

AGNIESZKA ŁUKASIEWICZ¹⁾MARCIN ŚWITAŁA²⁾

DIFFERENCES BETWEEN THE TRAFFIC MODEL AND THE ACTUAL ROAD TRAFFIC AND ITS STRUCTURE

RÓŻNICE POMIĘDZY MODELEM RUCHU A RZECZYWISTYM NATĘŻENIEM I STRUKTURĄ RUCHU DROGOWEGO

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono dwa modele natężenia ruchu opracowane dla inwestycji drogowych zrealizowanych w Lublinie i Poznaniu. Dokonano porównania danych wynikających z obu modeli z danymi pomiarowymi pozyskanymi w terenie. W pierwszej części artykułu zaprezentowano obecnie wykorzystywany model obliczania efektywności ekonomicznej inwestycji drogowych, wraz ze wskazaniem powiązań pomiędzy prognozami ruchu drogowego a wykonywaną pracą przewozową i opłacalnością inwestycji drogowych. W drugiej części podane zostały wyniki międzynarodowych badań dotyczących inwestycji drogowych w celu wykazania odchyłeń notowanych prawie we wszystkich krajach wysoko rozwiniętych, pomiędzy modelami ruchu a rzeczywistym natężeniem ruchu. W kolejnej części pracy omówiono różnice odnotowane między modelami ruchu w przypadku badanych inwestycji drogowych a rzeczywistym natężeniem i strukturą ruchu. We wnioskach przedstawiono konkluzje autorów na temat przyczyn odchyłeń pomiędzy modelami ruchu i wynikającymi z nich prognozami ruchu a rzeczywistą pracą przewozową realizowaną na badanych odcinkach dróg.

SŁOWA KLUCZOWE: inwestycje drogowe, modele ruchu drogowego, natężenie ruchu, praca przewozowa, prognozy ruchu, struktura ruchu drogowego.

ABSTRACT. The paper presents two models of traffic forecasting developed for two completed road construction projects in two cities of Poland: Lublin and Poznań. The predictions from both models were compared with the field data. In the first part the article presents the currently used model for computational determination of road projects' viability, including indication of relationships between road traffic forecasts on the one hand and actual road operations and viability of road projects on the other. The second part presents results of various international studies on road projects in order to show the differences between the predicted and the actual traffic volumes, which is typical for most developed countries. Then, the article discusses the differences observed between the model outputs and the actual traffic and its structure in the analysed road projects. Finally, the authors put forward their conclusions regarding the inconsistencies between the traffic models (as well as the resulting traffic forecasts) and the actual transport performance.

KEYWORDS: road projects, road traffic models, traffic forecast, traffic structure, traffic volume, transport performance.

¹⁾ Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa; alukas@ibdim.edu.pl (✉)

²⁾ Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa; mswitala@ibdim.edu.pl

1. WSTĘP

Kalkulacja opłacalności oraz oszacowanie wpływu na środowisko inwestycji związanych z rozwojem sieci drogowej wymagają prognozy natężenia ruchu oraz struktury ruchu drogowego w perspektywie co najmniej 25-letniej. Błędy popełnione na etapie modelowania ruchu przekładają się na późniejsze wyliczenia wskaźników ekonomicznych oraz wskaźników oddziaływania na środowisko i mogą prowadzić do błędnych decyzji w zakresie finansowania realizacji inwestycji. Zatem modelowanie ruchu można uznać za jeden z podstawowych etapów w procesie przygotowania inwestycji. Model ruchu oraz uzyskane w oparciu o niego prognozy ruchu, jego natężenia oraz struktury stanowią bazę wielu analiz i wyliczeń, wśród których należy wymienić:

- analizy oddziaływania na środowisko (zależne od przewidywanego ruchu i jego struktury natężenia emisji spalin i hałasu),
- analizy warunków ruchu,
- analizy transportochłonności i zapotrzebowania na infrastrukturę transportową,
- analizy wpływu zmian zagospodarowania przestrzennego na system transportowy,
- analizy wpływu zmian demograficznych i ekonomicznych,
- analizy polityki transportowej,
- analizy efektywności projektów rozwoju infrastruktury [1].

Prognozy ruchu odgrywają ważną rolę w procesach podejmowania decyzji o realizacji, przebiegu i konstrukcji nowej infrastruktury transportowej. Są one uwzględniane m.in. w analizie kosztów i korzyści oraz ocenie oddziaływania inwestycji na środowisko, które z kolei stanowią obowiązkowy element ewaluacji dużych projektów infrastruktury transportowej [2].

2. WYKORZYSTANIE MODELI RUCHU DROGOWEGO W ANALIZIE KOSZTÓW I KORZYŚCI

Analiza kosztów i korzyści jest metodą stosowaną w ocenie projektów i rozwiązań z zakresu infrastruktury transportowej. Pozwala ona na analizę dostosowania inwestycji do potrzeb oraz generowanych przez inwestycję korzyści społeczno-ekonomicznych. Dzięki temu możliwa jest ocena zasadności ekonomicznej inwestycji przy zakładanych kosztach finansowych, ale także środowiskowych (m.in. emisje spalin) i społecznych (m.in. hałas) [3].

1. INTRODUCTION

The road traffic and its structure predictions prepared for at least 25-year time span are an indispensable element of viability analyses and environmental impact assessments carried out in relation to road network development projects. Any errors made at the traffic modelling stage have a bearing on the subsequent determinations of feasibility and environmental impact indices and thus can bring about wrong decisions regarding the project finances. Therefore, modelling of traffic should be considered as one of the key points in the pre-construction phase of a road construction project. The traffic model and the resulting trip, traffic and vehicles' structure forecasts are subject of many analyses and computational determinations including:

- environmental impact analyses (considering the exhaust and noise emissions levels, which depend on the predicted traffic and its structure),
- analyses of traffic conditions,
- analyses of the effect of land use changes on the transport system,
- analyses concerning costs of transport and demands for the transport infrastructure,
- analyses of the effect of demographic and economic changes,
- analyses of transport policies,
- analyses of the efficiency of transport infrastructure development projects [1].

The traffic forecasts play a major role in the process of making decisions on the construction, routing and design of new transport infrastructure. They are considered, e.g., in cost-benefit analyses and in the environmental impact assessments being an obligatory element of evaluation of large-scale transport infrastructure projects [2].

2. APPLICATION OF ROAD TRAFFIC MODELS IN COST-BENEFIT ANALYSES

The cost and benefit analysis (CBA) is a method used to evaluate the contemplated road projects and the available design options. With this method it is possible to check how well the needs are addressed by the project and to evaluate its socio-economic benefits. This, in turn, enables determination of the project's feasibility taking account of the assumed financial and also environmental (e.g. exhaust emissions) and social (e.g. noise) costs [3].

Kluczowym elementem metody analizy kosztów i korzyści jest oszacowanie pracy przewozowej, na podstawie prognozy ruchu dla ocenianej perspektywy inwestycyjnej (standardowo 25 lat [4]). Prognozy te stanowią podstawę do obliczeń wielu pozycji przychodów i kosztów inwestycji, z których najważniejsze w przypadku przedsięwzięć infrastruktury transportowej są koszty budowy oraz zapotrzebowanie na podróże. Koszty budowy stanowią zwykle największą pozycję po stronie kosztów finansowych realizacji inwestycji, podczas gdy popyt na podróże służy do oszacowania całkowitych oszczędności czasu podróży – najbardziej dostrzegalnego bezpośredniego efektu inwestycji w ramach konwencjonalnej oceny przedsięwzięcia [5], [6].

Wyżej opisane elementy występują zarówno w stosowanych w [3], jak i postulowanych w [7] metodykach oceny wielokryterialnej i obligatoryjnie w studiach wykonalności opracowanych w przypadku budowania nowych dróg. Sporządzenie studium wykonalności dla dróg krajowych i autostrad nie wynika z przepisów prawa krajowego (można znaleźć jednostkowe przypadki, gdzie zrealizowano krajowe inwestycje drogowe bez tego dokumentu), jednak ze względu na fakt, że większość dużych projektów drogowych jest dofinansowana ze środków Funduszu Spójności UE, stanowi ono podstawę do otrzymania dotacji na ich realizację. W stosowanej metodyce przygotowania studium wykonalności inwestycji drogowej, która od roku 2008 nie uległa istotnym zmianom, w aktualizacji uściślono m.in. uwarunkowania związane z prognozowaniem ruchu i zaktualizowano szacunki kosztów i korzyści), dopuszczono również stosowanie zarówno modelu odcinkowego, jak i sieciowego [3], [7], [8].

Model ruchu drogowego to matematyczny zapis odwzorowania rzeczywistego ruchu, który opisuje potrzeby transportowe i jest oparty na badaniu zachowań podróży lub badaniu natężenia ruchu pojazdów. Klasyczny czterostopniowy model ruchu obejmuje takie fazy jego budowy jak: generacja ruchu, dystrybucja ruchu, podział na środki transportu oraz rozkład ruchu na sieci [10]. Ważnymi aspektami procesu modelowania są: weryfikacja, walidacja i kalibracja modeli symulacyjnych. Jednak powszechną praktyką jest tworzenie modeli analizowanego przedsięwzięcia na podstawie przyjętych wstępnie danych, które później nie są weryfikowane empirycznie. Brak wymogów ze strony zamawiającego, co do późniejszej kalibracji opracowanego modelu za pomocą danych rzeczywistych pozyskanych w terenie, prowadzi do istotnych rozbieżności, które ujawniają się już na etapie jego przygotowania. Problem ten narasta wraz z wydłużaniem się horyzontu czasowego, dla którego przygotowana jest estymacja ruchu (okres 25 lat obejmujący czas inwestycji oraz eksploatację drogi). Jednocześnie dzięki zastosowaniu Inteligentnych Systemów

The key CBA element is the estimation of the transport performance based on the traffic forecast developed for the adopted project time-span (typically twenty five years in Poland [4]). These forecasts provide the basis for calculating several project revenue and cost items, including the cost of construction and the journey demand, most important in the case of transport infrastructure projects. The cost of construction is generally the biggest financial cost item of the project development. While the demand for transport is used to calculate the total travel time savings – the most evident direct effect of the project in a conventional feasibility study [5], [6].

Described elements can be found in the multi-criteria project assessment methods, both already used [3] and postulated in [7], and are an obligatory element of feasibility studies prepared in relation to new road construction projects. Noting that the requirement to carry out feasibility studies for the high-speed (motorway and expressway) road construction projects is not set out in Polish regulations and as a result they have been skipped in some projects. Instead, such documents are pre-requisite to obtain funding from the EU Consistency Fund, applied for in a majority of large-scale road construction projects. Either single-link or link and node network models [3], [7], [8] can be used in the currently applied feasibility study preparation methodology, which has not changed significantly from 2008 and the changes are generally limited to elaboration of the conditions pertaining to traffic forecasting and updating of the cost-benefit analysis techniques.

The road traffic model is a mathematical expression representing the actual traffic, which describes the demand for transport and is based on travel behaviour analysis or traffic count survey. The classical four-step travel model is derived in a process comprising the following steps: trip generation, trip distribution, modal split and route assignment [10]. Verification, validation and calibration of simulation models are important aspects of the process. However, it is a common practice to build models of the analysed projects on the basis of initially adopted data without their subsequent empirical verification. When the requirement to calibrate the obtained model with the actual field data is not stipulated by the contracting authority, significant deviations can occur, apparent already at the model development stage. This problem gets worse for longer traffic forecasting time-spans (typically 25 years, this including the development and operation phases). On the other hand, application of Intelligent Transport Systems creates new transport modelling opportunities. Owing to the availability of real-time data dynamic transport

Transportowych, pojawiają się nowe perspektywy w modelowaniu transportu. Uzyskane dane przekazywane w czasie rzeczywistym można wykorzystać do stworzenia dynamicznych modeli transportu, które są w stanie dostarczyć prognozy w bardzo krótkim czasie [11].

Zagadnieniem znanym wielu badaczom jest także niedoszacowanie ruchu drogowego oraz przeszacowanie ruchu kolejowego. Flyvbjerg w [12] już 10 lat temu wykazał, że prognozowanie przyszłego natężenia ruchu, zarówno pasażerskiego, jak i przewozu towarów, sprawia wiele trudności:

- 84% prognoz w przypadku kolejowego ruchu pasażerskiego różniło się od rzeczywistego natężenia ruchu o $\pm 20\%$,
- 9 na 10 przedsięwzięć kolejowych miało przeszacowane prognozy ruchu,
- błędy 50% prognoz natężenia ruchu drogowego przekraczały $\pm 20\%$,
- mało precyzyjne przewidywania ruchu wystąpiły we wszystkich badanych krajach,
- w ciągu ostatnich 30 lat w Europie nie udoskonalono jakości prognoz ruchu.

W analizowanych prognozach ruchu w obszarze przedsięwzięć kolejowych, rzeczywisty ruch pasażerski był średnio o 51,4% niższy niż planowano, zaś w przypadku przedsięwzięć drogowych ruch pojazdów był o 9,5% wyższy, niż zakładano na etapie projektowania [12], [13]. Zjawisko to miało miejsce w większości krajów wysoko rozwiniętych.

3. METODYKA

Przedmiotem badania były dwa projekty drogowe realizowane w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 (podpunkty 3.1, 4.1 oraz 4.2 POIiŚ). Zgodnie z założeniami, inwestycje w infrastrukturę transportową, w tym w sieć drogową, zarówno w zakresie działań obejmujących skrócenie czasu przejazdu pomiędzy największymi polskimi miastami w skutek modernizacji sieci drogowej w Polsce, jak i pod kątem zwiększenia dostępności transportowej ośrodków miejskich oraz odciążenia miast od nadmiernego ruchu drogowego, przyczynią się do szybszego rozwoju regionów, niwelując w ten sposób obecnie istniejące bariery wzrostu oraz tworząc warunki do dalszego ich rozwoju. Miasta, w których przeprowadzono pilotażowe badania zostały wybrane spośród listy 115 miejscowości, w przypadku których podpisano umowy o dofinansowanie w ramach działań obejmujących podpunkty 3.1, 4.1 i 4.2 POIiŚ. Podczas wyboru tych miast kierowano się następującymi kryteriami:

- prace badawcze powinny obejmować odcinki dróg położonych na terenie dwóch miast lub łączących ze sobą te miejscowości,

models can be derived, which can generate traffic forecasts in a very short time [11].

The problem of underestimated road traffic and overestimated rail traffic is known to many researchers. The difficulties involved in developing forecasts of future passenger and freight traffic volumes were noted by Flyvbjerg already ten years ago. As he noted in [12]:

- 84% of passenger rail traffic forecasts differed from the actual traffic volumes by $\pm 20\%$,
- in 9 out of 10 rail projects the traffic forecasts were overestimated,
- the inaccuracy of 50% of road traffic forecasts exceeded $\pm 20\%$,
- the inaccuracy of the rail traffic forecasts occurred in all of the analysed countries,
- in the last thirty years the quality of traffic forecasts has not improved in Europe.

For the analysed traffic forecasts the actual traffic volume was in the case of rail projects on average by ca. 51.4% lower than the prediction and in the case of road projects by 9.5% higher than the volume assumed in the design [12], [13]. The same pattern was noted in most of the developed countries.

3. METHODOLOGY

This research concerns two road projects developed as part of the Operational Programme “Infrastructure and Environment” 2014-2020 (one of the national programs implementing the objectives and financed by the European Cohesion Fund and the European Regional Development Fund). The transport infrastructure projects, including road network development projects undertaken with the aim to reduce the time of travel between the biggest cities (as a result of the Polish road network modernisation), improve the availability of the transport services in urban areas and divert excessive road traffic from towns and cities. They are assumed to contribute to the economic growth of the regions covered by them, by eliminating the existing barriers and creating conditions for their continuous growth. The pilot test locations were chosen from a group of 115 towns and cities that successfully applied for funding of the activities specified in the Operational Programme “Infrastructure and Environment”. The following selection criteria were applied:

- the research should cover links located within or between two localities,
- the localities should differ, e.g. in terms of the surface area and population,

- miasta powinny różnić się m.in. pod względem wielkości obszaru oraz liczby ludności,
- jedna z badanych inwestycji powinna być ulokowana w aglomeracji miejskiej, druga zaś poza nią.

Po przeprowadzeniu szeregu analiz odnośnie spełnienia powyższych kryteriów do dalszych badań wybrane zostały ostatecznie dwa miasta: Poznań i Lublin. W pierwszym z tych miast badana inwestycja znajdowała się w centrum, natomiast w drugim była zlokalizowana na odcinku obwodnicy miasta. Inwestycja na terenie Poznania obejmowała przebudowę fragmentu odcinka drogi krajowej nr 92 o klasie technicznej G. Łączna długość przebudowanego odcinka wynosiła 2,571 km, a był on zlokalizowany w rejonie śródmieścia.

Przedmiotem analizy i prac badawczych prowadzonych w Lublinie był dawny odcinek drogi DK19 usytuowany w granicach administracyjnych miasta oraz fragment drogi S19 położony między dwoma węzłami Lublin Węglin - Lublin Sławinek o długości 9,8 km (zachodnia obwodnica Lublina w korytarzu transportowym północ-południe, część przyszłej Via Carpatia). Z badawczego punktu widzenia wybór Lublina podyktowany był potrzebą wypracowania modelu ruchu, którego miasto dotychczas nie posiadało. Jednocześnie inwestycja zlokalizowana na drodze S19, na odcinku: między węzłami Lublin Sławinek oraz Lublin Węglin stanowi istotny element układu dróg krajowych, usytuowanych bezpośrednio na styku z miejską siecią drogową. Z punktu widzenia modelowania (prognozowania) ruchu na drogach ma to o tyle ważne znaczenie, że pozwala na jednoczesne uwzględnienie dwóch ich zakresów, tj. w obrębie aglomeracji oraz na obszarze całego kraju [13].

Przeprowadzone badania miały charakter dwuetapowy. W pierwszej kolejności w ramach oceny materiałów źródłowych analizie poddano studia wykonalności inwestycji opracowane dla wybranych wcześniej odcinków DK92 oraz S19. Następnie dokonano pomiarów rzeczywistego natężenia ruchu (dane pierwotne) i zestawiono je z wynikami modelowania ruchu uzyskanymi na wykonanych inwestycjach drogowych (dane wtórne). W ten sposób określono poziom zbieżności prognozowanego ruchu z realnym ruchem odnotowanym na drogach. Do ustalenia klasyfikacji ruchu wykorzystano monitoring z funkcją automatycznego rozpoznawania sylwetek pojazdów. Ze względu na charakter danych wynikowych uzyskanych w przypadku obu dróg na podstawie modeli ruchu, nie było możliwe zestawienie porównawcze analizowanych przypadków. W modelu zastosowanym dla Lublina dostępne dane były przyporządkowane do poszczególnych lat w rozpatrywanym okresie czasu, zaś w modelu zastosowanym w przypadku Poznania przedstawione dane zostały zregulowane do okresów 5-letnich.

- one of the studied projects should be located within an urban agglomeration and the other one beyond its limits.

Several analyses were carried out against these criteria and two cities were finally chosen: Poznań and Lublin (medium-sized Polish cities that are regional centres of business and administration). The first of the studied projects was located downtown and the latter on the route of the by-pass of Lublin. The Poznań project covered alteration of a section of the G class road No. 92. The total length of the upgraded section, located in downtown Poznań, was 2.571 km.

In Lublin the analyses and surveys concerned an old section of the national road No. DK19 located within the city limits and a 9.8 km long section of expressway No. S19 linking the 'Lublin Węglin' and 'Lublin Sławinek' interchanges (the western by-pass of Lublin on the route of the North-South transport corridor, part of the planned 'Via Carpatia' transport corridor). From the research viewpoint, the choice of Lublin was justified by the lack of traffic model for this city. Moreover, the project located on the route of S19 expressway between the interchanges 'Lublin Sławinek' and 'Lublin Węglin' is an example of an important element of the national road network located at the interface with an urban road network. This is a desirable characteristic from the modelling (traffic forecasting) point of view, as it enables investigation of two ranges at a time, one covering the agglomeration and the other covering the whole country [13].

The research followed a two stage scheme. First, the feasibility studies prepared for the chosen sections of DK92 and S19 were analysed as part of the review of source materials. Next the actual traffic was measured (primary data) and compared with the data obtained as output of the traffic model for the completed road projects (secondary data). That enabled determination of the consistency degree between the traffic forecasts and the actual traffic counts on the roads taken under analysis. Traffic categorisation was based on the output data of a traffic monitoring system including shape recognition feature. The nature of the output data obtained for both analysed roads' sections based on traffic models did not enable to compare the two cases. That is due to different time-spans which were used for grouping the data, namely one year in the case of Lublin and five years in the case of Poznań project.

For verification of the models proposed for the sections of DK92 and S19 trunk roads, video recorders were used for the primary measurements, which enabled traffic counting and categorisation over long time spans. The measurement

W celu weryfikacji modeli zaproponowanych dla odcinków DK92 i S19 wykorzystano w pomiarze pierwotnym wideo rejestratory, pozwalające na długoterminowy pomiar natężenia ruchu drogowego oraz jego struktury. Dobór okresu realizacji pomiarów był zbieżny z zaleceniami Generalnego Pomiaru Ruchu [15]. Ze względu na zmienny charakter ruchu pojazdów w ciągu tygodnia, miesiąca oraz roku wybrano przedziały czasowe pozwalające na uzyskanie porównywalnych wyników pomiaru. Badania prowadzono w dni robocze od wtorku do czwartku (z pominięciem tygodni, w których pojawiają się dni ustawowo wolne od pracy) według precyzyjnie określonych w metodologii okresach pomiaru, z pominięciem dni ustawowo wolnych od pracy oraz okresów przerwy wakacyjnej. Badania ruchu drogowego zostały zrealizowane w cyklu 24-godzinnym.

Urządzenie pomiarowe wyposażone było w zegar czasu rzeczywistego, pamięć danych typu Flash, modem do transmisji danych oraz własną baterię. Jego działanie polegało na zliczaniu i rejestrowaniu pojazdów poruszających się po dowolnym pasie drogi w obu kierunkach (urządzenie ma możliwość obserwacji do 8 pasów ruchu). Pomiar ruchu przeprowadzono z uwzględnieniem podziału pojazdów na ich sześć kategorii:

- motocykle,
- samochody osobowe,
- samochody dostawcze,
- samochody ciężarowe,
- samochody ciężarowe z przyczepami/naczepami,
- autobusy,
- ciągniki rolnicze.

W ramach realizacji badań na odcinku drogowym w Poznaniu przeprowadzono pomiar natężenia i struktury ruchu drogowego w jednym punkcie pomiarowym zlokalizowanym przy wlocie na most Lecha. Ze względu na ukształtowanie sieci drogowej jest to optymalne miejsce pomiaru, gdyż alternatywne połączenie drogowe znajduje się w odległości ponad 3 km. Natomiast na odcinku drogowym w Lublinie wybrano sześć punktów pomiarowych. Zostały one wyznaczone w miejscach uwzględnionych w Generalnym Pomiarze Ruchu 2015 oraz dodatkowo w węzłach z drogami powiatowymi, powstałymi po zrealizowaniu inwestycji.

Badanie zrealizowano na zlecenie Centrum Unijnych Projektów Transportowych w ramach projektu „Wpływ działań podejmowanych w ramach III i IV celu Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 na poprawę dostępności drogowej i obciążenie ruchem w miastach” [14].

periods were chosen in compliance with the General Traffic Measurement (GPR) recommendations of General Directorate for National Roads and Motorways (GDDKiA) [15]. Taking into account weekly, monthly and annual variations of traffic the survey time spans were chosen so as to obtain comparable results. The measurements were carried out from Tuesday to Thursday (except for weeks including public holidays) according to precisely defined time schedule, skipping public and school holidays period. The time span of a single survey was 24 hours.

The measuring device featured a real time clock, a flash-type memory, a data transfer modem and a battery supply unit. The device counted and registered the vehicles travelling on any lane in both directions of traffic (having the capability to cover up to eight travel lanes simultaneously). The following six categories were considered in the measurements:

- motorcycles,
- passenger vehicles,
- delivery vehicles,
- truck,
- heavy trucks (with trailers and tractor-trailer units),
- buses,
- agricultural tractors.

On the section in Poznań the traffic and vehicles' structure survey was carried out at one measurement site located at the Lecha bridge traffic merge. With the next road link located over 3 km away this was an optimum location for carrying out such measurements. On the Lublin section six measurement stations were deployed. Besides they were located in places covered previously by the General Traffic Measurement in 2015 and additionally at the interchanges with sub-regional roads constructed after the project completion.

The research was ordered by the EU Transport Projects Centre as part of the project named “The effect of the activities undertaken in relation to the objectives No. 3 and No. 4 of the Operational Programme Infrastructure and Environment on the availability of road transport and on easing traffic congestion in cities” [14].

4. ANALYSIS OF THE RESEARCH RESULTS

National road No. 92, urban section within the limits of Poznań – Lecha bridge

The Poznań project covered alteration of a section of national road No. 92 of G design class, split into the following three stages:

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

DK92, odcinek miejski m. Poznań – most Lecha

Celem przedsięwzięcia była przebudowa fragmentu poznańskiego odcinka drogi krajowej nr 92 o klasie technicznej G w wyniku realizacji 3 niezależnych od siebie etapów, którymi są:

- rozbudowa ul. Bałtyckiej (ciąg drogi krajowej nr 92) na odcinku od mostu Lecha do skrzyżowania z ul. Syrenią, o długości ok. 1400 m, do przekroju 2x2 (jezdnie rozdzielone pasem zieleni) oraz rozbudowa skrzyżowań z ul. Gdyńska, Syrenią i Chemiczną – jako 1. etap przedmiotowej inwestycji,
- przebudowa północnej nitki mostu Lecha (ciąg drogi krajowej nr 92) zlokalizowanego w pasie drogowym ulic Lechickiej i Bałtyckiej, polegająca na jej rozbudowie do przekroju 3-pasowego i dostosowaniu nowej konstrukcji do wyższej klasy obciążenia – jako 2. etap realizowanej inwestycji,
- budowa węzła „Nowa Naramowicka” zlokalizowanego u zbiegu ulic Naramowickiej i Lechickiej (ciąg drogi krajowej nr 92), umożliwiającego m.in. bezkolizyjny przejazd przez skrzyżowanie na ulicy Lechickiej, a także przebudowa kanalizacji deszczowej przy ul. Serbskiej i Lechickiej – jako 3. etap przedmiotowej inwestycji [15].

Rozpatrywany odcinek DK92 stanowi element sieci komunikacyjnej miasta i jako jedna z głównych arterii ulicznych rozprowadza ruch m.in. w kierunku centrum oraz na lotnisko Ławica. Odcinek ten został ponadto uwzględniony w strategii aktywnego zarządzania ruchem w mieście z wykorzystaniem Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS). Głównym inwestorem powyższego przedsięwzięcia zostało miasto Poznań.

Podstawą do wykonania analiz był model ruchu zbudowany w 2013 roku w ramach prac nad planem transportowym dla obszaru aglomeracji poznańskiej [17]. Model ten powstał w oparciu o kompleksowe badania ruchu na obszarze aglomeracji poznańskiej, w skład której wchodzi miasto Poznań wraz z powiatem poznańskim. W przywołanym opracowaniu opisano standardowy model czteroetapowy, uwzględniający następujące fazy jego tworzenia: generację podróży, rozkład przestrzenny podróży (dystrybucja ruchu), podział zadań przewozowych oraz rozkład ruchu w sieci transportowej.

W modelu sieci drogowo-ulicznej opracowanym dla obszaru aglomeracji poznańskiej zastosowano klasyfikację funkcjonalną odcinków w oparciu o klasy i przekroje odwzorowywanych dróg i ulic oraz ich znaczenie z punktu widzenia polityki transportowej. Wprowadzono podział obszaru Poznania na

- upgrading of a ca. 1,400 m long section of Bałtycka St. between the Lech bridge and the intersection with Syrenia St. (on the route of the national road No. 92) to a dual carriageway with two lanes in each direction (including a green median strip) and upgrading of its intersections with Gdyńska, Syrenia and Chemiczna streets – stage 1 of the project;
- upgrading of the northern carriageway of the Lecha bridge (carrying the national road No. 92) located within the right-of-way of Lechicka nad Bałtycka streets, including third lane widening and increase of the load rating of pavement on the upgraded section – stage 2 of the project;
- construction of the “Nowa Naramowicka” interchange located at the corner of Naramowicka and Lechicka streets (on the route of the national road No. 92) with the objectives including grade-separation of the junction on Lechicka St. – stage 3 of the project [15].

The analysed section of DK92 road is one of the major arterial streets of the city’s road network and carries traffic to destinations including downtown Poznań and the Ławica airport. This section has also been included in the local strategy of implementation of active traffic management system utilising Intelligent Transport Systems (ITS). This project is funded in a major part by the city of Poznań.

The basis of the analyses was the traffic model built in 2013 as part of the project to develop the transport plan for the area of the Poznań agglomeration [17]. It was based on the comprehensive traffic survey carried out in the Poznań agglomeration, which comprises the city itself and the municipality of Poznań. The above-mentioned study describes the conventional four-step travel model derived in a process comprising the following stages: trip generation, trip distribution, modal split and route assignment.

The road and street network model derived for the area of the agglomeration of Poznań uses a functional classification of links based on the road category, design standard of the represented roads and streets and their importance from the transport policy viewpoint. The area of Poznań was divided into three zones: central, urbanised and peripheral. The above model features multimodal transport planning, i.e. trips made using different means of transport. Owing to this comprehensive approach it was possible to consider the effect of various transport systems on the current and forecasted modal splits of transport. The trip matrices (representing the trips made from the origins to the destinations) were derived separately for the internal and external trips. In order to determine the effect of the external trips on the vehicular traffic, the purpose

3 strefy: centralną, zurbanizowaną oraz peryferyjną. Powyższy model uwzględnia wielogłęziowość przejazdów, tj. korzystanie przez podróżnych z różnych środków transportu. Tak kompleksowe podejście pozwoliło na uwzględnienie wpływu rozwoju różnych systemów transportowych na aktualny oraz prognozowany podział zadań przewozowych. Więzy ruchu (obraz przemieszczeń od źródła do celu) zbudowano osobno dla ruchu wewnętrznego i dla ruchu zewnętrznego. W celu określenia wpływu ruchu zewnętrznego na transport samochodowy zastosowano układ motywacyjny macierzy zgodny z układem występującym w modelu krajowym, którego dysponentem jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA). Do budowy modelu ruchu wykorzystano wyniki badań ankietowych, przeprowadzonych w maju 2013 r. w gospodarstwach domowych, centrach handlowych, szkołach i uczelniach, a także pomiary ilościowe ruchu zarejestrowane w przekrojach drogowych oraz liczby podróżnych na dworcach i przystankach. Przeprowadzono również wywiady telefoniczne wśród mieszkańców aglomeracji i przedsiębiorców prowadzących działalność gospodarczą [16]. Prognozowane wartości średniego ruchu pojazdów zestawiono w Tabl. 1.

Na podstawie rzeczywistych danych pomiarowych (Tabl. 2.), uzyskanych w terenie na odcinkach badawczych w pierwszej połowie 2019 r., ustalono poziom realizacji zapowiadanych prognoz ruchu pojazdów. Z przedstawionych danych wynika, że rzeczywiste natężenie ruchu przekraczało przyjęte w studium wykonalności wartości o kilkadziesiąt procent. Spadek liczby pojazdów ciężarowych można łączyć z odpływem ciężarowego ruchu tranzytowego na ekspresowo-autostradową obwodnicę Poznania (ciągi dróg S11, A2, S5).

Table 2. Level of forecast realisation 2019 (źródło: opracowanie własne)
Tablica 2. Poziom realizacji prognoz 2019 (source: own elaboration)

Description Opis	Measurements 2019 Pomiary 2019	Forecast Prognoza 2015	Forecast Prognoza 2025
	Veh. per day Poj./dobę	Percentage realization % realizacji	Percentage realization % realizacji
Total Ogółem	46,297	153	138
Motor cars Pojazdy osobowe	39,041	170	154
Delivery cars Pojazdy dostawcze	3,627	170	154
Lorries Pojazdy ciężarowe	1,104	59	53
Heavy trucks Pojazdy ciężarowe ciężkie	1,617	54	49
Buses Autobusy	494	176	159
Remaining (motorbikes, tractors) Pozostałe (motocykle, ciągniki)	414	no data*) brak danych	no data*) brak danych

group type trip matrix was applied, consistent with the one used in the national model. The traffic model was derived on the basis of the interview surveys carried out in May 2013 at homes, shopping centres and universities, as well as the traffic counts obtained at several measurement sites and passenger counts at railway stations and bus stops. In addition, telephone surveys were carried out among the inhabitants and entrepreneurs running their business in the agglomeration of Poznań [16]. The predicted average traffic is given in the Table 1.

Table 1. Average daily traffic forecast (source: Feasibility Study for the national road No. 92)
Tablica 1. Prognozy średniodobowego ruchu pojazdów (źródło: Studium Wykonalności dla DK92)

Description Opis	Forecast 2015 Prognoza 2015		Forecast 2025 Prognoza 2025	
	Veh. per day Poj./dobę	%	Veh. per day Poj./dobę	%
Total Ogółem	30,274	100.00	33,445	100.00
Motor cars Pojazdy osobowe	22,994	75.95	25,400	75.95
Delivery cars Pojazdy dostawcze	2,129	7.03	2,352	7.03
Lorries Pojazdy ciężarowe	1,881	6.21	2,078	6.21
Heavy trucks Pojazdy ciężarowe ciężkie	2,992	9.88	3,305	9.88
Buses Autobusy	280	0.92	310	0.93

The degree to which the predicted levels have been achieved was determined through comparison with the field data (Table 2) obtained in the traffic surveys carried out on the analysed sections in the first half of 2019. According to the presented data, the actual traffic volumes exceeded the forecasts used in the feasibility study by a few dozen percent. A decrease in freight traffic can be attributed to its diversion to the high-speed by-pass of Poznań (on the routes of S11, A2, S5 roads).

*) Categories not taken into consideration in the comparative material
*) Kategorie nieuwzględnione w materiale porównawczym

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że struktura ruchu ma charakter typowo miejski (Rys. 1.). Dominują pojazdy osobowe oraz dostawcze, z większym jednak niż w przedstawionej prognozie udziałem komunikacji zbiorowej (głównie autobusów). Istotne dla oceny struktury ruchu jest natężenie szczytowe, które zostało znacznie niedoszacowane w opracowanym studium wykonalności (Rys. 2.). Oznaczać to może wyczerpanie zdolności przewozowej drogi oraz regularne występowanie znacznych utrudnień w przemieszczaniu się pojazdów w godzinach szczytu.

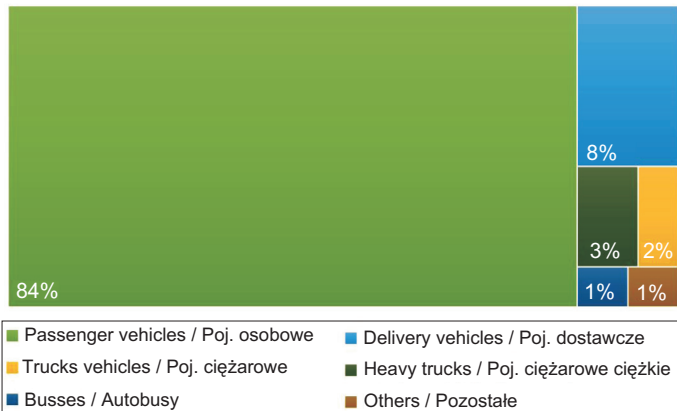


Fig. 1. Traffic structure on the national road No. 92
Rys. 1. Struktura ruchu na DK92

Lublin S19, odcinek stanowiący zachodnią obwodnicę miasta

Analizie poddano odcinek drogi ekspresowej S19 o całkowitej długości 9,763 km. Inwestycję zrealizowano po zachodniej stronie Lublina, a jej początek znajduje się w okolicach miejscowości Dąbrowica (km 1+100), w sąsiedztwie węzła „Lublin Sławinek” wykonanego w ramach innej inwestycji. Na skrzyżowaniu drogi ekspresowej z drogą wojewódzką DW830 powstał węzeł „Lublin Szerokie”, natomiast na przecięciu z nowym przebiegiem drogi wojewódzkiej DW747 zaprojektowano i zbudowano węzeł „Lublin Węglin”. Koniec drogi ekspresowej zaplanowano w odległości km 10+863,02 w sposób umożliwiający jej włączenie do istniejącej drogi krajowej nr 19. Na całym odcinku drogi ekspresowej zgodnie z prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów przewidziano przekrój dwujezdniowy z dwoma pasami ruchu (wraz z rezerwą pod trzeci pas ruchu), pasem dzielącym oraz pasem awaryjnym.

Za podstawę obliczeń natężenia ruchu przyjęto wyniki pomiarów przeprowadzone na drogach krajowych i wojewódzkich, udostępnione na podstawie bazy Generalnego Pomiaru Ruchu w 2010 roku (GPR 2010). Modelowanie rzeczywistych warunków odbyło się czterostopniowo i składało się z następujących etapów:

The research results show that the traffic structure is typically urban (Fig. 1). Passenger vehicles and delivery vehicles were in majority, the share of public transport services, mainly buses, exceeded the predicted level. Important for evaluation of the traffic structure is the peak traffic, which was much underestimated in the feasibility study (Fig. 2). That can mean that the traffic capacity of the road has been reached resulting in congestion during peak hours.

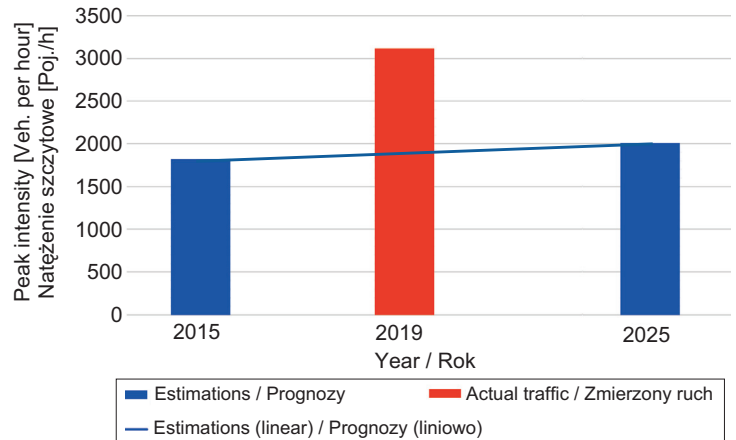


Fig. 2. Traffic peaks distribution on the national road No. 92
Rys. 2. Natężenie szczytowe ruchu na DK92

S19 section, having the function of the western by-pass of Lublin

The analysis was carried out for a 9.763 km long section of the S19 expressway. It is located in the western part of Lublin and starts near the village of Dąbrowica (km 1+100) near the Lublin Sławinek interchange, which was built as a separate project. There are two other interchanges in consideration: “Lublin Szerokie” at the intersection with the regional road No. DW 380 and “Lublin Węglin” at the intersection of the new route of the regional road No. DW747. The expressway was planned to end at km 10+863.02 where it would join the existing national road No. 19. In accordance with the forecasted traffic intensity, a dual carriageway cross-section with two lanes (together with a reserve for the third lane), a dividing lane and an emergency lane were provided throughout the entire expressway section.

The forecasted traffic was determined on the basis of the 2010' General Traffic Measurement data, covering the national and regional roads of Polish road network. Modelling of real conditions took place in four phases and consisted of the following stages:

1. Budowa potencjałów ruchotwórczych dla poszczególnych rejonów komunikacyjnych.
2. Budowa więzby ruchu (macierzy podróży międzyrejonowych).
3. Podział zadań przewozowych.
4. Rozkład ruchu w sieci drogowej.

Podstawą prognozy było stworzenie modelu komputerowego odzwierciedlającego istniejącą sieć drogową. W tym celu zbudowano model ponadregionalny, obejmujący swym zasięgiem całe województwo lubelskie, a także obszary sąsiednich województw - wschodnią część woj. mazowieckiego (Warszawa, Wyszaków, Węgrów, Łosice, Mińsk Mazowiecki, Siedlce, Otwock, Garwolin, Grójec, Białobrzegi, Piaseczno, Kozenice, Radom, Zwoleń, Lipsko), wschodnią część woj. świętokrzyskiego (Starachowice, Ostrowiec Świętokrzyski, Opatów, Sandomierz), północną część woj. podkarpackiego (Tarnobrzeg, Stalowa Wola, Nisko, Leżajsk, Lubaczów, Kolbuszowa, Rzeszów, Łańcut, Przeworsk, Jarosław), a także terytorium przygraniczne do Białorusi i Ukrainy. Analizą objęte zostało łącznie 60 powiatów. Odwzorowano łącznie 748 rejonów komunikacyjnych. Zastosowano dokładność podziału terytorialnego ustaloną do poziomu gminy, przy czym większe miasta oraz gminy podzielono dodatkowo na mniejsze jednostki terytorialne (dzielnice, osiedla, wsie, sołectwa). Odwzorowano wszystkie drogi krajowe i wojewódzkie, a także większość dróg powiatowych i ważniejsze drogi miejskie. Opisany model składał się łącznie z 4409 odcinków sieci drogowej oraz z 2819 węzłów drogowych (skrzyżowania lub połączenia dróg). W przyjętym modelu jako dane wejściowe wprowadzono wyniki pomiarów natężenia ruchu uzyskane na wszystkich odcinkach dróg w ramach Generalnego Pomiaru Ruchu z roku 2010 [18].

Ze względu na wykorzystany w studium wykonalności format danych oraz wymóg ich odniesienia do wartości wygenerowanych na podstawie przyjętego modelu, wszystkie wyniki pomiarów natężeniu ruchu i jego struktury przeliczono na tzw. pojazdokilometry i zestawiono dla porównania w Tabl. 3.

1. Constructing the mobility potentials for the respective traffic analysis zones (TAZ).
2. Deriving of the trip matrix (for trips between different zones).
3. Modal split.
4. Route assignment.

For the forecasting purposes a computer model was needed to be obtained to represent the existing road network. To this end, an interregional model was built, covering the entire Lubelskie region and the following part of the neighbouring administrative regions: western part of Mazowieckie region (cities: Warszawa, Wyszaków, Węgrów, Łosice, Mińsk Mazowiecki, Siedlce, Otwock, Garwolin, Grójec, Białobrzegi, Piaseczno, Kozenice, Radom, Zwoleń, Lipsko), eastern part of Świętokrzyskie region (cities: Starachowice, Ostrowiec Świętokrzyski, Opatów, Sandomierz), northern part of Podkarpackie region (cities: Tarnobrzeg, Stalowa Wola, Nisko, Leżajsk, Lubaczów, Kolbuszowa, Rzeszów, Łańcut, Przeworsk, Jarosław) and also Belarus and Ukraine border zones. Thus the analysis covered the total number of sixty municipalities. The number of the traffic analysis zones totalled 748. Generally the smallest territorial unit used in the division was "gmina" (borough equivalent), except for larger cities and gminas that were subdivided into smaller units (city districts, residential communities, villages, groups of settlements). The model covered all the national and regional roads, most sub-regional roads and also primary urban roads. The network included the total number of 4,409 links and 2,819 nodes (intersections or junctions). In the adopted model the input data included the traffic obtained for all links during the 2010' General Traffic Measurement [2018].

Due to the use of the data format in the feasibility study and the requirement to reference them to values generated on the basis of the adopted model, all results of traffic intensity and its structure measurement converted into vehicle-kilometres and the values obtained in this way are compiled in Table 3.

Table 3. Transport performance forecast level of realisation 2019 (vehicle.kilometres/year)
Tablica 3. Poziom realizacji prognoz pracy przewozowej 2019 (pojazdokilometry/rok)

Description Opis	Motor cars Osobowe	Light commercial vehicles Lekkie ciężarowe	Lorries without trailers Ciężarowe bez przyczep	Lorries with trailers Ciężarowe z przyczepam	Buses Autobusy	Total Ogółem
Forecast for 2019 / Prognoza na 2019 r.	42,590,210	4,163,891	1,758,008	4,506,327	548,603	53,567,039
Execution in 2019 / Realizacja w 2019 r.	40,794,298	7,075,087	5,007,983	8,559,761	82,965	61,543,709
Share percentage / % udziału	96%	170%	285%	190%	15%	115%

Analizując uzyskane wyniki modelowania należy stwierdzić, że w przypadku rozważanej inwestycji ogólny poziom realizowanej pracy przewozowej został przewidziany prawidłowo. Widoczne są natomiast różnice w strukturze ruchu. Z badań wynika, że ruch ciężarowy został istotnie niedoszacowany. Dotyczyło to zarówno lekkich samochodów dostawczych (odpowiadających głównie za ruch lokalny i regionalny), jak i samochodów ciężarowych oraz samochodów ciężarowych z przyczepą, biorących udział głównie w przejazdach tranzytowych. Powyższe niedoszacowanie należy uznać jako znaczące, gdyż transport ciężarowy stanowi 1/3 zaobserwowanego ruchu łącznie (Rys. 3.) i silnie oddziałuje zarówno na koszty jak i korzyści generowane przez realizowaną inwestycję. Warto także podkreślić, że w studium wykonalności przedmiotowej inwestycji od początku zakładano wyprowadzenie ruchu tranzytowego z miasta Lublina i skierowanie go istniejącym korytarzem transportowym na nową drogę. Wiedza o znaczącym wzroście w ostatnich latach ruchu ciężarowego na drogach zbudowanych na tym terenie oparta została przede wszystkim na historycznych danych pomiarowych. W przypadku dwóch przeanalizowanych w studium wykonalności węzłów drogowych usytuowanych w regionie Lublina przyrost natężenia ruchu w odniesieniu do samochodów ciężarowych z przyczepą wyniósł 45% w ciągu zaledwie pięciu lat (dane z Generalnego Pomiaru Ruchu za lata 2005 i 2010).

5. WNIOSKI

- Wyniki analizy przeprowadzonej w ramach badania obu przypadków inwestycji drogowych są charakterystyczne i potwierdzają „strukturalne niedoszacowanie” rzeczywistego ruchu drogowego pojazdów w modelach ruchu opracowanych na potrzeby studiów wykonalności (w przypadku drogi DK92 różnica wynosi ponad 40%, natomiast dla S19 - 15% w relacji do całkowitego ruchu drogowego). Choć jest to zjawisko typowe dla wszystkich krajów wysoko rozwiniętych i znane nauce od ponad 10 lat, dotąd nie opracowano skutecznych metod służących jego niwelacji. Przeprowadzone badania ex-post oraz weryfikacja poprawności prognozowania natężenia ruchu zrealizowane na potrzeby studiów wykonalności, mogą być skutecznymi narzędziami stosowanymi w celu ulepszania modeli ruchu a także modeli analizy kosztów i korzyści w odniesieniu do planowanych w przyszłości inwestycji drogowych (w tym przyjmowanych do obliczeń wskaźników).
- Przeprowadzone analizy inwestycji na DK92, zawarte w studium wykonalności, nie uwzględniły odplywu ruchu tranzytowego po włączeniu dróg S11 i S5 do ekspresowo-autostradowej obwodnicy Poznania. Obecnie nawigacje samochodowe oparte pomiarze rzeczywistych przemieszczeń ruchu pojazdów (odzworowanych w aplika-

The results of modelling allow us to conclude that for the analysed project the overall transport performance was predicted correctly. This, however, does not apply to the traffic structure. The research shows that truck traffic has been significantly underestimated. That concerned both light commercial vehicles (mainly responsible for local and regional traffic) as well as trucks and trucks with trailers, mainly involved in transit journeys. The above underestimation should be considered significant, as truck transport accounts for one third of the total traffic observed (Fig. 3) and having a strong impact on both the cost and benefits of the project. Moreover, it is worth emphasising that diversion of transit traffic from the city of Lublin to a new route through the existing transport corridor was one of the initial assumptions of the feasibility study prepared for the analysed investment. The information on a considerable increase of the freight traffic on the new roads in this area was based primarily on the past measurement data. In case of the two analysed interchanges in the area of Lublin, an increase of 45% in the traffic intensity was recorded for heavy trucks (trucks with trailers), over the period of five years only (data from the General Traffic Measurement for 2005 and 2010).

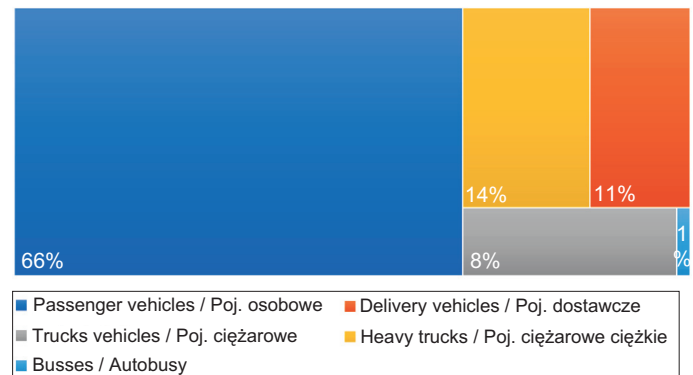


Fig. 3. Traffic structure on the express way S19
Rys. 3. Struktura ruchu na S19

5. CONCLUSIONS

- The results of the analysis covering the two road projects are distinctive and confirm the structural underestimation of the road traffic in the traffic models developed for the purposes of the feasibility studies, with the differences of actual vs. predicted intensity reaching over 40% in the case of the national road No. DK92 and 15% in the case of the S19 expressway in relation to the overall road traffic. Although typical of developed countries and known to researchers for over 10 years, there is still a question about the methods of effective such inconsis-

cjach takich jak Google Maps czy Yanosik), w przypadku ruchu tranzytowego zalecają na tym odcinku objazd miasta. Pomimo wydłużenia w wyniku stosowanego manewru drogi o 12 km, skorzystanie z zewnętrznych szlaków ekspresowych zajmuje bowiem mniej czasu (o 5-15 minut) niż przejazd śródmiejskim odcinkiem DK92. Znajduje to pełne odzwierciedlenie w obserwowanej strukturze ruchu; większy niż zakładano udział samochodów osobowych, dostawczych i autobusów (o kilkadziesiąt procent) i mniejszy niż prognozowano ruch samochodów ciężarowych i ciężarowych z przyczepą (także o kilkadziesiąt procent).

- W przypadku drogi ekspresowej jaką jest obwodnica Lublina S19, ruch ciężarowy został znacznie niedoceniony, przy czym w odniesieniu do kategorii samochodów ciężarowych został on zaniżony prawie trzykrotnie, zaś w ujęciu do najcięższych samochodów ciężarowych z przyczepą – prawie dwukrotnie. W rezultacie ma to istotny wpływ na rzeczywiste obciążenie ruchem inwestycji, wykonywaną pracę przewozową oraz negatywne oddziaływanie na środowisko.

Przyczyna tak znacznego niedoszacowania ruchu towarowego w obu zaistniałych przypadkach może być związana z zaniżonymi przy modelowaniu ruchu drogowego wartościami wskaźników natężenia ruchu pojazdów ciężarowych na terenie Polski [19], [20]. Jednak potwierdzenie tej tezy wymaga dodatkowych, pogłębionych analiz.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Dybicz T.*: Modelowanie i Symulacje Ruchu, Rys Historyczny i Aktualnie Stosowane Oprogramowanie. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej, Oddział w Krakowie; seria: Materiały Konferencyjne, **90**, 148, 2009, 57-73
- [2] *Nicolaisen M.S., Driscoll P.A.*: Ex-Post Evaluations of Demand Forecast Accuracy: A Literature Review. *Transport Review*, **34**, 4, 2014, 540-557
- [3] Niebieska księga - Infrastruktura drogowa. JASPERS, Warszawa, 2015
- [4] Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 480/2014 z dnia 3 marca 2014 r. uzupełniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, No. 480, 2015
- [5] *Banister D.*: The Sustainable Mobility Paradigm. *Transport Policy*, **15**, 2, 2008, 73-80
- [5] Świtała M., Łukasiewicz A.: The impact of road investment projects on the economic activity in the light of companies operating in surrounding environment. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, **18**, 4, 2019, 239-254, DOI: 10.7409/rabdim.019.016
- tency elimination. The ex-post studies and verification of the correctness of forecasting the traffic intensity carried out for the purposes of feasibility studies can be effective tools for improving the traffic and also CBA models in relation to any contemplated road projects (including indicators used for calculations).
- The DK92 viability analyses included in the feasibility study did not take into account the outflow of transit traffic after the inclusion of roads S11 and S5 in the express-motorway by-pass of Poznań. Currently the on-board satellite navigation systems, which measure the actual movements of vehicles – represented in applications such as Google Maps or Yanosik (Polish free application for mobile devices combining the options of radar, CB radio and navigation recommend using the different route on this section. Despite the length of transit travel has increased by 12 km this route chosen as an alternative to the city section of DK92 shortens the time of travel by 5-15 minutes. This is fully reflected by the traffic structure with a higher than predicted share of passenger vehicles, delivery vehicles and buses (by a few dozen percent) and a smaller than predicted intensity of trucks with or without trailers (also by a few dozen percent).
- In case of the high-speed Lublin bypass on the route of the S19 expressway the freight traffic was considerably underestimated, by almost three times in case of trucks without trailers and by almost twice in case of the heaviest vehicles, i.e. trucks with trailers. This has, as a consequence, a significant effect on the actual traffic loading of the investment, on the transport performance and the negative environmental impact.

The reason for such a significant underestimation of freight traffic in both cases may be related to the low values of traffic intensity indicators for heavy goods vehicles in Poland when modelling road traffic [19], [20]. However, confirmation of this thesis requires additional, in-depth analysis.

- [7] *Kruszyna M., Suchy G.*: A proposal for method to assess alternatives of proposed road investment in a planning phase, *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, **17**, 2, 2018, 159-176, DOI: 10.7409/rabdim.018.010
- [8] Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych. IBDiM, Warszawa, 2008
- [9] Niebieska księga - Infrastruktura drogowa. JASPERS, Warszawa, 2008
- [10] *McNally M.*: The Four Step Model. UCI-ITS-AS-WP-07-2. University of California, Irvine, 2007

- [11] *Leduc G.*: Road Traffic Data: Collection Methods and Applications. Working Papers on Energy, Transport and Climate Change, No. 1, Joint Research Centre, Seville, 2008
- [12] *Flyvbjerg B.*: Survival of the unfit test: why the worst infrastructure gets built - and what we can do about it, *Oxford Review of Economic Policy*, **25**, 3, 2009, 344-367
- [13] The European Conference of Ministers of Transport, Infrastructure-Induced Mobility. ECTM Round Tables, No. 105, Paris, 1998
- [14] *Kindrat M., Malasek J., Świtła M., Zawieska J., Łukasiewicz A., Kornalewski L., Polichnowski T.*: Wpływ działań podejmowanych w ramach III i IV osi Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 na poprawę dostępności drogowej i obciążenia ruchem w miastach. Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Warszawa, 2019
- [15] Metoda przeprowadzenia Generalnego Pomiaru Ruchu w roku 2015 (załącznik B Wytycznych GPR 2015). Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, 2014
- [16] Studium Wykonalności DK92. Urząd Miasta Poznania, Poznań, 2016
- [17] Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego dla Miasta Poznania na lata 2014-2025, Załącznik do uchwały Rady Miasta Poznania nr LXIV/1010/VI/2014 z dnia 18 marca 2014 r. Biuro Inżynierii Transportu Pracownie Projektowe sp.j., Millward Brown S.A., Poznań, 2014
- [18] Rezultaty studium wykonalności wraz z analizą kosztów i korzyści: budowa drogi ekspresowej S19 Lublin - Rzeszów, odc. w. Lublin Sławinek - w. Lublin Węglin. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Kraków, 2015
- [19] *Bickel P., Friedrich R., Burgess A.*: HEATCO - Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment. Deliverable 5. Proposal for Harmonised Guidelines, IER University Stuttgart, Stuttgart, 2006
- [20] *Korzheneych A., Dehnen N., Bröcker J., Holtkamp M., Meier H., Gibson G., Varma A., Cox V.*: Update of the Handbook on External Costs of Transport, Final Report. European Commission DG Move, London, 2014