

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgr inż. Dawida Nijaka**

**pt.: „ŚRODOWISKOWA OCENA ROZWIĄZAŃ TRANSPORTOWYCH  
Z WYKORZYSTANIEM SYMULACJI RUCHU DROGOWEGO”**

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo nr DR-63/529/01/2021 z dnia 01.02.2021 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria lądowa i transport Politechniki Poznańskiej prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy.

### **1. Syntetyczna charakterystyka recenzowanej rozprawy**

Przedmiotowa rozprawa doktorska dotyczy problematyki oceny wpływu modyfikacji infrastruktury drogowej na poziom emisji zanieczyszczeń przez pojazdy uczestniczące w ruchu drogowym. Analizy ruchu drogowego dla rozwiązań infrastrukturalnych obecnie istniejących i planowanych w przyszłości przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania do modelowania ruchu drogowego. Całokształt pracy ma spójną, przemyślaną strukturę i składa się z:

- 6 zasadniczych i ponumerowanych rozdziałów, w większości rozbudowanych o kilka podrozdziałów uzupełnionych załącznikami zawierającym kartogramy rozkładu natężenia ruchu,
- 66 rysunków i 31 tabel zawartych w tekście,
- spisu bibliograficznego zawierającego 75 pozycji literaturowych i opracowań, w tym: 21 pozycji literaturowych (28,0%) zagraniczne, 29 pozycji literaturowych (39,0%) polskich, 25 opracowań innych. Bibliografia zawiera również 4 prace współautorskie doktoranta anglojęzyczne.

Całość pracy, zawarta jest na 144 ponumerowanych stronach.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr. hab. inż. Mirosław Kozak. Promotorem pomocniczym jest dr. hab. inż. Łukasz Rymaniak.

### **2. Ocena doboru tematu rozprawy**

Rozwój gospodarczy Unii Europejskiej (UE) determinuje wzrost przewozów towarowych i pasażerskich. W tym aspekcie systematycznie rosnące przepływy pasażerów i ładunków implikują wzrost znaczenia transportu. Prognozy OECD dla sektora światowego transportu

towarowego zakładają średnioroczną dynamikę wzrostu popytu na przewozy 3,1% w latach 2015-2050. W warunkach krajowych zakłada się około 2,0% średnioroczną dynamikę wzrostu pracy przewozowej w zakresie przewozów osobowych i nieco większą w zakresie przewozów towarowych.

Transport i jego rozwój niesie za sobą szeroko pojęte negatywne konsekwencje związane m. in. z emisją dużej ilości wydalanych do atmosfery zanieczyszczeń. Środki transportu należą do najważniejszych źródeł zanieczyszczenia powietrza w krajach rozwiniętych, w tym w UE. Z kolei wśród wszystkich gałęzi transportu, największe obciążenie dla środowiska stanowi transport drogowy.

Obniżenie emisji zanieczyszczeń przez transport drogowy możliwe jest zarówno poprzez działania w obszarze rozwiązań konstrukcyjnych pojazdu jak również warunków ruchu w jakich się te pojazdy poruszają, determinowanych drogowymi rozwiązaniami infrastrukturalnymi oraz zasadami sterowania ruchem drogowym.

Autor w rozprawie zajął się problemem wykorzystania symulacji ruchu drogowego do analiz związanych z modernizacją infrastruktury drogowej i jej wpływu na poziom emisji zanieczyszczeń przez pojazdy uczestniczące w ruchu drogowym.

W tym kontekście zagadnienia poruszone w rozprawie wpisują się w aktualne problemy badawcze, a opracowane wnioski i rekomendacje mogą posłużyć do dalszych badań i zastosowań w obszarze rozwoju infrastruktury i modelowania ruchu drogowego.

Zagadnienia zawarte w rozprawie mają charakter zarówno teoretyczno-badawczy jak i praktyczny z możliwością ich wykorzystania do celów wdrożeniowych. Zatem realizacja rozprawy doktorskiej stanowi przykład dobrze rozumianych badań stosowanych.

Reasumując stwierdzam, że temat recenzowanej rozprawy doktorskiej jest aktualny i odpowiadający na zapotrzebowanie rynku w tym obszarze. Tak, więc podjęty przez Doktoranta problem badawczy jest jak najbardziej uzasadniony, a sformułowanie tematu właściwe.

### 3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Treść rozprawy została przedstawiona w sześciu zasadniczych i ponumerowanych rozdziałach poprzedzonych spisem treści.

We wprowadzeniu – **rozdział pierwszy**, Autor rozprawy przedstawił tło i genezę poruszanych zagadnień oraz wskazał główne kierunki rozwoju przewozów towarowych. W rozdziale tym został sformułowany również cel rozprawy oraz jej zakres. Określony przez Doktoranta cel dysertacji stanowił punkt wyjścia do rozwiązania problemu oraz zdefiniowania metod i narzędzi do przeprowadzenia badań.

**W rozdziale drugim**, Autor pracy przedstawił szczegółową analizę systemów do oceny i modelowania ruchu drogowego z uwzględnieniem jego wpływu na środowisko. W tym aspekcie przedstawiono ogólne informacje o programach do modelowania ruchu drogowego oraz wyróżniono kryteria umożliwiające ocenę merytoryczną tych programów, co umożliwiło wybór programu najlepszego z punktu widzenia celów rozprawy. Ocenie poddane zostały cztery programy do modelowania podróży oraz trzy do mikrostymulacji ruchu. W wyniku przeprowadzonej oceny Autor rozprawy najwyżej ocenił pakiet firmy PTV i oprogramowanie Visum oraz Vissim.

Kolejne rozdziały stanowią oryginalne osiągnięcie Autora rozprawy. **W rozdziale trzecim** przedstawiono badania strumieni ruchu drogowego w Poznaniu i aglomeracji poznańskiej. Badania ruchu prowadzone były w trzech wyznaczonych dniach tygodnia oraz w dwóch interwałach czasowych: szczyt poranny (7.00-8.00) oraz popołudniowy (15.00-16.00). Analizy natężenia ruchu pojazdów przeprowadzono dla dziewięciu węzłów komunikacyjnych. Wyniki uzyskanych analiz posłużyły do badań w kolejnych rozdziałach dysertacji.

**Rozdział czwarty** przedstawia weryfikację i aktualizację modelu ruchu dla aglomeracji poznańskiej. Autor rozprawy w pierwszej kolejności przedstawił model ruchu opracowany na podstawie Kompleksowych Badań Ruchu 2000 a następnie jego weryfikację przy uwzględnieniu Zrównoważonego Planu Rozwoju Transportu Publicznego i prognoz demograficznych wpływających na wielkość ruchu w aglomeracji. Na podstawie wniosków wynikających z przeprowadzonych analiz, realizowanego przez Autora dysertacji projektu rozwojowego oraz przeprowadzonych badań własnych, opracowany został nowy model ruchu, który posłużył w dalszych badaniach do analiz związanych z planowaniem inwestycji infrastrukturalnych i ich wpływu na zachowanie ruchu w aglomeracji poznańskiej.

**W rozdziale piątym** Autor rozprawy przedstawił scenariusze rozwiązań ruchu drogowego (przebudowa elementów infrastruktury drogowej) i analizy związane z ich oddziaływaniem na emisję szkodliwych składników spalin przez pojazdy uczestniczące w ruchu.

**Rozdział szósty** stanowią wnioski, w których Autor przedstawił w sposób syntetyczny efekty przeprowadzonych badań w ramach realizacji pracy i wskazał kierunki dalszych prac badawczych.

Podsumowując powyższy układ recenzowanej rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że doktorant w sposób wnikliwy przeanalizował stan wiedzy w obszarze prowadzonych badań oraz dokonał syntetycznej jej oceny a następnie na bazie przeprowadzonych analiz przeprowadził badania symulacyjne i eksperymentalne w zakresie oddziaływania rozwiązań infrastrukturalnych na poziom emisji zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych.

Biorąc pod uwagę całość rozprawy oraz strukturę podziału treści na poszczególne rozdziały i podrozdziały uważam, że metodycznie jest to układ poprawny i odpowiada wymogom prac doktorskich o profilu technicznym.

#### **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

Celem rozprawy doktorskiej mgra inż. Dawida Nijaka było praktyczne wykorzystanie symulacji ruchu drogowego do oceny wpływu modyfikacji infrastruktury drogowej na poziom emisji zanieczyszczeń przez pojazdy uczestniczące w ruchu drogowym.

Cel pracy, przyjęty przez Doktoranta jest prawidłowy i odpowiada założeniom określonym na etapie formułowania tezy naukowej.

Rozpatrywany w recenzowanej rozprawie doktorskiej problem badawczy analizowany był na przykładzie wybranych rozwiązań infrastrukturalnych Miasta Poznania, zarówno tych wdrożonych jak i planowanych do wdrożenia w przyszłości. Analizy dotyczyły wpływu rozwiązań infrastrukturalnych i utrudnień w ruchu związanych z remontami i inwestycjami w obrębie węzłów drogowych na poziom emisji zanieczyszczeń z pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym. Przeprowadzone w pracy analizy obejmowały także oszacowanie korzyści

emisyjnych związanych z wprowadzeniem w Poznaniu tzw. strefy środowiskowej (*Low Emissions Zone*) w kształcie zaproponowanym przez doktoranta.

W swojej pracy Autor podejmował zagadnienia symulacyjne dotyczące ruchu pojazdów (w zakresie jego przyczyn i natężenia), infrastruktury aglomeracji poznańskiej, a także analiz w zakresie emisji zanieczyszczeń. Analizując poszczególne fragmenty dysertacji należy wyróżnić:

1. Analizę systemów do oceny i modelowania ruchu drogowego z uwzględnieniem jego wpływu na środowisko. W tej części dokonano szerokiej oceny programów makro i mikrosymulacyjnych, gdzie szczególna uwaga poświęcona została programom Vissim oraz Visum firmy PTV. Jak dowiedziono są one jednym z najlepszych do modelowania układów transportowych w warunkach polskich.
2. Badania strumieni ruchu drogowego w aglomeracji poznańskiej. W przedstawionej procedurze zawarto najważniejsze skrzyżowania i węzły komunikacyjne miasta, dla których dokonano oceny rozkładu natężenia ruchu w wybrane dni tygodnia o określonych godzinach szczytu komunikacyjnego. Uzupełnienie stanowi analiza wpływu położenia analizowanego obszaru względem gmin ościennych. Efektem wykonanych prac w tym etapie było wskazanie najbardziej obciążonych węzłów drogowych.
3. Rozszerzenie i aktualizacja modelu ruchu z wykorzystaniem podejścia cztero-stadiowego, uwzględniającego cztery etapy podróży: generację podróży, rozkład przestrzenny podróży, podział zadań przewozowych oraz rozkład ruchu w sieci transportowej. W wyniku realizacji pomiarów natężenia ruchu oraz działań ankietowych podzielono obszar miasta Poznania na rejony komunikacyjne oraz rejony węzłowe. Bazowe modele zostały zaktualizowane m.in. o dane demograficzne, motywacyjne (związane z przyczyną podróży), a także uwzględniono aktualną politykę transportową.
4. Opracowanie i interpretacja scenariuszy rozwiązań ruchu drogowego pod względem emisji szkodliwych składników spalin przez pojazdy uczestniczące w ruchu. Przygotowane analizy dotyczyły przebudowy Ronda Rataje, organizacji ruchu w ciągu ul. Garbary i Mostowej, a także węzła Antoninek. Uzupełnienie stanowiła analiza korzyści z wprowadzenia strefy środowiskowej w Poznaniu.
5. Wnioski wynikające z przeprowadzonych studiów i badań oraz sugerowane kierunki dalszych prac badawczych.

Przeprowadzone w ramach pracy badania symulacyjne wpływu organizacji ruchu drogowego na poziom emitowanych zanieczyszczeń przez uczestniczące w nim pojazdy dostarczyły bardzo istotnych informacji, w zasadzie niemożliwych do uzyskania w inny sposób. Przyjęte w pracy podejście badawcze wypełnia lukę badawczą w zakresie połączenia modelowania i symulacji ruchu drogowego z analizą oddziaływania tego ruchu na poziom zanieczyszczenia środowiska naturalnego w oparciu o pomiary rzeczywiste (*Real Drive Emissions*). W mojej opinii wykonane przez Doktoranta badania są nowatorskie i unikalne. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne, a także są przyczynkiem do prowadzenia podobnych analiz dla innych obiektów i obszarów.

W ramach pracy analizie poddano między innymi rozpoczętą niedawno przebudowę kluczowego dla ruchu drogowego w Poznaniu ronda Rataje. W drodze procesów

symulacyjnych stwierdzono, że przebudowa ronda zgodnie z najlepszym z zaproponowanych wariantów winna spowodować istotne – o około 20% – obniżenie emisji NO<sub>x</sub>, HC i CO<sub>2</sub> w obrębie tego węzła w stosunku do stanu obecnego. Emisja CO i PM zmniejszyłyby się w mniejszym stopniu. Z kolei analizy dotyczące wprowadzenia bus-pasów wykazały, iż rozwiązanie to w analizowanym przypadku nie daje jednoznacznych korzyści środowiskowych. Wprawdzie zmniejsza się o kilkanaście procent emisja CO z poruszających się w tym obszarze pojazdów, ale w podobnym zakresie wzrasta emisja NO<sub>x</sub>. Wprowadzenie bus-pasów w wymienionej lokalizacji pozostaje praktycznie bez wpływu na emisję HC i PM. Emisja CO<sub>2</sub> zmniejsza się o około 5%.

Metodyka postępowania opisana w pracy może znaleźć szerokie zastosowanie praktyczne, m. in. w jednostkach miejskich, w kompetencjach których znajdują się zadania z zakresu planowania, przygotowywania i realizacji inwestycji infrastrukturalnych oraz organizacji ruchu, w szczególności zarządców dróg, jak również organizatorów publicznego transportu zbiorowego, zarówno w odniesieniu do samorządów lokalnych (miejskich i powiatowych) jak i wojewódzkich. Może być także wykorzystywana przy określaniu wpływu planowanych układów komunikacyjnych na wielkość emisji zanieczyszczeń z pojazdów już na wstępnych etapach opracowywania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

W przedstawionej dysertacji udowodniono złożoność i istotność podejmowanego tematu w zakresie symulacyjnej oceny środowiskowej rozwiązań transportowych. Prowadzone prace były zgodne ze standardami modelowania transportowego uwzględniającego ruch pojazdu wraz z jego przyczynami, wskaźniki demograficzne, infrastrukturę drogową, a także politykę transportową. Sformułowany cel pracy – praktyczne wykorzystanie symulacji ruchu drogowego do oceny przewidywanego wpływu modyfikacji infrastruktury drogowej na poziom emisji zanieczyszczeń przez pojazdy uczestniczące w ruchu drogowym został osiągnięty, a sformułowane wnioski dotyczą zagadnień ogólnych, szczegółowych i prognostycznych.

Reasumując stwierdzam, że pod względem merytorycznym rozprawa nie budzi większych zastrzeżeń. Analizując treść rozprawy, można jednak dostrzec kilka wątpliwości, które nie umniejszają istotnie jej wartości i pozytywnego odbioru, niemniej warto są wyjaśnienia:

1. Opisane w rozdziale 3 bardzo obszerne badania natężenia ruchu drogowego na wybranych węzłach komunikacyjnych aglomeracji poznańskiej (zbiorcze wyniki tych badań przedstawiono w załączniku 1 do pracy) zostały wykonane podczas szczytów komunikacyjnych: porannego i popołudniowego. Moje zastrzeżenia budzi fakt, dlaczego dla obu szczytów komunikacyjnych przyjęto tak wąskie interwały czasowe, odpowiednio godziny: 7.00 – 8.00 oraz 15.00 – 16.00?
2. Przyjętą do modelowania strukturę pojazdów określono na podstawie danych z Wydziału Komunikacji Urzędu Miasta. Pojawia się pytanie na ile aktualne i dokładne były to dane, gdyż znany jest fakt pozostawiania pojazdów w tego typu rejestrach pomimo ich już faktycznego nieistnienia.
3. Cennym uzupełnieniem wykonanych badań predykcyjnych dotyczących przewidywanych zmian zanieczyszczenia środowiska w wyniku modyfikacji infrastruktury ruchu drogowego byłaby analiza weryfikująca wspomniane skutki środowiskowe już po realizacji danego zadania inwestycyjnego.

Dysertacja przygotowana jest na dobrym poziomie edycyjnym z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi. Uwagę zwraca estetyka pracy oraz czytelność i komunikatywność

zamieszczonych w pracy wykresów. Układ pracy jest logiczny i przejrzysty, a praca zredagowana poprawnie.

Z uwag krytycznych w tym zakresie można wskazać na brak streszczenia pracy i tytułu w języku angielskim oraz wykazu użytych w pracy skrótów i oznaczeń. Wprawdzie nie są to elementy bezwzględnie wymagane w pracy doktorskiej, ale na pewno pożądane.

Powyższe drobne uwagi nie wpływają na pozytywną ocenę wartości merytorycznej pracy. Stanowi ona cenny dorobek naukowy Autora w reprezentowanej dyscyplinie naukowej, a jej wyniki są ważne i interesujące zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia.

Doktorant wykazał się dobrą znajomością zagadnienia i umiejętnością prowadzenia prac naukowych, zarówno o charakterze analitycznym jak i doświadczalnym. Praca wnosi oryginalny wkład do wiedzy z zakresu wpływu rozwiązań infrastruktury drogowej na zanieczyszczenie środowiska i bez wątpienia może być uzupełnieniem dostępnej literatury w tym zakresie. Jej wyniki mogą być także przydatne w procesie projektowania systemów transportu i szacowania jego wpływu na środowisko naturalne.

#### **Do najważniejszych osiągnięć Autora zaliczam:**

- dokonanie wnikliwego przeglądu i krytycznej analizy współczesnego oprogramowania do modelowania ruchu drogowego, ze szczególnym naciskiem na możliwości oceny środowiskowej uczestniczących w ruchu pojazdów,
- przeprowadzenie obszernych badań bezpośrednich strumieni ruchu drogowego w Poznaniu i aglomeracji poznańskiej, celem dostarczenia aktualnych danych o potokach ruchu drogowego i ich charakterystyce na potrzeby prowadzonych w dalszej części pracy symulacji ruchu,
- analizy i wybór najbardziej obciążonych i newralgicznych węzłów komunikacyjnych Miasta Poznania oraz opracowanie scenariuszy modyfikacji wybranych węzłów celem zmniejszenia ich oddziaływania na środowisko,
- opracowanie założeń wprowadzenia w Poznaniu strefy środowiskowej,
- jakościową i ilościową ocenę środowiskową zaproponowanych i rozważanych w pracy rozwiązań infrastrukturalnych, będącą podstawą do proekologicznego rekomendowania określonych rozwiązań.

#### **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Praca doktorska pt. „*Środowiskowa ocena rozwiązań transportowych z wykorzystaniem symulacji ruchu drogowego*” jest ciekawa zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska dotyczy aktualnych problemów związanych z oceną środowiskową infrastruktury drogowej, a w szczególności z wpływem określonych rozwiązań drogowych na poziom emisji szkodliwych składników spalin przez uczestniczące w ruchu drogowym pojazdy.

Na podstawie przeprowadzonej analizy treści pracy uważam, że Doktorant dokonał trafnego wyboru tematyki swoich badań, a praca stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Tak przedstawiona dysertacja nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, wnosząc do niej nowe treści.

Cel rozprawy został sformułowany poprawnie, osiągnięty i potwierdzony wynikami praktycznymi. Przedstawiona przez Doktoranta metoda ma właściwości wdrożeniowe, co wpisuje się w ogólną tendencję prowadzonych badań naukowych, związaną z zastosowaniami aplikacyjnymi i wdrożeniowymi.

Opiniowana rozprawa jest opracowaniem o znacznych walorach poznawczych i ma charakter opracowania naukowego. Przygotowana została starannie i wyczerpująco omawia zastosowany aparat badawczy, przeprowadzone badania i analizy oraz prawidłowo formułuje ciekawe i istotne dla dalszych prac wnioski.

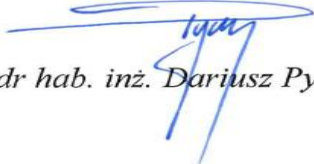
Zaprezentowane w pracy wyniki badań są unikalne w skali krajowej i międzynarodowej, cenne zarówno z naukowego punktu widzenia, jak i zastosowań praktycznych oraz wnoszą elementy nowej wiedzy w dyscyplinie naukowej: Inżynieria lądowa i transport.

Zgromadzony w ramach realizacji pracy obszerny materiał badawczy, może zostać wykorzystany do dalszej analizy naukowej. Autor pracy – mgr inż. Dawid Nijak wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wysoki poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się pewne wątpliwości i pytania wymagające wyjaśnienia, które zawarłem w niniejszej recenzji, ale które w moim przekonaniu nie obniżają jednoznacznie pozytywnej oceny pracy. Sformułowane przeze mnie uwagi mogą w części wynikać z odmienności poglądów i różnych ocen omawianych zagadnień, a w części są zachętą do dyskusji w zakresie poruszanych kwestii. Wysoko oceniam poziom rozprawy oraz intelektualny wkład Autora i nakład włożonej przez Niego pracy.

Biorąc pod uwagę, sformułowane powyżej opinie wyrażam jednoznaczne stanowisko, że rozprawa Pana **mgra inż. Dawida Nijaka pt.: „Środowiskowa ocena rozwiązań transportowych z wykorzystaniem symulacji ruchu drogowego”** spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz mieści się w dyscyplinie naukowej **Inżynieria lądowa i transport**. **Wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Na podstawie oceny metodycznej i merytorycznej recenzowanej rozprawy i z uwagi na jej wysoki poziom oraz aspekty użytkowe wnioskuję o jej wyróżnienie.

  
Prof. dr hab. inż. Dariusz Pyza