyposażeniem nowych samochodów osobowych w Unii Europejskiej od 1 lipca 2004 roku. Polska wprowadziła ten przepis w 2006 roku. Układ montowany jest także w motocyklach, samochodach ciężarowych oraz naczepach.

Układ przeciwblokujący ASR zapobiega utracie przyczepności kół napędowych w trakcie ruszania z miejsca. Jego działanie polega na niedopuszczeniu do wystąpienia poślizgu kół napędowych podczas ruszania, przyspieszania czy jazdy pod górę na śliskiej nawierzchni. Aby zapobiegać poślizgowi kół napędzanych, jednostka sterująca porównuje prędkości kątowe kół napędzanych oraz kół nienapędzanych i określa ich wzajemny poślizg (Wicher, 2012, s.191).

Układ wspomaganie nagłego hamowania BAS umożliwia skrócenie drogi hamowania awaryjnego w przypadku wystąpienia zagrożenia. Działa on poprzez automatyczne zwiększenie ciśnienia płynu hamulcowego w przypadku ostrego i gwałtownego hamowania, co podnosi jego skuteczność (Wicher, 2012, s.192).

Kolejnym układem wspomagającym hamowanie jest układ *City Safety* stosowany w pojazdach marki Volvo, w pojazdach innych marek również występują zbliżone układy jednak o innych nazwach. Układ ten wykorzystuje technologię radarów i kamer do identyfikacji innych pojazdów, rowerzystów, pieszych i dużych zwierząt, które mogą znaleźć się przed pojazdem. W przypadku ryzyka kolizji kierowca jest ostrzegany o niebezpieczeństwie poprzez sygnały dźwiękowe i wizualne oraz pulsowanie pedału hamulca. Gdy mimo sygnałów kierowca nie reaguje lub reaguje zbyt późno system zaczyna reagować. W sytuacji zbyt późnej reakcji uruchomione zostaje wspomaganie hamowania, co prowadzi do zwiększenia intensywności działania hamulców. Jeżeli układ nie zarejestruje reakcji kierowcy mimo wydawania sygnałów wizualnych i dźwiękowych, może automatycznie uruchomić hamowanie samochodu, aby nie dopuścić do kolizji

(<https://www.volvocars.com/pl/support/manuals/v60/2019w46/wspomaganie-kierowcy/city-safety/wykrywanie-przeszkod-przez-uklad-city-safety>).

Układ stabilizacji toru jazdy ESP jest uznawany za jeden z najbardziej zaawansowanych układów wspierających kierowcę. Działa on w powiązaniu z pozostałymi układami - ABS czy ASR. Głównym zadaniem układu ESP jest utrzymanie wybranego przez kierowcę kierunku jazdy. Jeżeli sterownik układu rozpozna niewłaściwe manewry kierowcy, samoczynnie może je korygować m. in. poprzez wybiórcze przyhamowanie wybranych kół, w takiej sytuacji polecenia wydawane systemowi przez sterownik układu są nadrzędne w stosunku do nastaw pedału hamulca oraz gazu (Wicher, 2012, s. 195-197). Układ ESP jest obowiązkowym wyposażeniem wszystkich nowo rejestrowanych samochodów osobowych oraz samochodów użytkowych o masie całkowitej nie przekraczającej 3,5 tony na terenie Unii Europejskiej od 1 listopada 2014 roku, pozostałe pojazdy zostały objęte tym obowiązkiem od 1 listopada 2015 roku (<https://auto.dziennik.pl/garaz/artykuly/473797,esp-to-obowiazkowe-wyposazenie-samochodow-od-1-listopada-jak-dziala-esp.html>).

Utrzymanie stałej, zadanej przez kierowcę prędkości poruszania się pojazdu umożliwia układ CCS, znany również pod nazwą *tempomat*. W jego skład wchodzi czujnik prędkości jazdy, elektroniczna jednostka sterująca, regulator kąta ustawienia przepustnicy oraz przełącznik służący do ustawienia żądanej prędkości jazdy lub wyłączenia systemu. Układ aktywowany zostaje poprzez przestawienie przełącznika w pozycję uruchamiającą układ. Zazwyczaj służy on także do ustawiania żądanej prędkości. Jeśli kierowca wybierze żądaną prędkość, jednostka sterująca dostaje sygnał i przekazuje go do regulatora kąta ustawienia przepustnicy, który na podstawie danych reguluje kąt w taki sposób, aby pojazd poruszał się z żądaną prędkością (Wicher, 2012, s. 203 – 204).

Asystent martwego pola jest układem wykorzystującym radary w zderzaku tylnym lub kamery ulokowane pod lusterkiem zewnętrznym. Układ ten jest ważny w kontekście poruszania się po drogach wielopasmowych, ponieważ w pojazdach zazwyczaj występuje martwe pole lusterek przez co kierowca ma ograniczone pole widzenia, nie widząc tego co dzieje się za lub z boku pojazdu. Układ wykorzystując radar lub kamerę, wysyła sygnał do jednostki sterującej, która ostrzega kierowcę o pojazdach znajdujących się w martwym polu poprzez emisję sygnałów akustycznych i wizualnych w postaci podświetlenia kontrolki w okolicy lusterka odpowiadającego stronie, z której nadjeżdża pojazd (<https://autokult.pl/28242,co-to-jest-asystent-martwego-pola-lusterek>).

Wpływ zastosowania nowoczesnych rozwiązań i systemów w zakresie infrastruktury i środków transportowych na podniesienie bezpieczeństwa w ruchu drogowym

Poziom bezpieczeństwa w drogowym systemie transportowym uzależniony jest od liczby wypadków oraz osób rannych i zabitych. Analiza tych danych musi uwzględniać liczbę pojazdów poruszających się po drogach, a więc liczbę pojazdów zarejestrowanych na terenie Polski. Dane dotyczące liczby zarejestrowanych pojazdów z uwzględnieniem samochodów ciężarowych na przestrzeni lat przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Zmiana liczby zarejestrowanych pojazdów z uwzględnieniem samochodów ciężarowych na terenie Polski w latach 2004 - 2019

Lata	Liczba zarejestrowanych pojazdów na terenie Polski	Liczba zarejestrowanych samochodów ciężarowych na terenie Polski
2004	16 701 072	2 262 923
2005	16 815 923	2 177 901
2006	18 035 047	2 246 294
2007	19 471 836	2 345 068
2008	21 336 913	2 511 677
2009	22 024 697	2 595 485
2010	23 037 149	2 767 035
2011	24 189 370	2 892 064
2012	24 875 717	2 920 779
2013	25 683 575	2 962 064
2014	26 472 274	3 037 427
2015	27 409 106	3 098 376
2016	28 601 037	3 179 655
2017	29 634 928	3 248 538
2018	30 800 790	3 338 166
2019	31 388 643	3 387 536

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Wypadki drogowe w Polsce w 2001 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2002; *Wypadki drogowe w Polsce w 2008 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2008; *Wypadki drogowe w Polsce w 2014 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2015, *Wypadki drogowe w Polsce w 2019 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2020

Dane przedstawione w tabeli 1 wykazują rosnącą tendencję liczby zarejestrowanych pojazdów na terenie Polski. Znając dane dotyczące liczby zarejestrowanych pojazdów w roku 2004 i 2019 można dokonać ich porównania:

$$\frac{31\,388\,643}{16\,701\,072} \cdot 100\% \cong 187,94\%$$

Dane przedstawiają niemal dwukrotne zwiększenie liczby zarejestrowanych pojazdów na przestrzeni 16 lat.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo jest natężenie ruchu, które zależy od długości sieci drogowej. Długość sieci drogowej w Polsce przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Długość sieci drogowej w Polsce w latach 2004 - 2019

Lata	Długość sieci drogowej [km]
2004	379 193,6
2005	381 462,8
2006	382 614,9
2007	383 052,6
2008	383 313,2
2009	384 103,8

2010	406 122,1
2011	412 263,7
2012	412 035,1
2013	415 132,6
2014	417 026,0
2015	419 636,4
2016	420 236,1
2017	422 302,8
2018	424 563,9
2019	424 914,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica>

Dane przedstawione w tabeli 5.2 wskazują na zwiększenie sieci drogowej w Polsce na przestrzeni lat 2004 – 2019. Dane przedstawione w ujęciu procentowym:

$$\frac{424\,914,8}{379\,193,6} \cdot 100\% \cong 112,01\%$$

Przedstawione dane wskazują na dwunastoprocentowy wzrost długości sieci drogowej.

Porównując wzrost długości sieci drogowej do wzrost liczby pojazdów, jest on znacznie mniejszy, co przyczynia się do zwiększonego natężenia ruchu drogowego, co prezentują obliczenia:

$$2004 \text{ r.: } \frac{16\,701\,072}{379\,193,6} \cong 44,04$$

$$2019 \text{ r.: } \frac{31\,388\,643}{424\,914,8} \cong 73,87$$

Przedstawione powyżej obliczenia wskazują na zwiększenie natężenia ruchu drogowego na przestrzeni lat. W 2004 roku na jeden kilometr dróg publicznych przypadało około 44 pojazdy, podczas gdy w 2019 było to niemal 74 pojazdy. Taki wzrost może powodować kongestię drogową oraz zwiększenie wypadkowości w ruchu drogowym. Większe natężenie ruchu drogowego wymusza także na kierowcy większą czujność.

Dane dotyczące liczby wypadków, rannych oraz zabitych w wyniku zdarzeń drogowych obrazują rzeczywisty poziom bezpieczeństwa w drogowym systemie transportowym (tabela 3).

Tabela 3. Liczba wypadków drogowych na terenie Polski oraz ich skutki w latach 2004 - 2019

Lata	Liczba wypadków drogowych	Liczba rannych	Liczba zabitych
2004	51 069	64 661	5 712
2005	48 100	61 191	5 444
2006	46 876	59 123	5 243
2007	49 536	63 224	5 583
2008	49 054	62 097	5 437
2009	44 196	56 046	4 572
2010	38 832	48 952	3 907
2011	40 065	49 501	4 189
2012	37 046	45 792	3 571
2013	35 847	44 059	3 357

Bezpieczeństwo w ruchu drogowym

2014	34 970	42 545	3 202
2015	32 967	39 778	2 938
2016	33 664	40 766	3 026
2017	32 760	39 466	2 831
2018	31 674	37 359	2 862
2019	30 288	35 477	2 909

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Wypadki drogowe w Polsce w 2001 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2002; *Wypadki drogowe w Polsce w 2008 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2008; *Wypadki drogowe w Polsce w 2014 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2015, *Wypadki drogowe w Polsce w 2019 roku*, Komenda Główna Policji, Warszawa 2020

Procentowo spadek liczby wypadków przedstawia się następująco:

$$100\% - \left(\frac{30\,288}{51\,069} \cdot 100\% \right) \cong 40,69\%$$

Przedstawione dane dopiero w połączeniu z danymi z tabeli 1 w pełny sposób obrazują częstotliwość występowania wypadków, gdy należy wziąć pod uwagę także liczbę pojazdów przemieszczających się po drogach:

$$2004 \text{ r.: } \frac{51\,069}{16\,701\,072} \cdot 100\% \cong 0,31\%$$

$$2019 \text{ r.: } \frac{30\,288}{31\,388\,643} \cdot 100\% \cong 0,096\%$$

Procentowy spadek liczby rannych przedstawia się następująco:

$$100\% - \left(\frac{35\,447}{64\,661} \cdot 100\% \right) \cong 45,18\%$$

Analiza danych dotyczących rannych przy uwzględnieniu natężenia ruchu, a więc liczby pojazdów poruszających się po drogach prowadzi do następujących wyników:

$$2004 \text{ r.: } \frac{64\,661}{16\,701\,072} \cdot 100\% \cong 0,39\%$$

$$2019 \text{ r.: } \frac{35\,477}{31\,388\,643} \cdot 100\% \cong 0,11\%$$

Wartość procentowa spadku liczby ofiar została obliczona i wynosi:

$$100\% - \left(\frac{2\,909}{5\,712} \cdot 100\% \right) \cong 49,07\%$$

Liczba ofiar wypadków drogowych w 2019 roku jest niemal o połowę mniejsza w stosunku do roku 2004. Wyniki uwzględniające zmianę liczby pojazdów zarejestrowanych kształtują się następująco:

$$2004 \text{ r.: } \frac{5\,712}{16\,701\,072} \cdot 100\% \cong 0,034\%$$

$$2019 \text{ r.: } \frac{2\,909}{31\,388\,643} \cdot 100\% \cong 0,009\%$$

Wnioski

Cel artykułu został zrealizowany, przeprowadzono analizę zmian wprowadzonych w infrastrukturze drogowej oraz systemów montowanych w pojazdach i powiązano ją ze statystykami wypadkowości. Wykazano zależność pomiędzy ww. zmianami a zmniejszeniem liczby, wypadków, rannych oraz ofiar śmiertelnych w ruchu drogowym.

Nowoczesne elementy infrastruktury drogowej w coraz większym stopniu niwelują skutki zdarzeń drogowych oraz w określonych przypadkach sterują ruchem drogowym w sposób zautomatyzowany. Poprawę poziomu bezpieczeństwa uczestników ruchu drogowego uzyskano również dzięki rozwojowi elementów infrastruktury drogowej oraz systemów bezpieczeństwa montowanych w pojazdach. W rozpatrywanym okresie od 2004 do 2019 roku zanotowano trzykrotny spadek liczby wypadków, ponad 3,5 krotny spadek liczby osób rannych, a liczba ofiar wypadków drogowych zmniejszyła się niemal czterokrotnie.

Postępujący rozwój technologiczny wymusił zjawisko montowania w pojazdach coraz nowocześniejszych rozwiązań technologicznych wspomagających kierowców, a co za tym idzie zwiększających bezpieczeństwo w drogowym systemie transportowym. Obecnie projektowanych oraz montowanych w pojazdach jest coraz więcej systemów mających za zadanie wspomagać kierowcę w trakcie prowadzenia pojazdu.

Na podstawie danych publikowanych przez Komendę Główną Policji dokonano obliczeń oraz porównań za pomocą których wykazano wpływ nowoczesnych systemów i rozwiązań w zakresie infrastruktury i środków transportowych na poprawę bezpieczeństwa w drogowym systemie transportowym. Przy wykonywaniu obliczeń uwzględniono zmianę liczby pojazdów poruszających się po drogach oraz długość sieci drogowej występującej na terenie Polski. Dane te wskazują na jedynie dwunastoprocentowy wzrost długości sieci drogowej w ciągu 16 lat, podczas gdy liczba zarejestrowanych pojazdów zwiększyła się niemal dwukrotnie. Zmiany te świadczą o znacznym wzroście natężenia ruchu drogowego, co może mieć wpływ na wypadkowość. Pomimo jedynie dwunastoprocentowego wzrostu długości sieci drogowej w stosunku do niemal dwukrotnego zwiększenia liczby zarejestrowanych pojazdów na przestrzeni lat 2004 – 2019 odnotowano znaczny spadek liczby zdarzeń drogowych, rannych oraz ofiar śmiertelnych. Sytuacja ta obrazuje skuteczność zmian dokonanych w infrastrukturze drogowej oraz działań mających na celu wprowadzenie systemów bezpieczeństwa montowanych w pojazdach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ANTONIUK, M., GUMIŃSKA, L., JELIŃSKI, Ł., & WACHNICKA, J. (2014). Wpływ barier ochronnych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. *Logistyka*, (4), 46-53.
- [2] GRZELAK, M., & BORUCKA, A. (2019). Ocena Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (BRD) w Polsce. *Systemy Logistyczne Wojsk*, (51), 17-28.
- [3] BRZEZIŃSKI, M. (2007). *Systemy w logistyce*. Wojskowa Akademia Techniczna.
- [4] BUCZKO, J., (2017). *Bezpieczeństwo w komunikacji publicznej i transporcie*. Legnica: Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy.
- [5] CHALECKI, M., (2015). *Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe*. Informatory techniczne Bosch.
- [6] CANARD (2020). *Funkcjonowanie systemu automatycznego nadzoru w 2019 roku*.
- [7] HADRYŚ, D., & MAŁEK, K. (2019). Ochronne bariery drogowe. *Magazyn Autostrady*.
- [8] JACYNA, M. (2009). *Wybrane zagadnienia modelowanie systemów i procesów transportowych*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [9] KORNALEWSKI, L., MALASEK, J., & SZCZEPANIAK, Z. (2014). Pionowe znaki drogowe o zmiennej treści: właściwości techniczno-użytkowe. *Drogownictwo*.
- [10] KRYSZEK, R. (2010). *Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu: Koncepcja Zintegrowanego Systemu Bezpieczeństwa Transportu w Polsce. Tom III*. WKŁ.
- [11] MINISTERSTWO INFRASTRUKTURY I ROZWOJU (2013). *Narodowy program bezpieczeństwa ruchu drogowego 2013 – 2020*, Warszawa.
- [12] ORŁOWSKI, K., & KALINOWSKI, D. (2019). Kalkulator oceny ryzyka wypadku drogowego jako narzędzie wspomagające proces zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie transportowym. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*.
- [13] PN-EN 1317 *Systemy ograniczające drogę*.
- [14] WICHER, J. (2012). *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- [15] <https://www.naviexpert.pl/blog/kamery-na-swiatlach-gdzie-i-jak-dzialaja/> (data dostępu: 02.12.2020).