

Transport drogowy – rola i wybrane aspekty rozwoju infrastruktury

Road transportation - selected aspects and the role of infrastructure development



Stanisław Gaca

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Krakowska, Katedra
Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu

sgaca@pk.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono problematykę rozwoju infrastruktury drogowej w Polsce w powiązaniu z potrzebami i rolą transportu drogowego jako ważnej gałęzi gospodarki narodowej. Statystyczne dane potwierdzają niezwykle dynamiczny rozwój w Polsce przewozów towarowych i pasażerskich z wykorzystaniem środków transportu drogowego. Z takim rozwojem związane są także zjawiska negatywne, które zostały opisane w artykule. Charakteryzując stan infrastruktury drogowej w Polsce omówiono także strategię i plany jej rozbudowy oraz przebudowy. Szczególną uwagę poświęcono roli badań naukowych w realizacji opisanych planów. Wskazano także na kierunki niezbędnych zmian przepisów projektowania w celu budowy bardziej bezpiecznej i sprawnej infrastruktury.

Słowa kluczowe: Transport drogowy; Projektowanie dróg; Przepisy projektowania

Abstract: The article presents the problem of the development of road infrastructure in Poland in connection with the needs and the role of road transportation as an important branch of the national economy. The statistical data confirm the extremely dynamic growth of freight and passenger transportation with use of roads in Poland. Such development is associated with a number of negative phenomena, which are described in the article. The strategy and plans for expansion and remodeling of the road infrastructure in Poland are also described here, alongside its characteristics. Special attention is devoted to the role of scientific research in the implementation of the described plans. The direction of the necessary changes to the design regulations in order to allow construction of safer and more efficient infrastructure, are also indicated in this work.

Keywords: Road transportation; Road design; Design regulations

Transport drogowy należy do gałęzi gospodarki o bardzo dużym znaczeniu w Unii Europejskiej i tym samym także w Polsce. Istnieje silny związek pomiędzy sprawnością tego transportu, w dużym stopniu determinowaną stanem infrastruktury drogowej, a efektywnością gospodarki. Znajduje to odzwierciedlenie m.in. w strategicznych programach rozwoju infrastruktury transportowej krajów Unii Europejskiej. Dotyczy to szczególnie krajów, w których z końcem lat 90. ubiegłego wieku wprowadzono reformy gospodarcze z dominacją zasad gospodarki wolnorynkowej. W Polsce spowodowało to m.in. wzrost lądowych przewozów towarowych i pasażerskich środkami transportu drogowego. Porównując lata 2014 i 2005 wzrost ten wyniósł 59% w przypadku przewozów towarowych i 44% w przypadku przewozów pasażerskich [2]. Tak duży wzrost udziału przewozów pasażerskich i towarowych transportem drogowym w Polsce uzyskano przy dużo niższej dynamice rozwoju infrastruktury drogowej, co spowodowało niekorzystne zjawisko wzrostu zatłoczenia dróg, wydłużenia cza-

su podróży oraz zwiększenie emisji hałasu i zanieczyszczeń powietrza.

Aby przeciwdziałać negatywnym skutkom rozwoju transportu drogowego podejmuje się w kraju działania w celu bardziej intensywnego rozwoju i modernizacji istniejącej sieci drogowej oraz wdraża się rozwiązania techniczne i organizacyjne prowadzące do bardziej efektywnego wykorzystania przepustowości istniejącej sieci drogowej. Ponadto znacznie większą wagę przykładana się do bezpieczeństwa wszystkich użytkowników infrastruktury drogowej. Tego typu działaniom oraz identyfikacji głównych problemów rozwoju infrastruktury drogowej, a także przedstawieniu roli badań naukowych w rozbudowie nowoczesnej infrastruktury drogowej i jej eksploatacji, poświęcone jest niniejsze opracowanie.

Stan i rozwój infrastruktury drogowej

W ocenie stanu i trendów rozwojowych infrastruktury drogowej konieczne jest analizowanie tych zagadnień z odniesieniem do

rozwoju transportu drogowego w Polsce i skutków tego rozwoju, które syntetycznie można ująć następująco:

- w całym okresie od przystąpienia Polski do UE rejestruje się wyraźny trend wzrostu udziału transportu drogowego w przewozach towarowych (do 83% w 2014 r. w krajowym transporcie lądowym), przy równoczesnym dużym spadku udziału transportu kolejowego w tych przewozach;
- jako bardzo wysoki (93%) należy ocenić udział transportu drogowego w krajowych lądowych przewozach pasażerskich. Na podkreślenie zasługuje istotny wzrost udziału samochodów osobowych w przewozach pasażerskich, tj. o 10,5% w ciągu 10 lat;
- środki transportu drogowego, wykorzystujące paliwa ropopochodne, powodują emisję gazów cieplarnianych stanowiącą około 14,0% całkowitej emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Emisja zanieczyszczeń rośnie wraz ze wzrostem liczby pojazdów, pomimo technicznego rozwoju silników ogra-

niczającego ich jednostkowe emisje;

- wypadki drogowe są jednym z bardzo ważnych, niekorzystnych skutków transportu drogowego, ale należy zauważyć, że pomimo wzrostu ruchu drogowego, rejestruje się w ostatnich latach wyraźne zmniejszenie liczby wypadków i ich ofiar. Jednym z powodów tego zjawiska jest rozbudowa infrastruktury drogowej i poprawa jej cech techniczno-eksploatacyjnych;
- wzrost stopnia zmotoryzowania społeczeństw nowych krajów UE, w tym Polski oraz zwiększenie udziału pojazdów ciężarowych w przewozach towarowych wywołują dodatkową presję na potrzeby rozwojowe infrastruktury drogowej.

Sprawne funkcjonowanie transportu drogowego wymaga infrastruktury drogowej spełniającej podstawowe wymagania w zakresie sprawności (przepustowości i dostosowania do charakterystyk pojazdów), bezpieczeństwa, minimalizacji kosztów budowy i eksploatacji oraz minimalizacji niekorzystnych oddziaływań na środowisko. Niezależnie od podanych techniczno-funkcjonalnych wymagań, należy zwrócić uwagę także na następujące funkcje infrastruktury drogowej:

- funkcja integracyjna – umacnianie, zacieśnianie i rozszerzanie przestrzennych powiązań gospodarczych,
- funkcja dostępności obszarów – „udostępnianie” danej przestrzeni do zagospodarowania,
- funkcja wzrostu – podstawa rozwoju gospodarki,
- funkcja ogniwa łańcucha logistycznego – podstawa kształtowania systemów logistycznych.

W ocenie istniejącej oraz planowanej infrastruktury drogowej powinno się uwzględniać łącznie stopień spełnienia podanych funkcji i wymagań technicznych.

Według stanu na koniec 2013 r. sieć dróg publicznych w Polsce liczyła ponad 415 tys. km, z czego 262,6 tys. km miało nawierzchnię ulepszoną (nawierzchnia bitumiczna lub betonowa). Funkcjonalny podział sieci dróg w 2013 r. przedstawiał

się następująco: drogi krajowe – 19,3 tys. km, drogi wojewódzkie – 28,5 tys. km, drogi powiatowe – 125,3 tys. km oraz drogi gminne – 242 tys. km (z tego jedynie ok. 51% o nawierzchni twardej). Gęstość dróg o nawierzchni twardej wynosiła w 2013 r. 91,2 km/100 km² i była zróżnicowana terytorialnie (od 54,1 km/100 km² do 188 km/100 km²) [11]. Jest to wartość wskaźnika porównywalna z innymi krajami UE. Istotną różnicą dotyczy natomiast długości i gęstości sieci autostrad oraz dróg ekspresowych. Pomimo istotnej rozbudowy w latach 2004 - 2016 polskiej sieci autostrad i dróg ekspresowych (rys. 1), ich gęstość różni się wyraźnie od gęstości w krajach zaliczanych do wiodących gospodarczo w UE. Np. w Niemczech wartość wskaźnika gęstości autostrad w roku 2013 wynosiła 3,61 km/100 km², we Francji 2,11 km/100 km², we Włoszech 2,23 km/100 km², w Austrii 2,05 km/100 km², a w Polsce w 2015 r. było to tylko 0,5 km/100 km² (uwzględniając dwujezdniowe drogi ekspresowe o charakterystyce technicznej zbliżonej do autostrad, wartość opisywanego wskaźnika wynosiła ok. 1,0 km/100 km²) [2].

Pomimo dużych osiągnięć w rozbudowie sieci autostrad i dróg ekspresowych, Polska infrastruktura drogowa wymaga w dalszym ciągu nakładów na rozwój i modernizację. Takie stwierdzenie wynika z następujących niedostatków polskiej sieci drogowej [3, 6, 10]:

- brak spójnej sieci autostrad i dróg szybkiego ruchu, w tym brak ciągłości transeuropejskiej sieci dróg TEN-T jako dróg o wysokim standardzie technicznym. Niewystarczający jest stopień hierarchizacji pozostałej sieci dróg;
- wielofunkcyjność przeważającej części głównych dróg i ulic, mieszana struktura potoków pojazdów na drogach (szybkie samochody osobowe i ciężarowe, ciągniki, rowery i ruch pieszy);
- występowanie tzw. „wąskich gardeł” ograniczających efektywne wykorzystywanie przepustowości sieci dróg;
- nierównomierność rozmieszczenia sieci dróg o wysokich klasach tech-

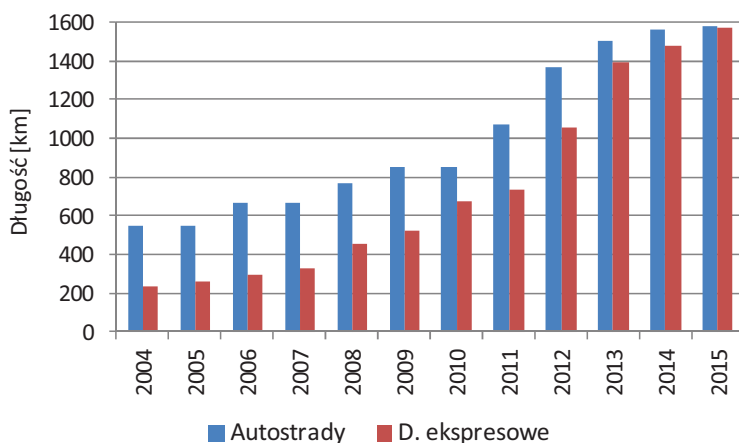
- nicznych i dużej przepustowości;
- nadmierne obudowa dróg pełniących funkcje obsługi ruchu tranzytowego o dużym natężeniu (w tym samochodów ciężarowych). Powoduje to konflikty funkcjonalne, nadmierną uciążliwość środowiskową i zwiększone zagrożenie wypadkami, a także konieczność stosowania kosztownych rozwiązań ochrony otoczenia drogi;
- zbyt mały udział dróg dostosowanych do nacisku 115 kN/oś (tylko 25% nawierzchni dróg krajowych jest dostosowanych do takich nacisków). Część sieci drogowej jest dopuszczona do ruchu pojazdów o nacisku 115 kN/oś jedynie w trybie administracyjnym, co oznacza, że nawierzchnie tych dróg będą niszczone szybciej niż przewidywano w założeniach projektowych;
- błędy rozwiązań technicznych będące przyczyną występowania miejsc koncentracji wypadków drogowych, braki w urządzeniach dla niechronionych uczestników ruchu drogowego;
- zły stan techniczny dużej części sieci drogowej wynikający z niewystarczających środków przeznaczanych na utrzymanie tej sieci.

Zebrań pełnych danych o stanie technicznym sieci drogowej nie jest możliwe z uwagi na brak systemu monitoringu całej sieci drogowej. Taki monitoring jest realizowany tylko w odniesieniu do dróg krajowych i w części dróg wojewódzkich. Na podstawie oceny stanu nawierzchni dróg krajowych w roku 2015 stwierdzono, że 60,6% nawierzchni było w stanie dobrym, 25,3% w stanie niezadowolającym, a 14,1% w stanie złym [8]. Jest to wyraźny postęp w stosunku do danych np. z roku 2003, w którym w stanie niezadowolającym i złym było razem 59,9% nawierzchni dróg krajowych.

W reakcji na zauważane problemy i ograniczoną sprawność sieci drogowej w Polsce wdrażane są programy jej rozwoju. Ogólny cel w tych programach jest definiowany, jako: *zwiększenie dostępności transportowej/tworzenie wysokiej jakości połączeń pomiędzy głównymi ośrodkami aglomeracyjnymi przy jednoczesnej poprawie bezpieczeństwa ruchu* [10]. Natomiast cele szczegółowe strategii rozwoju transportu, w tym także rozwoju sieci drogowej, definiowane są następująco:

- stworzenie nowoczesnej, spójnej sieci infrastruktury transportowej,
- poprawa organizacji i zarządzania systemem transportowym,
- bezpieczeństwo i niezawodność,
- ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko,
- zbudowanie racjonalnego modelu finansowania inwestycji infrastrukturalnych.

Z podanymi powyżej celami szczegółowymi związane są w sektorze drogowym cele



1. Zmiany długości sieci autostrad i dróg ekspresowych w Polsce w latach 2004 – 2015

operacyjne obejmujące do 2023 r. [10]:

- uzupełnienie i modernizacja drogowej sieci, w tym TEN-T,
- skrócenie średniego czasu przejazdu między ośrodkami wojewódzkimi o 15%,
- poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- poprawa przepustowości głównych arterii drogowych,
- uzyskanie płynności jazdy na długich odcinkach drogowych,
- dostosowanie sieci dróg krajowych do nacisku na poziomie 115 kN/oś,
- odciążenie aglomeracji z ruchu tranzytowego,
- dokończenie modernizacji podstawowych ciągów transportowych, na których rozpoczęto już prace.

Ogólny plan rozwoju sieci dróg krajowych w perspektywie do roku 2025 zawiera *Program budowy dróg krajowych na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.)* będący załącznikiem do uchwały nr 156/2015 Rady Ministrów z dnia 8 września 2015 r. Chociaż program ten jest obecnie weryfikowany, to należy jednak wymienić przyjęte w nim priorytety:

- budowa autostrad i dróg ekspresowych,
 - budowa obwodnic,
 - bezpieczeństwo ruchu drogowego,
- z następującymi wskaźnikami realizacyjnymi:
- zwiększenie gęstości dróg ekspresowych do 17,5 km/1000 km²,
 - zwiększenie gęstości autostrad i dróg ekspresowych do 22,7 km/1000 km²,
 - uzyskanie łącznej długości nowych odcinków autostrad i dróg ekspresowych – 3900 km,
 - wybudowanie 57 nowych obwodnic,
 - ograniczenie liczby ofiar śmiertelnych wypadków co najmniej o 40%, a ciężko rannych co najmniej o 41%.

Zdarzenia drogowe i ich koszty są niezwykle poważnym problemem w całej UE. Szacuje się, że koszty zdarzeń drogowych rocznie wynoszą ok. 180 mld euro w krajach UE, a w przypadku Polski koszty te w roku 2015 zostały oszacowane na poziomie 48,2 mld zł. Na koszty te składają się koszty wypadków wynoszące 33,6 mld zł oraz koszty kolizji drogowych wynoszące 14,6 mld zł [5]. Należy jednak podkreślić, że od roku 1997, w którym zarejestrowano największą liczbę wypadków (66,5 tys.) i największą liczbę ofiar śmiertelnych (7311) obserwuje się istotną poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego, tj. zmniejszenie liczby wypadków i ich ofiar (rys. 2).

W okresie 10 lat (2007 – 2016) udało się uzyskać zmniejszenie liczby wypadków o 32,0% i zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych wypadków o 45,8%. Efekt ten uzyskano przy równoczesnym wzroście liczby zarejestrowanych pojazdów silnikowych

w latach 2006 – 2015 o 52%. Nadal jednak ruch drogowy w Polsce oceniany jest jako obciążony dużym ryzykiem wypadków. Wskaźnik demograficzny liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych w Polsce wynoszący w roku 2015 7,7 ofiar śmiertelnych/100 tys. mieszkańców jest istotnie większy niż wynosi średnia w krajach UE (5,1 ofiar śmiertelnych/100 tys. mieszkańców). Niepokojąco wysoki jest także wskaźnik liczby ofiar śmiertelnych przypadających na 100 wypadków, który w 2016 r. wynosił w Polsce 9,0 przy 2,4 średnio w UE.

Poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego wiąże się nie tylko z infrastrukturą drogową, ale jest zadaniem interdyscyplinarnym, co zostało uwzględnione w *Narodowym Programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013 – 2020* [6]. Zastosowano w nim metodologię „bezpiecznego systemu”, definiując pięć jego filarów: bezpieczny człowiek, bezpieczna droga, bezpieczna prędkość, bezpieczny pojazd, ratownictwo medyczne i opieka powypadkowa. W odniesieniu do filara „bezpieczna droga” przyjęto dwa priorytety działań:

- priorytet 1 - wdrożenie standardów bezpieczeństwa ruchu drogowego eliminujących największe zagrożenia w ruchu drogowym;
- priorytet 2 - rozwój systemu zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej.

Obok programu budowy dróg krajowych równie ważne są regionalne programy budowy dróg samorządowych, które odgrywają istotną rolę w zakresie „udostępniania” danej przestrzeni do zagospodarowania. W strategii rozwoju infrastruktury drogowej przewiduje się rozwijanie dróg lokalnych i ich połączeń z siecią dróg krajowych i wojewódzkich, a także wyprowadzanie ruchu tranzytowego z miejscowości będących również w ciągach dróg wojewódzkich. Przekształcenia sieci dróg samorządowych są znacznie szerszym problemem, wymagającym odrębnych studiów, które pominięto w niniejszym artykule.

W podsumowaniu krótkiej charakterystyki stanu i rozwoju infrastruktury drogo-

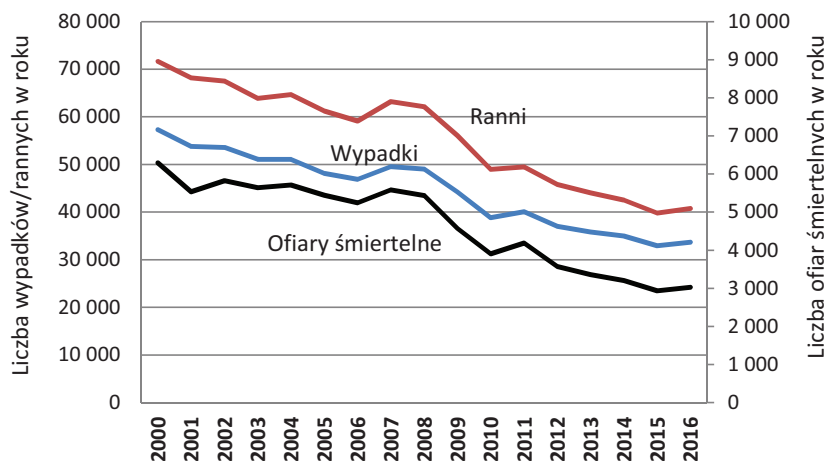
wej w Polsce można stwierdzić, że:

- mimo znaczącego wzrostu długości sieci dróg ekspresowych i autostrad ich gęstość jest niewystarczająca w świetle rosnącej roli transportu drogowego. Dlatego planuje się do roku 2025 uzupełnienie tej sieci o 3900 km;
- konieczna jest likwidacja tzw. „wąskich gardeł” ograniczających efektywne wykorzystywanie przepustowości istniejącej sieci dróg i poprawa równomierności rozmieszczenia sieci dróg o wysokich klasach technicznych i dużej przepustowości;
- w niedostatecznym stopniu realizowana jest polityka kontroli dostępności do dróg w powiązaniu z oddziaływaniem na zagospodarowanie przestrzenne w pobliżu dróg;
- zły stan techniczny dużej części sieci drogowej wymaga wdrożenia programu poprawy standardu technicznego dróg i zwiększenia nakładów na ich utrzymanie;
- utrzymanie korzystnego trendu spadku liczby wypadków i ich ofiar wymaga wdrożenia systemu zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej nie tylko na drogach krajowych, ale także na drogach samorządowych.

Naukowe i praktyczne wyzwania w rozwoju polskiej infrastruktury drogowej

Jednym z głównych wyzwań stojących przed środowiskiem naukowym i praktyków jest sformułowanie zasad projektowania i wybór technologii budowy, odpowiadających wiedzy wybiegającej w przyszłość, a w mniejszym stopniu korzystania z praktyki i wiedzy dnia wczorajszego. Coraz częściej postrzega się drogę jako budowlę o dużym potencjale stosowania rozwiązań innowacyjnych i powinno to znaleźć odbicie w praktyce projektowej oraz wykonawczej.

Podjmując próbę diagnozy przyszłych potrzeb badawczych oraz uwzględniając dotychczasowe doświadczenia z progra-



2. Trendy zmiany liczby wypadków drogowych i ich ofiar w Polsce w latach 2000-2016

mu rozbudowy sieci dróg w Polsce i podejmowane w ostatnich latach prace badawcze, można wskazać na potrzebę podjęcia lub kontynuowania badań w następujących grupach problemowych, związanych z geometrycznym projektowaniem dróg i zarządzaniem ruchem [3, 4]:

- badania wpływu infrastruktury drogowej na bezpieczeństwo ruchu i aktualizacja zasad projektowania dróg zorientowanych na poprawę bezpieczeństwa ruchu,
- kształtowanie przekroju poprzecznego dróg i ulic z uwzględnieniem ich nowych funkcji, w tym lepszego przystosowania do potrzeb ruchu pieszych oraz rowerzystów, przy zachowaniu wymagań sprawności i bezpieczeństwa ruchu – wprowadzanie nowych rozwiązań, np. przekroje 2+1, przekroje z pasami wielofunkcyjnymi itp.,
- zasady planowania i projektowania obwodnic drogowych oraz przebudowy dróg na odcinkach przejść drogowych przez miejscowości,
- uwarunkowania dostępności do dróg i wynikające z nich zasady projektowania, przy równoczesnym uwzględnieniu kryteriów bezpieczeństwa, sprawności ruchu oraz minimalizacji oddziaływań środowiskowych dróg i ruchu,
- zagrożenia bezpieczeństwa niechronionych uczestników ruchu, urządzenia dla niechronionych uczestników ruchu w ciągach dróg o dużych prędkościach,
- kształtowanie dróg z uwagi na kryterium jednorodności warunków ruchu na długich odcinkach ciągu drogi,
- sprawność i koszty funkcjonowania infrastruktury drogowej w warunkach krótkoterminowej i sezonowej zmienności ruchu,
- trendy zmian parku samochodowego i ich wpływ na projektowanie dróg oraz skrzyżowań, a także konstrukcji nawierzchni, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości wprowadzania długich pojazdów,
- badania skuteczności nowych rozwiązań promowanych w praktyce zagranicznej i wdrażanych jako eksperymentalne w praktyce krajowej,
- wpływ stosowania środków inteligentnych systemów transportowych (ITS) na projektowanie dróg i zarządzanie ruchem, praktyczne rekomendacje do praktyki projektowej,
- nowe metody zarządzania siecią drogową przy uwzględnieniu wszystkich składników kosztów „cyklu życia” infrastruktury.

Odrębną grupę stanowią badania z zakresu materiałów i konstrukcji nawierzchni drogowych, które muszą odpowiadać na pytania o sposoby budowy trwałych na-

wierzchni, przy uwzględnieniu kryterium kosztów oraz wymagań środowiskowych. Dużym wyzwaniem w tym przypadku jest dostosowanie konstrukcji dróg i obiektów inżynierskich do obserwowanych oraz prognozowanych zmian klimatycznych.

Konieczność silniejszego wsparcia rozbudowy i przekształceń infrastruktury drogowej została dostrzeżona przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, które w 2015 r. ogłosiły konkurs na prace badawcze w ramach programu Rozwój Innowacji Drogowych. W pierwszym konkursie wybrano następujące problemy badawcze do opracowania:

- wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu,
- asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych,
- reaktywność alkaliczna krajowych kruszyw,
- ochrona przed hałasem drogowym,
- nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie,
- zasady prognozowania ruchu drogowego z uwzględnieniem innych środków transportu,
- nowoczesne metody obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu dla dróg poza aglomeracjami miejskimi, w tym dla dróg szybkiego ruchu,
- urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- efektywność przekroju 2+1 pasowego ze szczególnym uwzględnieniem różnych rozwiązań rozdzielających kierunki ruchu,
- wpływ reklam na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- dobór dopuszczalnych prędkości ruchu na drogach z uwzględnieniem dynamicznego zarządzania ruchem,
- wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- miejsca parkingowe na miejscach obsługi podróżnych (MOP),
- oznakowanie eksperymentalne dróg w aspekcie zachowań uczestników ruchu.

Podane zestawienie dobrze ilustruje bieżące problemy praktyczne z zakresu budowy i przebudowy dróg, których rozwiązanie poszukiwane jest poprzez badania naukowe. Równocześnie należy jednak wskazać na ograniczony zakres badań bezpieczeństwa ruchu drogowego jako ważnej determinanty zasad projektowania i utrzymania dróg. Szczególnie dotyczy to oceny wpływu poszczególnych elementów infrastruk-

tury drogowej na bezpieczeństwo ruchu oraz metod prognozowania miar tego bezpieczeństwa.

Współczesny rozwój badań bezpieczeństwa ruchu drogowego należy analizować w aspekcie następujących grup tych badań:

- z wykorzystaniem danych o zdarzeniach drogowych (analiza trendów, badania typu „przed i po”, analizy regresyjne, sieci neuronowe, modele teorii niezawodności),
- behawioralne (rejestracja miar pośrednich w rzeczywistym ruchu, testy laboratoryjne, testy w symulatorach jazdy, wywiady i badania ankietowe),
- z wykorzystaniem wybranych grup modeli (fizyczne, symulacyjne, analityczne),
- łączące badania statystyczne z behawioralnymi i analizami modelowymi.

Zwykle cele praktyczne tych badań są ukierunkowane na: identyfikację infrastrukturalnych zagrożeń o dużym potencjale poprawy bezpieczeństwa ruchu; eliminację z praktyki projektowej nieprawidłowych rozwiązań oraz wprowadzanie rozwiązań o innowacyjnym charakterze; rozwój narzędzi zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej.

Postęp techniczny powoduje potrzebę ukierunkowania badań bezpieczeństwa ruchu drogowego m.in. na:

- wpływ wyposażenia pojazdu w systemy wspomagające decyzje kierujących oraz systemy łączności między pojazdami na bezpieczeństwo ruchu,
 - skutki udziału w ruchu pojazdów autonomicznych, szczególnie przy łącznym występowaniu w ruchu tych pojazdów z pojazdami „tradycyjnymi”,
 - nowe środki z zakresu ITS i ich wpływ na bezpieczeństwo ruchu,
 - wykorzystanie w analizach bezpieczeństwa ruchu drogowego nowych sposobów gromadzenia danych masowych i zarządzanie tym bezpieczeństwem w czasie rzeczywistym.
- Generalnie badania naukowe oraz analizy istniejących rozwiązań są podstawą do formułowania kierunków i zakresu zmian przepisów projektowania infrastruktury drogowej. W wyniku studiów różnych prac badawczych, można sformułować następujące, ogólne kierunki uzupełnień i niezbędnych zmian przepisów techniczno-budowlanych:
- wprowadzenie wymaganych standardów bezpieczeństwa ruchu poprzez wyznaczenie dopuszczalnych klas ryzyka wraz ze stworzeniem narzędzi oceny tego ryzyka,
 - wprowadzenie metod oceny wpływu na bezpieczeństwo odstępstw od warunków technicznych i stosowania substandardowych rozwiązań,

- wprowadzenie formalnych wymagań w zakresie kształtowania bezpiecznego otoczenia drogi i form zagospodarowania tego otoczenia,
- stworzenie formalnych podstaw do budowy dróg określanych jako „samobjaśniające”, tj. o wyraźnie rozdzielonych funkcjach i standardzie technicznym zgodnym z przyjętą funkcją, która powinna być jednoznacznie identyfikowana przez użytkowników,
- zintegrowanie projektowania geometrycznego z projektowaniem środków bezpieczeństwa ruchu i wprowadzaniem środków zarządzania prędkością,
- standaryzacja przekrojów poprzecznych dróg z eliminacją przekrojów niebezpiecznych,
- dostosowanie wartości granicznych parametrów dróg, skrzyżowań i węzłów a także wymagań widoczności do współczesnych modeli ruchu z uwzględnieniem zmian cech dróg, cech pojazdów oraz zachowań uczestników ruchu,
- projektowanie wyposażenia drogi i jej otoczenia zapewniające uzyskanie rozwiązań bezpiecznych, w tym „wybacających” błędy kierowców,
- wprowadzenie odrębnych grup technicznych ograniczeń dla parametrów dróg, skrzyżowań i węzłów w zależności od ich lokalizacji i rzeczywiście pełnionych funkcji,
- określenie szczegółowych wymagań w zakresie środków uspokojenia ruchu dla różnych przypadków ich zastosowań,
- uściślenie i rozszerzenie zasad wymiarowania urządzeń dla ruchu pieszego i rowerowego,
- uwzględnienie w projektowaniu geometrycznym i organizacji ruchu wyposażenia w środki inteligentnych systemów transportowych wpływających na podniesienie bezpieczeństwa ruchu.

Podane powyżej zestawienie sugestii zmian przepisów projektowania należy oceniać w kontekście czasu powstania obowiązujących aktualnie *Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie*. Zostały one po raz pierwszy opublikowane w marcu 1999 r. i w niewielkim stopniu zaktualizowane w 2015 r., lecz z pominięciem większości powyższych zaleceń. Stąd konieczność bardziej gruntownej weryfikacji wspomnianych *Warunków technicznych*...

Poza przepisami projektowymi istotną rolę odgrywają także różne narzędzia wspomagania projektowania, w tym narzędzia wprowadzone dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury

drogowej [1]. Dyrektywa ta została zaimplementowana do prawa krajowego poprzez nowelizację ustawy o drogach publicznych. W zarządzaniu bezpieczeństwem infrastruktury drogowej zostały wprowadzone:

- a) w odniesieniu do planów i projektów infrastruktury drogowej:
 - oceny wpływu planowanych dróg na brd mające charakter oceny efektywności danej inwestycji pod względem brd,
 - audyty brd obejmujące ocenę drogi pod względem brd w stadiach planowania i projektowania oraz w chwili oddania obiektu drogowego do ruchu i po rocznym okresie jego użytkowania,
- b) w odniesieniu do istniejącej infrastruktury drogowej:
 - kontrole stanu brd zwane także inspekcjami wykonywane w trakcie eksploatacji drogi, a obejmujące przeglądy dróg w celu identyfikacji usterek rozwiązań drogowych i braków w wyposażeniu dróg wpływających niekorzystnie na stan brd,
 - analizy zdarzeń drogowych w celu klasyfikacji odcinków niebezpiecznych i identyfikacji tzw. „czarnych punktów” tj. miejsc o szczególnie wysokim zagrożeniu wypadkowym,
 - wdrażanie działań naprawczych w sieci dróg na podstawie wykonanych diagnoz.

Odrębną grupę badań i wdrożeń stanowi rozwój innowacyjnych rozwiązań technologicznych wraz z aplikacjami informatycznymi, służących usprawnieniu przepływu potoków ruchu i poprawie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Ich wykorzystanie coraz częściej uwzględnia się w projektowaniu infrastruktury drogowej, szczególnie na obszarach występowania dużego zatłoczenia ruchem oraz na odcinkach dróg ruchu szybkiego w strefach zurbanizowanych. Obecnie największy potencjał wykorzystania ITS w obszarze transportu drogowego związany jest z poborem opłat za korzystanie z infrastruktury drogowej, monitoringiem ruchu, systemami wspierania zarządzania i bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz z powszechną informacją dla podróżujących.

Powyższe, wybrane zestawienie zagadnień badawczych i kierunków zmian przepisów projektowania należy jeszcze uzupełnić ogólnym zestawieniem najważniejszych zadań w rozwoju infrastruktury drogowej w XXI wieku. Trendy tego rozwoju są przedmiotem analiz w wielu projektach badawczych UE, a także w ramach działalności CEDR (Conference of European Directors of Roads) i FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories). Na podstawie tych analiz w [9]

zestawiono najważniejsze kierunki rozwoju infrastruktury drogowej, które można ująć następująco:

- „bezpieczne i niezawodne drogi”. Głównym celem jest poprawa bezpieczeństwa i sprawności dróg m.in. poprzez lepsze planowanie nowej infrastruktury i usprawnienie systemu zarządzania infrastrukturą istniejącą. W zarządzaniu bardzo dużą rolę powinny odgrywać bazy danych o stanie dróg i ruchu gromadzone z różnych źródeł, co spowoduje rozwój i indywidualizację systemów informacyjnych. Utrzymanie dróg i zarządzanie ruchem powinno m.in. uwzględniać zachodzące zmiany klimatyczne. Konieczne będzie dostosowanie dróg do zmieniającego się zapotrzebowania na przewozy towarowe;
- „inteligentne drogi”. Głównym celem jest poprawa przepływu informacji, zmniejszenie zakłóceń płynności ruchu i poprawa komfortu podróżowania. Uzyska się to poprzez lepsze zbieranie i przetwarzanie szerokiego zbioru danych wpływających na utrzymanie dróg i zarządzanie ruchem. Zakłada się przy tym wykorzystanie już istniejących rozwiązań ITS. W tej grupie działań znajduje się również zastosowanie innowacyjnych i „inteligentnych” materiałów i technologii w budowie oraz utrzymaniu infrastruktury drogowej;
- „energooszczędne drogi”. Celem jest zmniejszenie i optymalizacja zużycia energii w budowie i utrzymaniu infrastruktury drogowej, a także wprowadzenie rozwiązań odzyskiwania energii i jej pozyskiwania ze źródeł odnawialnych przez instalacje zintegrowane z infrastrukturą drogową. W budowie dróg powszechnie powinny być wykorzystywane materiały i technologie o zmniejszonym zapotrzebowaniu na energię;
- „drogi o niskiej emisji zanieczyszczeń”. Celem jest redukcja emisji zanieczyszczeń związanych z ruchem pojazdów i uciążliwości przyrodniczych przy równoczesnym uwzględnieniu coraz większych ograniczeń dopuszczalnych poziomów emisji zanieczyszczeń. Jednym z głównych problemów jest ograniczenie emisji hałasu np. poprzez innowacyjne rozwiązania nawierzchni drogowych, a w przypadku ograniczenia emisji hałasu np. stosowanie materiałów o zdolnościach fotokatalizy;
- „drogi współtworzące środowisko życia”. Celem jest optymalizacja rozwiązań infrastruktury zapewniającej powiązania gospodarcze i społeczne przy równoczesnym uwzględnieniu aspektów przyrodniczych, estetycz-

nych, krajobrazowych, kulturowych itp. Oznacza to odejście od dominującej roli transportowej drogi na rzecz innych funkcji, szczególnie na terenach zurbanizowanych (poprawa komfortu przebywania w przestrzeni drogi/ulicy);

- „drogi elementem zrównoważonego rozwoju”. Celem jest rozwój infrastruktury zgodnie z wymaganiami ochrony naturalnego środowiska, racjonalizacją kosztów budowy i eksploatacji oraz wysokiej jakości funkcjonowania. Wzmocniona będzie rola analizy kosztów w „cyklu życia” oraz aspekty zdrowotne użytych do budowy materiałów. To zadanie pozostaje w związku z zadaniami „energooszczędna droga” oraz „droga o niskiej emisji zanieczyszczeń”;
- „drogi nośnikiem innowacji”. Rozwiązania infrastruktury drogowej powinny nadszeregować za niezwykle innowacyjnymi zmianami wprowadzanymi przez przemysł samochodowy (integracja innowacyjnych rozwiązań pojazdów z rozwiązaniami drogowymi). Rozwój i przekształcenia infrastruktury drogowej stwarzają szanse do wdrożeń innowacyjnych materiałów i technologii budowy, a także do wdrożeń innowacyjnych systemów zarządzania.

Wnioski

Rosnąca rola transportu drogowego w przewozach towarowych i pasażerskich w Polsce powoduje ciągłą presję na rozwój infrastruktury drogowej, warunkującej sprawne funkcjonowanie gospodarki. Istniejąca infrastruktura drogowa, pomimo dużego postępu jej rozwoju od czasu wejścia Polski do UE, charakteryzuje się jednak wieloma niedostatkami, które są stopniowo eliminowane.

Na podstawie ogólnej oceny stanu sieci dróg w Polsce jako najważniejsze działania z zakresu utrzymania, przebudowy i rozbudowy sieci drogowej można wskazać: uzupełnienie sieci autostrad i dróg ekspresowych w celu uzyskania spójnej sieci dróg ruchu szybkiego; eliminację tzw. „wąskich gardeł” ograniczających efektywne wykorzystywanie przepustowości istniejącej sieci dróg; zwiększenie długości sieci dróg dostosowanych do nacisku 115 kN/0ś; poprawę stanu technicznego dróg, przebudowę odcinków dróg i miejsc koncentracji wypadków; budowę obwodnic wyprzedzających ruch tranzytowy z obszarów miast.

W przebudowie i rozwoju sieci drogowej bardzo ważnymi kryteriami planowania i projektowania są: bezpieczeństwo i sprawność ruchu; ograniczenie emisji zanieczyszczeń, w tym emisji gazów cie-

plarnianych oraz emisji hałasu; ograniczenie zanieczyszczenia wód. Spełnienie tych kryteriów w praktyce, wraz z innymi kryteriami funkcjonalnymi i ekonomicznymi, wymaga ciągłego doskonalenia przepisów projektowania.

Przepisy projektowania powinny być sformułowane głównie na podstawie doświadczeń z eksploatacji istniejących dróg oraz wyników prac naukowo-badawczych. Dlatego niezwykle ważne jest określenie najważniejszych potrzeb badawczych wynikających nie tylko z oceny stanu istniejącej infrastruktury drogowej, ale także potrzeb odpowiadających prognozowanym trendom rozwoju konstrukcji pojazdów, infrastruktury transportowej oraz sposobem jej wykorzystywania. Szczególne znaczenie ma w tym przypadku bezpieczeństwo ruchu drogowego i ukierunkowanie badań na poszukiwanie odpowiedzi na pytania o: wpływ wyposażenia pojazdu w systemy wspomagające decyzje kierujących oraz systemy łączności między pojazdami na bezpieczeństwo ruchu; skutki udziału w ruchu pojazdów autonomicznych, szczególnie przy łącznym występowaniu w ruchu tych pojazdów z pojazdami „tradycyjnymi”; wpływ nowych środków z zakresu ITS wpływ na bezpieczeństwo ruchu; możliwości i zakres wykorzystywania nowych sposobów gromadzenia danych masowych w analizach oraz zarządzaniu bezpieczeństwem ruchu w czasie rzeczywistym.

Ważną grupę badań naukowych stanowią badania służące rozwojowi narzędzi zarządzania infrastrukturą drogową, w tym zarządzania jej bezpieczeństwem. Szczególną rolę w tym przypadku należy przypisać rozwojowi Inteligentnych Systemów Transportowych. Ich największy potencjał wykorzystania w obszarze transportu drogowego związany jest z poborem opłat za korzystanie z infrastruktury drogowej, monitoringiem ruchu, systemami wspierania zarządzania i bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz z powszechną informacją dla podróżujących.

W opisie badań naukowych często pomija się ich rolę wpływu na kreowanie nowych rozwiązań i dlatego konieczne jest podkreślenie takiego ich ukierunkowania, aby koncentrowały się one na zagadnieniach związanych z osiągnięciem strategicznych celów budowy i eksploatacji dróg w przyszłości. Drogi te powinny się charakteryzować: bezpieczeństwem i niezawodnością; stosowaniem inteligentnych technicznych rozwiązań; energooszczędnością budowy i eksploatacji; niską emisją zanieczyszczeń; znaczącą rolą w pozytywnym współtworzeniu środowiska życia; dostosowaniem do zasad zrównoważonego rozwoju; kreowaniem innowacyjnych rozwiązań. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z 19 listopada 2008 roku w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej 2008/96/WE. (Dz.U. UE L.319/59)
- [2] EU Transport in Figures - Statistical pocketbook 2016. http://ec.europa.eu/transport/factsfundings/statistics/index_en.htm, 10.04.2017 r.
- [3] Gaca S., Jamroz K., Kieć M. i inni: Kształtowanie infrastruktury drogowej spełniającej standardy bezpieczeństwa ruchu. Projekt badawczy POIG.01.01.02-10-106/09-01 „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju”, Politechnika Łódzka/Politechnika Krakowska, 2010 – 2012 (manuskrypt).
- [4] Gaca S.: Badania naukowe i ich rola w przekształcaniu sieci drogowej. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej „Budownictwo i inżynieria środowiska”, Zeszyt nr 59 (3/2012/1) s. 69 – 79
- [5] Jażdżik-Osmólska A.: Wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2015, z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych wypadków na transeuropejskiej sieci transportowej. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2016.
- [6] Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013 – 2020. Dokument przyjęty przez KRBRD uchwałą nr 5/2013 z dnia 20.06.2013 r. www.krbrd.gov.pl/files/file/NP-BRD-2020_przyjety_przez_KRBRD.pdf, 10.01.2017 r.
- [7] Program budowy dróg krajowych na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.) Załącznik do uchwały nr 156/2015 Rady Ministrów z dnia 8 września 2015 r.
- [8] Raport o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2015 roku. www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/r/raporty_18751//Raport%20stan%20na%20koniec%202015%20v11.pdf, 10.04.2017 r.
- [9] Straße im 21. Jahrhundert – innovativer Straßenbau in Deutschland. Bundesministerium für Verkehr, Bau, und Stadtentwicklung, Bonn, 2012.
- [10] Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej http://mib.gov.pl/media/3511/Strategia_Rozwoju_Transportu_do_2020_roku.pdf, 10.01.2017 r.
- [11] Transport drogowy w Polsce w latach 2012 i 2013. Główny Urząd Statystyczny. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa, 2015.