

Wypięto
do Biura Wydziału WILiŚ
dnia 15.10.2025
L.dz. 770 podpis Lubiuśko

dr hab. inż. Elżbieta Macioszek, prof. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej
Katedra Systemów Transportowych, Inżynierii Ruchu i Logistyki

Katowice, 10. 10. 2025 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Gobis

pt.: *„Metoda szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów
infrastruktury drogowej”*

1. Uwagi wstępne

Podstawą wykonania recenzji jest pismo nr 663/WILiŚ/2025 Pani Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej prof. dr hab. inż. Ewy Wojciechowskiej z dnia 11. 09. 2025 r., do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

Recenzowana praca będąca przedmiotem rozprawy dotyczy problematyki opracowania metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej na drogach krajowych oraz wojewódzkich wraz z niezbędnymi modelami matematycznymi składowych tych kosztów. Z uwagi na liczbę oraz złożoność prac niezbędnych do wykonania oceny funkcjonowania każdego elementu infrastruktury oraz określenia ich kosztów, Doktorantka w pracy doktorskiej ograniczyła ich zakres do składowych kosztów: wariantowania tras drogowych, drogowych barier ochronnych oraz dróg dla pieszych i rowerów.

Przedstawiona do recenzji praca obejmuje:

- 255 stron w formie publikacji wydanej przez Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, w tym 234 strony tekstu zasadniczego, 13 stron Bibliografii, 3 strony spisu rysunków, 2 strony spisu tabel, 3 strony wykazu podstawowych skrótów i oznaczeń stosowanych w tekście rozprawy. Ponadto: 1 strona tytułowa, 1 strona oświadczeń, 2 strony opisu rozprawy doktorskiej (opis w języku polskim oraz w języku angielskim),

- 112 rysunków w tekście zasadniczym rozprawy, które zostały ponumerowane i opisane,
- 63 tabele w tekście zasadniczym rozprawy, które zostały ponumerowane i podpisane,
- bibliografię liczącą 250 pozycji krajowych i zagranicznych. W tym: 87 pozycji w języku polskim, 159 pozycji anglojęzycznych, 3 pozycje w języku niemieckim, 1 pozycja w języku słowackim. W bibliografii zawarto również 8 współautorskich pozycji Autorki rozprawy. Publikacje te zostały wydane w języku polskim (1 publikacja) oraz w języku angielskim (7 publikacji). Doktorantka w dwóch przypadkach publikacji anglojęzycznych jest pierwszym autorem publikacji.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. uczelni.

2. Ocena doboru tematu rozprawy

Obecnie na etapie planowania i projektowania inwestycji drogowych i ich elementów stosuje się podejście tradycyjne, które bierze pod uwagę tylko koszty początkowe, tj. koszty budowy drogi, a nie uwzględnia się wymagań i kosztów związanych z późniejszym utrzymaniem infrastruktury drogowej i jej elementów. W obliczu rosnącej potrzeby oszczędności oraz zwiększenia efektywności, poszukuje się narzędzi oraz metod szacowania kosztów pozwalających na bardziej kompleksowe podejście do planowania i zarządzania infrastrukturą drogową. Analizowanie kosztów infrastruktury drogowej w kontekście cyklu życia umożliwia identyfikację składowych kosztów cyklu życia na wszystkich jej etapach funkcjonowania i może prowadzić do bardziej optymalnego zarządzania zasobami finansowymi. Wyniki podjętych decyzji na poziomie strategicznym i taktycznym istotnie wpływają na funkcjonalność, skuteczność oraz koszty elementów infrastruktury drogowej. Niestety, w praktyce decyzje takie są podejmowane przy ograniczonym dostępie do informacji oraz przy braku odpowiednich metod i narzędzi wspierających proces podejmowania decyzji optymalizujących koszty i minimalizujących ryzyko. Jednym z kluczowych narzędzi w ramach nowoczesnych metod zarządzania wartością jest metoda szacowania kosztów życia obiektu Life Cycle Cost (LCC) umożliwiająca szacowanie kosztów związanych z planowaniem, projektowaniem, budową, eksploatacją (użytkowaniem i utrzymaniem) oraz likwidacją drogi lub jej elementów. W podejściu tym uwzględnić można nie tylko koszty ponoszone przez zarządcę drogi, lecz także straty, jakie mogą ponieść użytkownicy np. z powodu utrudnień w ruchu, wydłużenia czasu podróży, zwiększonego ryzyka wypadków, czy też koszty wpływów środowiskowych.

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Gobis koncentruje się na opracowaniu metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej z uwzględnieniem specyfiki dróg krajowych oraz wojewódzkich, a także na opracowaniu niezbędnych modeli matematycznych opisujących główne składowe tych kosztów.

Aby zrealizować ten cel Doktorantka na podstawie przeglądu i syntezy studiów literatury przedmiotu, badań terenowych, symulacyjnych i dokumentacyjnych opracowała matematyczne modele składowych kosztów cyklu życia analizowanych elementów infrastruktury drogowej, a w szczególności:

- model kosztów inwestycyjnych wariantów lokalizacyjnych tras drogowych na drogach krajowych,
- modele składowych kosztów stałych i kosztów zmiennych drogowych barier ochronnych na drogach krajowych, ze szczególnym uwzględnieniem: ich kosztów budowy, naprawy oraz miar niezbędnych do oszacowania modeli kosztów zdarzeń drogowych w wyniku pojedynczego najechania pojazdu na barierę (modeli na wskaźnik intensywności przyspieszenia) oraz na odcinku drogi (modeli na gęstość zdarzeń z drogowymi barierami),
- modele składowe kosztów zmiennych urządzeń infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu na drogach wojewódzkich, ze szczególnym uwzględnieniem: miar niezbędnych do oszacowania kosztów zdarzeń z pieszymi na drogach wojewódzkich oraz z pieszymi i rowerzystami na drogach zlokalizowanych w małych miejscowościach lub obszarach niezabudowanych. W ramach przeprowadzonych prac Doktorantka opracowała modele pozwalające na oszacowanie ogólnej gęstości zdarzeń na drogach wojewódzkich oraz w badanych grupach, gęstości wypadków, ofiar, w tym ofiar ciężko rannych i śmiertelnych z pieszymi i rowerzystami.

Doktorantka opracowała modele o różnym poziomie szczegółowości (ogólne i szczegółowe) w zależności od możliwości dostępu do danych. Z wielu analizowanych modeli Doktorantka wybrała te modele, które w procesie weryfikacji i walidacji najlepiej spełniały przyjęte kryteria oceny takie jak miary dopasowania do danych czy też warunki brzegowe.

W recenzowanej pracy przedstawione przez Doktorantkę studia literatury przedmiotu miały na celu wskazanie zagadnień związanych z wymaganiami stawianymi infrastrukturze drogowej, w tym podstaw teoretycznych oraz metod analizy oraz oceny funkcjonowania infrastruktury drogowej. Przeprowadzone studia literatury poszerzyły także bazę wiedzy dotyczącą wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju, a także roli kosztów cyklu życia w ocenie funkcjonowania inwestycji drogowych oraz wyborze optymalnych i racjonalnych rozwiązań infrastruktury drogowej.

Jednym z głównych elementów pracy było przeprowadzenie badań terenowych, które umożliwiły Doktorantce ocenę funkcjonalności wybranych elementów infrastruktury drogowej w różnych warunkach np. na różnych kategoriach dróg; badań dokumentacyjnych, które miały na celu zebranie informacji o czynnikach konstrukcyjnych wpływających na koszty elementów infrastruktury drogowej oraz badań symulacyjnych mających na celu uzyskanie i uzupełnienie danych, których nie udało się pozyskać w ramach badań terenowych. Badania te następnie umożliwiły Doktorantce opracowanie modeli składowych kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej oraz przeprowadzenie badań wpływu wybranych czynników na koszty cyklu życia elementów infrastruktury drogowej. Końcowym efektem prac była propozycja metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej.

Dostępność metod szacowania kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej jest ważna na etapie decyzji o wyborze oraz zaprojektowaniu danego typu elementu infrastruktury drogowej i ma ogromne znaczenie nie tylko przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych na danym obszarze ale przede wszystkim stanowi cenne i przydatne źródło informacji i kompleksowe narzędzie do zarządzania infrastrukturą drogową na danym obszarze. Metody szacowania kosztów w cyklu życia są również nieocenionym narzędziem stanowiącym składową w wielokryterialnej analizie porównawczej, której zadaniem jest ułatwienie podjęcia decyzji dotyczących wyboru wariantu trasy lub elementów infrastruktury drogowej na sieci dróg krajowych i wojewódzkich. Stąd też podjęta tematyka rozprawy ma duże znaczenie zarówno pod względem naukowym jak i utylitarnym. Aspekty naukowe rozprawy to przede wszystkim identyfikacja oraz analiza czynników wpływających na koszty cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej przeprowadzona na podstawie badań terenowych, symulacyjnych i dokumentacyjnych; opracowanie matematycznych modeli składowych kosztów cyklu życia: wariantów lokalizacyjnych tras drogowych i drogowych barier ochronnych na drogach krajowych oraz infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu na drogach wojewódzkich, ze szczególnym uwzględnieniem kosztów użytkowników dróg oraz określenie wielkości wpływu wybranych czynników drogowych, ruchowych, konstrukcyjnych i otoczenia na analizowane składowe koszty cyklu życia elementów dróg krajowych i dróg wojewódzkich. Natomiast aspekt utylitarny to opracowanie pomocnych narzędzi dla projektantów i decydentów, które można wykorzystać:

- w procesie planowania i projektowania drogi, przy wyborze wariantu lokalizacyjnego trasy drogowej na wczesnych etapach planowania dróg krajowych,

- w procesie wyboru rodzaju (rodzaj materiału, wymagań funkcjonalnych i konstrukcyjnych) podstawowej bariery drogowej na projektowanych odcinkach dróg krajowych w ramach metody analizy wielokryterialnej projektów drogowych,
- w procesie przygotowania ofert przetargowych na utrzymanie odcinków dróg do oszacowania kosztów utrzymania i kosztów potencjalnych napraw lub wymiany drogowych barier ochronnych (poszczególnych rodzajów) w przyjętym okresie kontraktu utrzymaniowego,
- w procesie weryfikacji i uzupełnienia metody szacowania kosztów budowy i funkcjonowania drogowych barier ochronnych,
- w procesie ustalania konieczności stosowania urządzeń infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu na drogach wojewódzkich.

Mimo wielu zalet jakie posiada metoda LCC w Polsce wciąż brakuje kompleksowej metody umożliwiającej szacowanie kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej, ocenę planowanej i projektowanej infrastruktury drogowej oraz wybór jej optymalnego wariantu. Biorąc to pod uwagę Doktorantka podejmując w swojej rozprawie zagadnienia związane z metodami i modelami szacowania kosztów cyklu życia oraz wybranych elementów składowych tych kosztów analizowanych elementów infrastruktury drogowej stosowanych na drogach krajowych i wojewódzkich znakomicie wpisuje się w potrzeby zarówno teoretyków jak i praktyków zajmujących się planowaniem, projektowaniem i utrzymaniem urządzeń infrastruktury drogowej stosowanych na drogach krajowych i wojewódzkich oraz planowaniem systemów transportowych jak również zarządzaniem infrastrukturą drogową na danym obszarze. Tym samym uważam, iż podjęty przez mgr inż. Annę Gobis w rozprawie problem badawczy jest jak najbardziej uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy doktorskiej jest właściwe.

3. Kryteria oceny rozprawy

Mając na uwadze wymagania art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *„Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”* (Dz.U. z 2018, poz.1669 z późniejszymi zmianami) przy ocenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Gobis przyjął następujące kryteria oceny rozprawy: znaczenie i oryginalność podjętej tematyki, stopień rozeznania Doktorantki w badanej tematyce, poprawność sformułowania celów i tez

badawczych, zasadność zastosowania metodyki badań, spójność struktury rozprawy, jej stronę warsztatową oraz autorskie i współautorskie publikacje.

4. Analiza zakresu, celów i treści rozprawy

Na podstawie analizy treści rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Gobis stwierdzam, iż postawiony przez Doktorantkę problem badawczy ma charakter dysertabilny i w pełni nawiązuje do współczesnych osiągnięć oraz potrzeb nauki i praktyki w zakresie szacowania kosztów w cyklu życia elementów i obiektów infrastruktury drogowej szczególnie iż, w Polsce problematyka ta jest rozwijana dopiero od kilkunastu lat. Jak dotąd nie prowadzono prac badawczych dotyczących metod szacowania kosztów w cyklu życia wariantów tras drogowych i urządzeń dla pieszych i rowerów. Natomiast pierwsze prace uwzględniające metody szacowania wybranych składowych kosztów cyklu życia barier ochronnych stosowanych na drogach krajowych w Polsce zostały podjęte w Programie Badawczym RID, w ramach którego zrealizowano dwa projekty badawcze: RID 3B (LifeRoSE) oraz RID 3A. Projekty te były dedykowane częściowo tym zagadnieniom, zaś Doktorantka brała w nich udział.

Podjęte w rozprawie badania poszerzają wiedzę na temat szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej. Zaś wykorzystanie tej wiedzy w praktyce może stanowić cenne źródło informacji przy planowaniu i projektowaniu oraz utrzymaniu elementów infrastruktury drogowej.

Treść kolejnych rozdziałów dysertacji jest powiązana z tytułem rozprawy oraz odpowiada postawionym w podrozdziale 3.1 celom pracy. Doktorantka sformułowała cel główny rozprawy oraz trzy cele naukowe i dwa cele praktyczne rozprawy. Cel główny Doktorantka sformułowała jako: *„Opracowanie metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej na drogach krajowych oraz wojewódzkich wraz z niezbędnymi modelami matematycznymi składowych tych kosztów”*. Z uwagi na liczbę oraz złożoność prac niezbędnych do wykonania oceny funkcjonowania każdego elementu infrastruktury oraz określenia ich kosztów w celu budowy brakujących metod LCC Doktorantka w pracy doktorskiej ograniczyła ich zakres do składowych kosztów: wariantowania tras drogowych, drogowych barier ochronnych oraz dróg dla pieszych i rowerów. Cel główny został zrealizowany za pomocą celów naukowych i praktycznych. Cele naukowe rozprawy Doktorantka sformułowała jako:

- „Identyfikacja oraz analiza czynników wpływających na koszty cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej na podstawie badań terenowych, symulacyjnych i dokumentacyjnych”,
- „Opracowanie matematycznych modeli składowych kosztów cyklu życia: wariantów lokalizacyjnych tras drogowych i drogowych barier ochronnych na drogach krajowych oraz infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu na drogach wojewódzkich, ze szczególnym uwzględnieniem kosztów użytkowników dróg”,
- „Określenie wielkości wpływu wybranych czynników drogowych, ruchowych, konstrukcyjnych i otoczenia na analizowane składowe koszty cyklu życia analizowanych elementów dróg krajowych i dróg wojewódzkich”.

Zaś cele praktyczne rozprawy Doktorantka sformułowała jako:

- „Określenie charakterystyk funkcjonowania wybranych elementów infrastruktury drogowej, przegląd kosztów ich realizacji i funkcjonowania na poszczególnych etapach cyklu życia na drogach krajowych i wojewódzkich”,
- „Opracowanie metod szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej uwzględniających rodzaj elementu infrastruktury drogowej, cel prowadzonej analizy oraz zróżnicowaną dostępność danych wejściowych”.

Aby zrealizować założone w rozprawie cele, Doktorantka:

- przeprowadziła studia oraz syntezę literatury przedmiotu w zakresie aktualnego stanu badań nad metodami szacowania kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej,
- zidentyfikowała lukę badawczą, określiła cele i tezy rozprawy doktorskiej jak również przyjęła metodykę rozprawy,
- opracowała koncepcję metody szacowania kosztów cyklu życia,
- opracowała metodykę badań, przedstawiła metody zbierania i struktury danych w trzech obszarach, tj. dla badań terenowych, symulacyjnych oraz dokumentacyjnych,
- zdefiniowała poligon badawczy, na którym przeprowadziła badania terenowe,
- skonstruowała bazę danych niezbędną do dalszej analizy,
- wykonała analizę wyników badań, co pozwoliło na określenie charakterystyki funkcjonalnej wybranych elementów infrastruktury drogowej i przegląd ich kosztów na każdym etapie cyklu życia oraz na różnych kategoriach dróg, jak również przeanalizowała czynniki wpływające na koszty cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej,
- opracowała modele składowych kosztów cyklu życia: wariantów lokalizacyjnych tras, drogowych barier ochronnych oraz infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu drogowego. Działania te pozwoliły Doktorantce na opracowanie modeli kosztów: budowy,

naprawy oraz modeli składowych niezbędnych do oszacowania kosztów użytkowników dróg,

- przeprowadziła badania wpływu wybranych czynników na składowe i całkowite koszty cyklu życia elementów infrastruktury drogowej. Działania te pozwoliły Doktorantce na określenie wrażliwości opracowanych modeli kosztów na zmienność poszczególnych parametrów oraz identyfikację kluczowych czynników generujących koszty,
- opracowała metodę szacowania kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na uzupełnienie luki badawczej w zakresie metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury dróg krajowych i wojewódzkich, która może być stosowana w zarządzaniu infrastrukturą drogową w Polsce.

Struktura rozprawy odpowiada założeniom badawczym. Ogółem rozprawa składa się z dziesięciu rozdziałów, przy czym zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w rozdziałach 7, 8 oraz 9, które z naukowego punktu widzenia stanowią najbardziej wartościową część rozprawy doktorskiej.

Wprowadzenie do rozprawy (**Rozdział 1** składający się z 3 stron) zawiera przesłanki podjęcia tematyki badań. Doktorantka w sposób zwięzły scharakteryzowała, jak ważnym obecnie problemem w inżynierii lądowej i transporcie jest zrozumienie potrzeby opracowania metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej z uwzględnieniem specyfiki dróg krajowych oraz wojewódzkich, a także opracowanie niezbędnych modeli matematycznych opisujących główne składowe tych kosztów. Rozdział ten został napisany w sposób klarowny, jasno definiujący genezę podjęcia przez Doktorantkę tej tematyki badawczej, cel główny oraz zakres prowadzonych prac.

W **rozdziale 2** pt. „*Synteza studiów literatury*” (48 stron) Doktorantka przedstawiła przegląd literatury polskiej i zagranicznej dotyczącej problematyki przedstawionej w rozprawie. Przegląd ten zawierał omówienie i dyskusję w zakresie systemu transportu drogowego i infrastruktury drogowej, oceny funkcjonowania infrastruktury drogowej pod kątem podstaw teoretycznych metod oceny funkcjonowania infrastruktury drogowej, planowania i zarządzania infrastrukturą w cyklu życia oraz metod analizy i oceny wyboru projektów infrastruktury drogowej. Ponadto, Doktorantka odniosła się do metod szacowania kosztów cyklu życia przedstawiając ich definicje, regulacje prawne w zakresie ich stosowania oraz przedstawioną w literaturze metodykę opracowania metody szacowania kosztów cyklu życia. Przegląd literatury przedmiotu zawierał również przegląd istniejących modeli składowych kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej wraz ze wskazaniem czynników na nie wpływających. Rozdział ten został napisany czytelnie, ma przemyślaną strukturę

i usystematyzowaną zawartość. Rozdział podzielony został na pięć części odpowiadających konkretnym zagadnieniom literatury przedmiotu i został zakończony podsumowaniem stanu badań wraz rekomendacjami i wskazaniem występującej luki badawczej.

W **rozdziale 3** pt. „*Cele i metodyka pracy*” (3 strony) mgr inż. Anna Gobis zaprezentowała cele i zakres pracy badawczej. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła również metodykę postępowania prowadzącą do realizacji przyjętych w rozprawie celów. Metodyka składa się z dziesięciu etapów, które kolejno stanowią: studia literatury przedmiotu, określenie celu i metodyki pracy, opracowanie koncepcji metody szacowania kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej, opracowanie metodyki badań, analiza wyników badań, modelowanie składowych kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej, badanie wpływu wybranych czynników na koszty cyklu życia elementów infrastruktury drogowej, opracowanie metody szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej, podsumowanie, rekomendacje i kierunki dalszych prac.

W **rozdziale 4** pt. „*Koncepcja metody szacowania kosztów cyklu życia*” (11 stron) mgr inż. Anna Gobis zaprezentowała informacje na temat ogólnej koncepcji metody szacowania kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej. Koncepcja ta obejmowała opis przyjętych założeń oraz opis matematyczny składowych kosztów.

Z kolei w **rozdziale 5** pt. „*Metodyka prowadzenia badań*” (15 stron) mgr inż. Anna Gobis przedstawiła metodykę prowadzenia badań, w tym opis wykonanych badań terenowych, symulacyjnych oraz dokumentacyjnych. Badania te skupiały się na identyfikacji i ocenie kosztów przypadających na każdą z faz cyklu życia. Przeprowadzone badania terenowe pozwoliły mgr inż. Annie Gobis na opracowanie bazy danych dróg krajowych oraz dróg wojewódzkich jak również umożliwiły określenie wpływu warunków eksploatacyjnych na trwałość i efektywność poszczególnych elementów infrastruktury drogowej. Zaś szczegółowa analiza funkcjonowania barier ochronnych zlokalizowanych na drogach krajowych oraz dróg dla pieszych i rowerów zlokalizowanych na drogach wojewódzkich pozwoliła Doktorantce na wskazanie głównych czynników wpływających na koszty cyklu życia tych elementów. W ramach badań symulacyjnych Doktorantka wykorzystała wyniki badań symulacyjnych dotyczących testów zderzeniowych z barierami ochronnymi, które były prowadzone w ramach projektu RID 3A oraz RID 3B. Wyniki te umożliwiły Doktorantce wykonanie analiz zachowania barier i pojazdów po uderzeniu w barierę oraz ocenę skuteczności różnych typów barier w normowych warunkach testowych, a tym samym opracowanie modeli znajdujących zastosowanie w szacowaniu kosztów cyklu życia pojedynczej bariery ochronnej. Z kolei badania dokumentacyjne umożliwiły Doktorantce

opracowanie bazy ekonomiczno-kosztowej, która zawiera dane kosztowe oraz ekonomiczne dotyczące infrastruktury drogowej. Baza kosztowa pozwoliła Doktorantce na określenie średnich kosztów projektowanych tras drogowych oraz identyfikację czynników wpływających na ich zmianę. W przypadku danych ekonomicznych Doktorantka zebrała i przeanalizowała dane wpływające na zmianę kosztów takie jak stopa dyskonta, inflacja czy też PKB. Przeprowadzone przez mgr inż. Annę Gobis badania miały przede wszystkim charakter ilościowy, koncentrując się na analizie statystycznej danych z badań terenowych, symulacyjnych i dokumentacyjnych oraz na modelowaniu matematycznym. Badania te dostarczyły wielu cennych danych oraz pozwoliły Doktorantce na rozpoznanie problemów zarówno badawczych jak i praktycznych oraz umożliwiły sformułowanie wniosków niezbędnych do prowadzenia dalszych analiz.

Rozdział 6 pt. *„Analiza wyników badań”* (29 stron) mgr inż. Anna Gobis poświęciła przedstawieniu charakterystyki badanych odcinków dróg krajowych, wojewódzkich, opisowi wyników badań symulacyjnych oraz przedstawieniu wyników analizy danych kosztowo-ekonomicznych.

Z kolei w **rozdziale 7** pt. *„Modelowanie składowych kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej”* (65 stron) mgr inż. Anna Gobis przedstawiła opracowane modele kosztów: wariantów lokalizacyjnych tras, barier drogowych, infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu drogowego. Wyniki te stanowiły dla mgr inż. Anny Gobis podstawę do opracowania metod szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań technicznych, ekonomicznych i społecznych.

W **rozdziale 8** pt. *„Badania wpływu wybranych czynników na zmiany kosztów”* (16 stron) mgr inż. Anna Gobis przedstawiła wyniki badań w zakresie dynamiki oddziaływania poszczególnych czynników na wybrane składowe koszty cyklu życia elementów infrastruktury drogowej. Przyjęte przez Doktorantkę podejście pozwoliło na zrozumienie mechanizmów wpływających na kształtowanie się kosztów budowy i funkcjonowania infrastruktury drogowej i jej elementów, a tym samym umożliwiło identyfikację obszarów, w których możliwa jest optymalizacja wydatków na etapie planowania, projektowania oraz utrzymania i użytkowania obiektów drogowych co tym samym pozwoliło na lepsze zrozumienie mechanizmów kształtujących te wydatki.

W kolejnym **9 rozdziale** rozprawy zatytułowanym *„Metody szacowania kosztów cyklu życia”* (39 stron) Doktorantka zaprezentowała koncepcję metod szacowania kosztów cyklu życia dla wybranych elementów infrastruktury drogowej, które mogą zostać zastosowane na

drogach krajowych i wojewódzkich. Metody te zostały opracowane na podstawie przyjętej przez mgr inż. Annę Gobis koncepcji metody oraz z wykorzystaniem wyników przeprowadzonych badań terenowych, symulacyjnych i dokumentacyjnych, jak również z wykorzystaniem autorskich modeli wybranych składowych kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej. Rozdział ten zawiera również ogólne propozycje i zasady szacowania składowych kosztów cyklu życia elementów drogi nie objętych zakresem niniejszej rozprawy.

Natomiast ostatni rozdział pt. „Podsumowanie pracy” (**Rozdział 10** liczący 5 stron) jest podsumowaniem dysertacji, które zawiera wnioski z przeprowadzonych w pracy badań, opis praktycznego wykorzystania wyników przedstawionych w rozprawie oraz koncepcję kierunków dalszych badań. Rozdział ten jest napisany w sposób czytelny, niebudzący wątpliwości.

5. Ocena rozprawy

Uważam, że recenzowana dysertacja zawiera niezbędne składniki metody naukowej. Dobór źródeł, zakres przeprowadzonych badań, zastosowane metody i narzędzia badawcze, rodzaje analiz oraz prezentacja wyników są odpowiednie i wyczerpujące pod względem osiągnięcia postawionych w pracy celów. Mgr inż. Anna Gobis wykazała się bardzo dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod i technik eksperymentalnych oraz analitycznych, stosowanych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Do zasadniczych, oryginalnych i zarazem najważniejszych osiągnięć należy zaliczyć:

- przeprowadzenie szczegółowej analizy literatury przedmiotu szerokiego spektrum dotyczącej aktualnego stanu wiedzy w zakresie metod szacowania kosztów cyklu życia infrastruktury drogowej,
- zastosowanie różnych metod zbierania danych (terenowych, symulacyjnych, dokumentacyjnych), co umożliwiło pozyskanie dość dużego zbioru danych niezbędnego do przeprowadzenia procesu modelowania matematycznego składowych kosztów cyklu życia,
- zaprezentowanie w rozprawie wysokich kompetencji merytorycznych i dojrzałości badawczej,
- opracowanie nowatorskich modeli matematycznych kosztów: wariantów lokalizacyjnych tras, barier drogowych, infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu drogowego,

- opracowanie charakterystyki dynamiki oddziaływania poszczególnych czynników na wybrane składowe kosztów cyklu życia elementów infrastruktury drogowej,
- opracowanie metod szacowania kosztów cyklu życia dla wybranych elementów infrastruktury drogowej, które mogą zostać zastosowane na drogach krajowych i wojewódzkich,
- wielka swoboda i sprawność w posługiwaniu się opracowanymi modelami jak i metodami,
- wkład w rozwój narzędzi badawczych w zakresie metod i modeli szacowania kosztów cyklu życia oraz wybranych elementów składowych tych kosztów dla wybranych elementów infrastruktury drogowej stosowanych na drogach krajowych i wojewódzkich,
- doprowadzenie do efektywnego rozwiązania postawionych w rozprawie celów.

Opracowane w rozprawie modele matematyczne składowych kosztów cyklu życia oraz metod szacowania kosztów cyklu życia dla wybranych elementów infrastruktury drogowej na drogach krajowych i wojewódzkich mogą stanowić wygodne narzędzie i zostać wykorzystane przez inwestorów, zarządców dróg, planistów i projektantów oraz podmioty odpowiedzialne za utrzymanie dróg jako narzędzia ułatwiające podejmowanie decyzji związanych z racjonalnym i efektywnym planowaniem, projektowaniem oraz utrzymaniem infrastruktury drogowej. Utylitarny charakter rozprawy stanowi o prawidłowym podejściu Doktorantki do prowadzenia badań naukowych. Natomiast wnioski wynikające z przeprowadzonych badań są słuszne i cenne, zwłaszcza dla praktyków w obszarze inżynierii lądowej i transportu.

Na podstawie przeprowadzonej analizy rozprawy doktorskiej stwierdzam, iż mgr inż. Anna Gobis swobodnie porusza się w badanej tematyce, wykazuje umiejętność samodzielnego definiowania problemów naukowych jak i prowadzenia badań, interpretacji i uzasadniania wyników oraz weryfikacji hipotez na podstawie przyjętych założeń. Zaprezentowane w części empirycznej rozprawy rozważania potwierdziły wysoką dojrzałość naukową Doktorantki. Problemy, do których prosiłabym o ustosunkowanie się Pani mgr inż. Anny Gobis podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej są następujące:

1. Doktorantka nie podała w treści rozprawy tezy badawczej. Proszę przedstawić tezę badawczą i odnieść się do niej w kontekście przeprowadzonych badań.
2. Doktorantka wybrała tylko kilka elementów infrastruktury drogowej, dla których opracowała metodę szacowania kosztów cyklu życia, tj. w przypadku dróg krajowych metoda obejmuje swym zakresem procedurę szacowania kosztów wariantów lokalizacyjnych trasy drogowej oraz kosztów cyklu życia drogowych barier ochronnych, zaś w przypadku dróg wojewódzkich metoda obejmuje swym zakresem procedurę

szacowania kosztów cyklu życia elementów infrastruktury niechronionych uczestników ruchu drogowego: dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów w małych miejscowościach i na obszarach niezabudowanych. Proszę o wyjaśnienie czym podyktowany był wybór powyższych - a nie innych- elementów infrastruktury drogowej do analizy?

3. Na etapie modelowania składowych kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej, jako modele opisu składowych kosztów Doktorantka wybrała trzy funkcje. Były to: funkcja wykładnicza, funkcja potęgowa oraz funkcja potęgowo-wykładnicza. Proszę o uzasadnienie tego wyboru.
4. Część danych do badań i analiz przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej mgr inż. Anna Gobis zaczerpnęła z wyników prac uzyskanych w ramach projektów RID (np. symulacje numeryczne). Proszę o scharakteryzowanie wkładu własnego w badania realizowane w ramach tych projektów w kontekście danych wykorzystanych na potrzeby rozprawy doktorskiej. Czy prace realizowane przez Doktorantkę w ramach projektów RID, które zostały wykorzystane w rozprawie stanowią samodzielne opracowanie Doktorantki czy są to prace zbiorowe? Jeśli są to prace zbiorowe, to jaki jest wkład Doktorantki w realizację tych prac?
5. Jako jeden z kierunków dalszych prac Doktorantka wskazała *„W Polsce w ramach generalnego pomiaru ruchu nie są prowadzone pomiary natężenia ruchu pieszego w związku z tym proponuje się opracowanie modeli umożliwiających wstępne szacowanie natężenia ruchu pieszych na odcinkach dróg wojewódzkich na podstawie informacji o zróżnicowanej gęstości zabudowy mieszkalnej”*. Proszę o rozwinięcie tej koncepcji.

Należy zaznaczyć, że przedstawione powyżej uwagi mają charakter dyskusyjny i nie podważają mojej pozytywnej oceny rozprawy.

Podsumowując ocenę dysertacji Pani mgr inż. Anny Gobis stwierdzam, że konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są bardzo dobre i właściwe dla tego rodzaju prac. Układ pracy jest poprawny, treść rozdziałów zgodna z nadanymi im tytułami, a kolejne rozdziały stanowią logiczne rozwinięcie głównego wątku dysertacji. Doktorantka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną, bardzo dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod eksperymentalnych i analitycznych stosowanych w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

6. Uwagi szczegółowe

Pomimo wielu zalet i bardzo dobrej oceny rozprawy pod względem zawartości merytorycznej, dysertacja ma pewne niedostatki. Nie umniejszają one jednak wartości merytorycznej pracy i oryginalnego podejścia do rozwiązania tego typu problemów, a utrudniają jedynie zrozumienie pewnych jej fragmentów. Niektóre sformułowania są mało czytelne i budzą pewne wątpliwości. Część z nich przytaczam poniżej:

- Praca zawiera drobne błędy stylistyczne i językowe, np.:
 - s. 2, w pierwszym zdaniu w podrozdziale „1.3. Cel główny i zakres pracy”, jest błąd stylistyczny. Jest „opracowanie niezbędnymi matematycznych”,
 - s. 2, w zapisie czwartego celu rozprawy jest błąd stylistyczny. Jest „Badania dokumentacyjne polegających na”,
 - s. 15, w zapisie pierwszego zdania pod rys. 2.4. jest błąd stylistyczny. Jest „Koncepcja zintegrowanej metoda”,
 - s. 50 w zapisie pierwszego zdania w trzecim akapicie jest błąd stylistyczny. Jest „Obecnie koszt cyklu życia obiektu jest kryterium (miarą kryterium), które może być stosowany”,
 - s. 51 w zapisie zdania w czwartym akapicie jest błąd stylistyczny. Jest „Opracowanie tych metody”,
 - s. 231, we wniosku 6 c) jest błąd stylistyczny. Jest „w badanym grupach”,
- na rysunku „Rys. 2.1 Wydatki inwestycyjne i utrzymaniowe na infrastrukturę drogową (udział PKB) w wybranych państwach UE w 2018 r.” brakuje legendy do akronimów zastosowanych na osi poziomej,
- na rysunku „Rys. 2.4 Zrównoważony rozwój a) elementy koncepcji myślenia w cyklu życia b) polityka „3P””, nie wszystkie treści zostały przetłumaczone z języka angielskiego na język polski,
- w opisie pod rysunkiem 2.4 widnieje zapis „Rys. 2.4 Zrównoważony rozwój a) elementy koncepcji myślenia w cyklu życia b) polityka „3P””, tymczasem na rysunku nie ma wariantów „a”, i „b” rysunku,
- pewne zastrzeżenia można wyrazić w stosunku do podziału treści na rozdziały i podrozdziały. Przykładowo podrozdział „9.5.6.7. Szacowanie kosztów pozostałych” składa się tylko z jednego zdania, podrozdział „9.4.6.1.2. Koszty strukturalne utrzymania barier drogowych” składa się z pięciu zdań, natomiast podrozdział „9.4.6.1.3. Koszty utrzymania bieżącego barier drogowych” składa się z czterech zdań,

- W spisie treści nie ujęto pełnej struktury rozprawy. W spisie treści numeracja poszczególnych rozdziałów ma charakter dwu i trzystopniowy. Tymczasem w treści rozprawy widnieje bardziej szczegółowa numeracja o charakterze czterostopniowym, np. W rozdziale „2.3.4. *Metodyka opracowania metody szacowania kosztów cyklu życia*” w treści rozprawy widnieje podział kolejno na „2.3.4.1. *Procedura budowy metody LCC*”, „2.3.4.2. *Definiowanie celu i zakresu analizy*”, „2.3.4.3. *Identyfikacja i dekompozycja składowych kosztów cyklu życia*”, „2.3.4.4. *Metody szacowania kosztów cyklu życia*”, „2.3.4.5. *Szacowanie kosztów cyklu życia*” oraz „2.3.4.6. *Analiza niepewności i ryzyka*”. W niektórych przypadkach numeracja rozdziałów ma charakter nawet pięciostopniowy, np. „7.4.4.3.3. *Modelowanie gęstości zdarzeń drogowych z barierami*”.
- s. 109, rozdział 6. W treści rozprawy widnieje odwołanie do rys. 6.23, który nie został zawarty w rozprawie (prawdopodobnie Doktorantka miała na myśli rysunek oznaczony jako rys. 6.24),
- w treści dysertacji znalazły się także błędy interpunkcyjne,
- W niektórych pozycjach bibliografii brakuje kompletnych danych identyfikujących dane źródło, np.: [9], [246], [248]. Zaś w pozycji [1] wskazano niepoprawny zakres stron artykułu, z kolei w [28] podano błędne nazwiska dwóch autorów.

Proszę, aby Doktorantka nie odnosiła się do powyższych uwag w trakcie obrony, lecz ewentualnie uwzględniła je w swoich przyszłych publikacjach.

Reasumując, stwierdzam, że pani mgr inż. Anna Gobis sprawnie posługuje się językiem naukowym. Praca jest napisana w sposób czytelny i przejrzysty, a drobne uchybienia językowe i stylistyczne oraz niespójności formalne nie obniżają jej wartości merytorycznej.

7. Wniosek końcowy oceny rozprawy

Uważam, że rozprawa doktorska pomimo przedstawionych powyżej kilku uwag krytycznych, które nie podważają zasadniczego dorobku Doktorantki, została wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Problem naukowy został prawidłowo zdefiniowany i opisany a wyznaczone przez mgr inż. Annę Gobis cele rozprawy zostały osiągnięte z zastosowaniem odpowiedniego aparatu matematycznego.

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego poznawczo i wymagającego metodycznie problemu naukowego. Precyzyjnie zaplanowany i rzetelnie przeprowadzony tok

postępowania z zastosowaniem złożonego warsztatu metodycznego i odpowiednich badań terenowych, symulacyjnych oraz dokumentacyjnych doprowadziły do opracowania modeli matematycznych kosztów: wariantów lokalizacyjnych tras, barier drogowych, infrastruktury dla niechronionych uczestników ruchu drogowego wraz z wynikami badań wpływu wybranych czynników modeli składowych kosztów oraz finalnie doprowadziły do opracowania metod szacowania kosztów cyklu życia wybranych elementów infrastruktury drogowej. Uzyskane wyniki mają w większości nowatorski, oryginalny charakter. Co ważne, rezultaty badań inspirują do formułowania kolejnych pytań, odkrywają zatem nowe horyzonty poznawcze. Dysertacja cechuje się bardzo dobrą organizacją obszernego materiału badawczego. Doktorantka potrafi z dużą sprawnością przedstawiać wyniki badań i zinterpretować je w świetle istniejącej literatury. Lektura dysertacji nie pozostawia wątpliwości, że pani mgr inż. Anna Gobis zdobyła rozległą wiedzę i dużą sprawność eksperymentalną, a także zdolności krytycznej analizy danych, co zapewnia Jej swobodę w podejmowaniu wymagających wyzwań naukowych i umożliwia prowadzenie samodzielnych badań.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *"Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce"* (Dz.U. z 2018, poz.1669 z późniejszymi zmianami) i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Gdańskiej o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji - jako rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Gobis na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej *Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport*, a Autorka może zostać dopuszczona do publicznej obrony.

Elżbieta Maronez