

Dr hab. inż. Jarosław Korzeb, prof. PW  
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu  
Zakład Budowy i Eksploatacji Środków Transportu  
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa  
e-mail: jaroslaw.korzeb@pw.edu.pl

Warszawa, 04.03.2024 r.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**  
**Autorstwa mgr inż. Michaliny Kamińskiej**  
**pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów**  
**szynowych i drogowych”**

**Promotor rozprawy:** Dr hab. inż. Piotr Lijewski, prof. PP

**Dziedzina nauki:** Nauki Inżynieryjno-Techniczne

**Dyscyplina naukowa:** Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

## **I. Podstawy opracowania recenzji**

---

Uwzględnione podstawy prawne podczas opracowania recenzji rozprawy doktorskiej:

- Ustawa z dnia z dnia 20.07.2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r., poz. 742 z późn. zm.),
- Rozporządzenia Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11.10.2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. 2022 poz. 2202).

Podstawy formalne opracowania recenzji:

- uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dn. 19.12.2023;
- pismo Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy (pismo nr RD/d/34/02/2023, z dnia 04.01.2024) i umowa nr 0410/2024/24;
- egzemplarz rozprawy doktorskiej mgr inż. Michaliny Kamińskiej.

Podczas sporządzania recenzji zwrócono szczególną uwagę na związek tematyki pracy z dziedziną nauk inżynieryjno-technicznych i ulokowanie przedstawionego materiału w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, poziom merytoryczny treści rozprawy, a w szczególności identyfikację problemu, metodę badań i metody wnioskowania. Oceniono układ pracy, poprawność używanej terminologii, trafność merytoryczną objętego kierunku prac, dysertabilność podjętej w rozprawie tematyki, poprawność doboru źródeł bibliograficznych i zastosowanych cytowań, czytelność i poziom techniczny stosowanego w pracy języka oraz poprawność zamieszczonych w pracy zapisów, jak i konsekwencję stosowania jednostek międzynarodowego układu jednostek i miar SI.

## II. Ogólny układ rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 129 stron, na które składają się: strona tytułowa, streszczenia (4 strony), spis treści (2 strony), wykaz skrótów, dziesięć rozdziałów autorskich (103 strony), podsumowanie i wnioski (3 strony), bibliografia (14 stron).

Odpowiednie zestawienia liczbowe charakteryzujące przedstawiony do recenzji materiał z podziałem na rozdziały zamieszczono w poniższej tabeli.

Rozdział	Liczba			
	rysunków	tabel	równań	stron
Str. tytułowa				1
Streszczenie				2
Abstract				2
Spis treści				2
Wykaz najw. skrótów i oznaczeń				2
1. Wstęp	7			8
2. Europejskie regulacje prawne ...	1	7	2	9
3. Analiza literatury dotyczącej ...	3	1		6
4. Cel i zakres pracy	1			3
5. Metodyka badań	23	13		22
6. Badanie stężeń .... osob. ...PEMS	17	8		26
7. Badanie stężeń ... szyn. ... PEMS	5	2		7
8. Badanie stężeń .... osob. ...bramy ..	11	2		9
9. Badanie stężeń .... szyn. ...bramy ..	1	1		3
10. Propozycja autorskiej proc. ....	4	4		10
11. Podsumowanie i wnioski				3
12. Literatura				14
<b>Razem</b>	<b>73</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>129</b>

W spisie literatury ujęto 188 pozycji wydawniczych oraz raportów, instrukcji, dyrektyw i rozporządzeń oraz danych pozyskanych ze źródeł internetowych.

Treść pracy obejmuje ponadto bardzo bogaty materiał ilustracyjny, na który składają się 73 rysunki i fotografie oraz 38 tabel.

### II.1. Tematyka i zakres rozprawy

Eksploatacja pojazdów z konwencjonalnym napędem spalinowym, zarówno w ujęciu pojazdów szynowych i samochodowych, w dobie dbałości o minimalizację zanieczyszczenia środowiska, jest każdorazowo polem debaty i przyczyną wprowadzania zmian w przepisach dotyczących emisyjności pojazdów. O ile ruch pojazdów szynowych z silnikami spalinowymi postrzegany jest w mniejszej skali, o tyle zagrożenia związane z emisją zanieczyszczeń przez pojazdy drogowe dla ruchu pojazdów osobowych i towarzyszące przemieszczaniu towarów są znacznie bardziej medialne. W tym przypadku rodzaj wtórnego nośnika energii wykorzystywanego jako paliwo ma również znaczenie. Spaliny samochodowe stanowią ciągłe

poważny problem, zwłaszcza w kontekście starszych pojazdów, które nie posiadają nowoczesnych systemów kontroli emisji. Emitują one znacznie większe ilości szkodliwych substancji do atmosfery w postaci dwutlenku węgla, tlenków azotu, węglowodorów i cząstek stałych, czy produktów niepełnego spalania paliw. Dwutlenek węgla, będący podstawowym produktem spalania paliwa i efektem pracy katalizatora, jest głównym gazem cieplarnianym wskazywanym jako ważna przyczyna globalnego ocieplenia, tlenki azotu przyczyniają się do powstawania smogu i kwaśnych deszczy przekładając się na problemy zdrowotne, takie jak choroby układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, natomiast cząstki stałe osiadają nawet na poziomie komórkowym w oskrzelach i płucach, powodując schorzenia układu oddechowego oraz zwiększając ryzyko występowania raka i chorób serca. Ekspansja aglomeracji miejskich stymuluje powstawanie obszarów „przesyconych” ilością pojazdów, co negatywnie kooperuje z istniejącymi obecnie trendami urbanistycznymi o utrudnionym przewietrzaniu powierzchni miejskiej. W walce z problemem spalin samochodowych podejmowane są różne działania, tj. wprowadzanie coraz bardziej restrykcyjnych norm emisji dla producentów pojazdów oraz rozwój technologii silników o niskiej emisji, czy zabiegi bazujące na organizacji ruchu i zmianach nawyków mieszkańców. Kolej postrzegana jest zwyczajowo jako proekologiczny i wysokowydajny środek transportu, co implikuje konieczność zwrócenia uwagi na konwencjonalne źródła napędu wykorzystywane z konieczności w lokomotywach manewrowych oraz na drogach szynowych pozbawionych trakcji elektrycznej, w których jako nośnik energii wykorzystuje się olej napędowy. W porównaniu do pojazdów drogowych, lokomotywy emitują mniejsze ilości dwutlenku węgla na jednostkę przewożonego ładunku lub pasażera, co czyni je często bardziej ekonomicznym i ekologicznym środkiem transportu dla długich dystansów i dużych ładunków. Pozostałe składniki zanieczyszczeń stanowią nadal ważny problem, zwłaszcza w przypadku przejazdów i manewrów w obszarach zurbanizowanych lub „dolinach smogowych”. Starsze modele lokomotyw często nie spełniają najnowszych norm emisji i mogą emitować większe ilości zanieczyszczeń, zwłaszcza kiedy nie zostały poddane modernizacji.

Problem emisji spalin powodowanych transportem drogowym i szynowym zatem wymaga wielostronnego podejścia, obejmującego zarówno systemowe działania na poziomie jednostek, całej społeczności oraz globalnej polityki środowiskowej, co w kontekście faktu sprawowania przez Unię Europejską roli światowego lidera w dziedzinie ochrony klimatu tym bardziej nakazuje ciągłe prowadzenie prac ukierunkowanych na wykorzystywanie nowych technologii w produkcji, modyfikacji i modernizacji istniejących jednostek oraz skutecznych metod kontroli i nadzoru.

W tych realiach Autorka postanowiła osadzić własne badania naukowe i zidentyfikowała mało popularny obszar badań polegających na rzetelnej i nieinwazyjnej ocenie stężeń związków szkodliwych, pochodzących ze spalin różnego typu pojazdów będących w ruchu. Zadanie Autorki nie było łatwe, ponieważ badania nad emisyjnością pojazdów mają wieloletnie tradycje w jej macierzystej jednostce naukowej, a wyniki prac zespołów badawczych obecnego Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej, są przedmiotem licznych publikacji i wielu wystąpień konferencyjnych.

Pani mgr inż. Michalina Kamińska podjęła się niezwykle ważnej tematyki z punktu widzenia zdalnej diagnostyki emisyjności pojazdów, stawiając przed sobą dwa problemy badawcze. Pierwszy dotyczył rozpoznania istnienia korelacji pomiędzy badaniami RDE oraz wykorzystującymi teledetekcję, natomiast drugi obejmował określenie wartości dopuszczalnych stężeń związków szkodliwych pochodzących ze spalin podczas badań przy

użyciu bramy emisyjnej oraz zdefiniowanie warunków, w których powinien odbywać się taki pomiar. W ramach prowadzonych prac przeprowadzono liczne testy drogowe zarówno przy wykorzystaniu aparatury typu PEMS jak i bramy emisyjnej, wyznaczając stężenia wskazanych wyżej grup zanieczyszczeń.

Autorka dokonała przeglądu różnego rodzaju istniejących rozwiązań wykorzystywanych w praktyce pomiarowej, poświęcając szczególną uwagę na badania prowadzone na hamowni silnikowej oraz testy RDE. Wykazała duży potencjał wykorzystania pomiarów zdalnych, bazujących na teledetekcji uwzględniając badania tunelowe, metodę odwrotnej dyspersji, metodę ekstrakcyjną oraz system otwartej ścieżki, w zastosowaniu do wykonywania inspekcji zanieczyszczeń powodowanych eksploatacją pojazdów, ale wskazała liczne miejsca powstawania potencjalnych błędów w tak przyjętej metodzie.

Bardzo cennym elementem recenzowanej rozprawy jest przeprowadzenie rozległego eksperymentu badawczego i przygotowanie metodologii obejmującej zagadnienia badań stężeń związków szkodliwych spalin z silników pojazdów drogowych oraz szynowych, w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Metodologię oparto o badania stacjonarne i dynamiczne przy wykorzystaniu aparatury pomiarowej typu PEMS, jak i badania stacjonarne oraz dynamiczne przy wykorzystaniu bramy emisyjnej.

Równie ważne aspekty pracy to przeprowadzenie analizy formalno-prawnej oraz analizy literatury w dziedzinie prowadzenia badań emisji pojazdów osobowych i szynowych. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska opiera się w pokaźnej mierze na wiedzy i osiągnięciach w wymiarze praktycznym i teoretycznym, popartych przeprowadzeniem dużego eksperymentu badawczego, co uwydatnia walory aplikacyjne przedstawionej metody wykonywania pomiarów.

---

## **II.2. Charakterystyka rozprawy**

---

### ***Ogólna charakterystyka rozprawy***

Rozprawa liczy 129 stron, a na jej treść składają się strony formalne, dziesięć rozdziałów autorskich, podsumowanie i wnioski oraz spis bibliografii.

Autorka w sposób nie budzący zastrzeżeń ułożyła kolejność rozdziałów, w których trafnie zlokalizowała podjęty przez nią temat, zidentyfikowała ważny i ciągle dobrze nierozpoznany praktyczny problem badawczy prowadzenia pomiarów zdalnych. Przedstawiła autorską procedurę badawczą przy użyciu bramy emisyjnej, popartą doбором obiektów badawczych i aparatury pomiarowej, badaniami emisji pojazdów samochodowych w warunkach laboratoryjnych, badaniami różnego typu pojazdów w warunkach typowej eksploatacji z wykorzystaniem aparatury typu PEMS oraz bramy emisyjnej i ustaleniu stopnia wzajemnej korelacji wyników, zamykając pracę wnioskami.

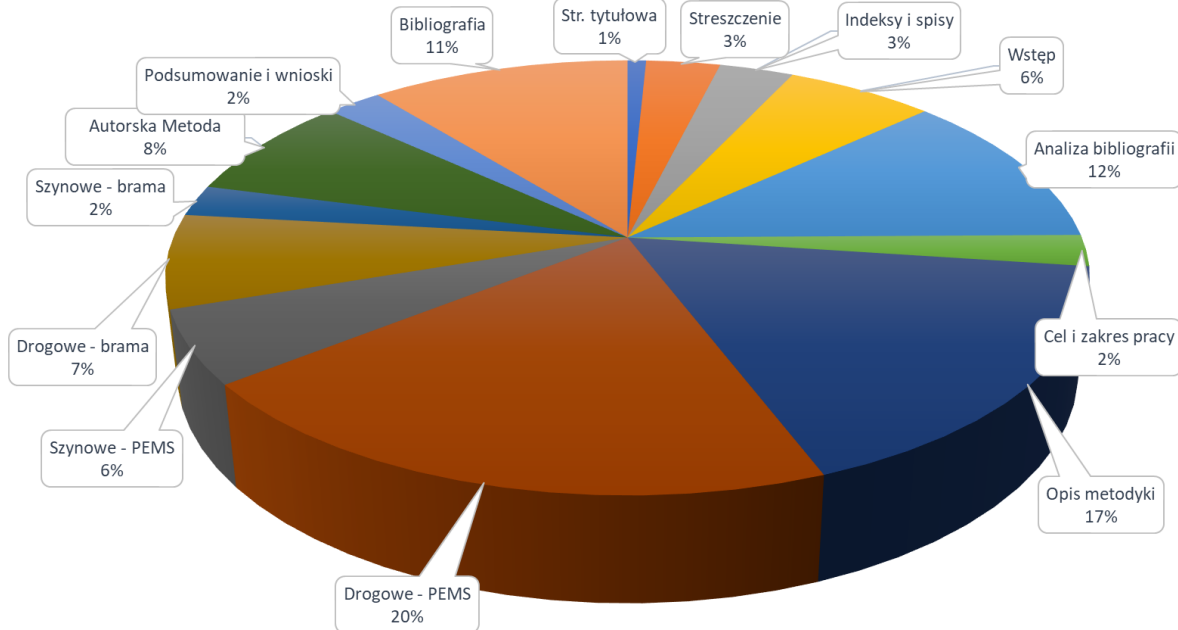
Lista wykorzystanych pozycji bibliograficznych liczy łącznie 188 pozycji, których przybliżona klasyfikacja jest następująca: 130 pozycji łącznie literatury naukowej w postaci monografii i artykułów popularno-naukowych oraz prezentacji, 16 raportów, 28 norm, dyrektyw i rozporządzeń, 6 instrukcji sprzętu oraz 8 stron internetowych z podaniem dat dostępu. Niestety nie wszystkie pozycje zostały opatrzone prawidłowymi opisami bibliograficznymi stąd trudno jest niekiedy orzec o dokładnej klasyfikacji danej pozycji. Analiza tytułów zamieszczonych pozycji literatury naukowej pozwala na stwierdzenie, że dobór źródeł bibliograficznych nie budzi większych zastrzeżeń, a uwagi ogólne i szczegółowe przedstawiono dalej.

W treści rozprawy zamieszczono 73 rysunki i 38 tabel oraz 2 równania, do których w większości znalazły się prawidłowe odwołania w treści pracy.

Rozprawa napisana jest poprawnym językiem technicznym, z uwzględnieniem właściwych pojęć i terminów oraz konsekwentnie stosowane są w niej jednostki układu SI i ich krotności.

### **Ocena struktury podziału treści rozprawy**

Autorka rozprawy dokonała prawidłowej alokacji materiału w pracy, a rozkład proporcji istotnych elementów przedłożonego materiału pokazano poniżej na rysunku.



Taki podział treści pracy nie budzi zastrzeżeń i świadczy o przemyślanym podejściu do rozwiązania postawionego problemu badawczego, które oparto o wnioskowane wynikające z uzyskanych wyników eksperymentu badawczego.

Rozdziały 1÷3 posłużyły osadzeniu czytelnika w temacie i realiach zagadnień związanych z prowadzeniem inspekcji zanieczyszczeń powodowanych eksploatacją silników spalinowych w transporcie drogowym i szynowym. Znalazły się w nim informacje pochodzące z WHO o wpływie zanieczyszczeń powietrza na stan zdrowia ludności, wybrane informacje statystyczne dotyczące emisji CO<sub>2</sub> oraz NO<sub>x</sub>. Autorka przeanalizowała europejskie normy emisji dotyczące pojazdów osobowych uwzględniające współczynniki zgodności eksploatacji pojazdu dla każdego zanieczyszczenia oraz wyznaczanie wskaźników emisji. Dalej poddała uwadze europejskie przepisy dotyczące pojazdów szynowych, w zakresie podziału na kategorie silników pojazdów trakcyjnych, normy emisji spalin oraz cykle testowania. W dalszej części dokonała analizy literatury dotyczącej badań związków szkodliwych spalin pochodzących z eksploatacji pojazdów różnych kategorii. Wspomniała tu o testach laboratoryjnych oraz wykonywania badań w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych (RDE). W dalszej części Autorka opisała pomiary teledetekcyjne - badania tunelowe, metodę odwrotnej dyspersji, metodę ekstrakcyjną oraz system otwartej ścieżki i po krótko je scharakteryzowała, kończąc rozdział 3 sformułowaniem, iż „rozwiązania są jednak cały czas niewystarczające” co rodzi konieczność dalszych badań przy pomocy „bardziej rozwiniętej aparatury pomiarowej”.

Rozdziałem 4 objęto cel i zakres pracy. Zakresem badań eksperymentalnych pokazanych w pracy objęto testy przeprowadzone przy wykorzystaniu aparatury typu PEMS oraz z użyciem bramy emisyjnej. Poprzedzając analizę wyników badań postawiono cel pracy - *Opracowanie metody nieinwazyjnej oceny stężeń związków szkodliwych spalin z różnych typów pojazdów w ruchu, potwierdzonej badaniami zgodnymi z rzeczywistymi warunkami eksploatacji oraz ich eksperymentalną weryfikacją*. Aby zaspokoić przedstawiony cel pracy ustalono metodologię badań obejmującą rodzaj i ilość badanych obiektów, analizę i dobór technik pomiaru stężeń związków szkodliwych spalin, wyznaczenie tras badawczych, na których przeprowadzane zostały pomiary czy ustalenie parametrów i warunków otoczenia. Dodatkowo postawiono problem badawczy, którym była *identyfikacja pojazdów o ponadnormatywnej emisji związków szkodliwych spalin przy wykorzystaniu metody teledetekcji*. Został on uzupełniony propozycją teledetekcyjnej procedury badawczej w której określone zostały warunki wykonywania pomiarów i wartości graniczne. W pracy nie postawiono tezy.

Rozdział 5 przedstawia metodykę prowadzenia badań. Najpierw Autorka opisała program badań, poczynając od warunków laboratoryjnych, przez warunki rzeczywiste w trakcie eksploatacji z zabudowaną aparaturą pomiarową służącą testom RDE. Dalej opisała etapy przebadania pojazdów osobowych i szynowych przy użyciu bramy emisyjnej w warunkach laboratoryjnych, jak również dwa cykle badawcze - badania związków szkodliwych emitowanych przez pojazdy będące w ruchu przy użyciu bramy emisyjnej (ponad 70 pojazdów drogowych i prawie 100 pojazdów szynowych). W dalszej części pracy Autorka przedstawiła obiekty badań – 2 pojazdy osobowe oraz 2 autobusy szynowe oraz przybliżyła czytelnikowi aparaturę pomiarową, tj. analizatory spalin z grupy PEMS (firmy Semtech DS., Axion R/S+, AVL MSS, TSI EEPS 390) oraz bramę emisyjną (analizatory związków gazowych, analizator cząstek stałych i zadymienia, identyfikację pojazdu z wykorzystaniem kamery, analizę stanu termicznego pojazdu i parametrów jego ruchu, identyfikację warunków otoczenia) i system archiwizacji danych, jak i przedstawiła poligony badawcze. Ten rozdział zawiera szereg cennych wytycznych służących przyszłym badaczom wykorzystującym zautomatyzowane systemy analizy, stąd ma cenny walor edukacyjny.

W rozdziale 6 przedstawiono badania stężeń związków szkodliwych spalin samochodów osobowych i ich rozproszenia przy użyciu aparatury typu PEMS. Poddano dyskusji rozproszenie spalin za pojazdem, przeanalizowano stężenia związków szkodliwych w spalinach dla silników z zapłonem iskrowym i samoczynnym, dokonano analizy wskaźników ekologicznych badanych obiektów bazujących na rozproszeniu procentowym związków szkodliwych spalin. Ten rozdział niesie nieocenione informacje praktyczne z zakresu wpływu odległości mierzenia zanieczyszczeń na rozproszenie, dla różnych silników przy różnych prędkościach obrotowych silnika.

W rozdziale 7 przedstawiono badania stężeń związków szkodliwych spalin pojazdów szynowych i ich rozproszenia przy użyciu aparatury typu PEMS. Uwzględniono w nim wpływ prędkości i przyspieszenia na rozkłady stężeń związków szkodliwych oraz dokonano podsumowania analiz stężeń tych związków.

Rozdział 8 dotyczy pomiarów z wykorzystaniem bramy emisyjnej. Autorka dokonała analizy korelacji pomiędzy wynikami uzyskanymi przy użyciu bramy emisyjnej oraz aparatury typu PEMS, dla różnych zanieczyszczeń analizowanych w pracy. Dalej przedstawiła analizę średnich wartości stężeń analizowanych związków szkodliwych w spalinach.

W rozdziale 9 przedstawiono badanie stężeń związków szkodliwych w spalinach pojazdów szynowych przy użyciu bramy emisyjnej, pod kątem ich średnich wartości.

Bardzo cennym elementem pracy jest rozdział 10, o tytule „Propozycja autorskiej procedury badawczej pomiarów teledetekcyjnych z wykorzystaniem bramy emisyjnej dla pojazdów osobowych i szynowych”. W pierwszej fazie Autorka dokonała oceny warunków otoczenia przekładającej się na ustalenie współczynników korekcyjnych ze względu na wilgotność powietrza i temperaturę otoczenia. W tym zakresie podparła się wynikami pracy zespołu autorów Merkisz, J., Andrzejewski, M., Pielecha, J. (2010) publikowanymi w pracy pt: „Metody obliczania współczynnika korekcji wilgotności i ich wpływ na emisję tlenków azotu”. Przeprowadziła ponadto własny eksperyment badawczy w warunkach laboratoryjnych z agregatem prądotwórczym, weryfikując wyniki pomiarów i współczynniki w trakcie padającego deszczu. Dalej Autorka przedstawiła warunki pomiarów i określiła wartości graniczne stężeń związków szkodliwych spalin dla pojazdów osobowych i szynowych. Przedstawione przez Autorkę analizy rozwiązują problem badawczy dotyczący określenia wartości dopuszczalnych stężeń związków szkodliwych w spalinach wskazują warunki, w których powinny być prowadzone pomiary teledetekcyjne.

Rozprawę zamykają wnioski. Autorka podzieliła je na te o charakterze ogólnym, szczegółowe, metodyczne, utylitarne oraz prognostyczne, zwane często kierunkami dalszych prac. Wnioski ogólne mają w większości charakter podsumowania dokonanych prac. We wnioskach szczegółowych Autorka wskazała oryginalne osiągnięcia pracy, do których zaliczyć można dalej również cenne wnioski metodyczne. Wnioski utylitarne dotyczą potencjału drzemiącego w wykorzystaniu wyników pracy. W tym rozdziale Autorka wskazała również dalsze perspektywy rozwoju własnych badań naukowych. Cenny jest fakt, że Autorka ma świadomość wpływu obciążenia pojazdów, czy wpływu zanieczyszczeń otoczenia na wyniki pomiarów teledetekcyjnych, co dobrze wróży dalszemu rozwojowi prac badawczych.

---

### **III. Ocena rozprawy**

---

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Michaliny Kamińskiej ma czytelny układ. Analiza źródeł literaturowych przytoczonych w pracy jest wystarczająca, chociaż w przypadku tej tematyki zawsze można mieć pewien niedosyt. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w spisie literatury nie wymieniono żadnej pracy Autorki. Treść pracy należy uznać za rozlokowaną poprawnie i proporcjonalnie do wagi poszczególnych rozdziałów. Opracowaną metodę, wykorzystane narzędzia, dobór mierzonych parametrów, ocena wrażliwości metody na zmiany warunków pogodowych, jak i sposób przeprowadzenia wnioskowania należy uznać za prawidłowe. Autorka zidentyfikowała obszar badawczy wymagający uwagi, bardzo ważny z punktu widzenia oddziaływania transportu na środowisko, dla którego wybrała znaną metodę prowadzenia pomiarów, zaproponowała modyfikację (ustalenia parametrów korekcyjnych i wartości progowych dla badanych typów pojazdów). W mojej opinii dobrą poprawnie dostępny sprzęt pomiarowy, wybrała odpowiednie poligony do prowadzenia badań doświadczalnych i je przeprowadziła. Dalej dokonała analizy otrzymanych wyników oraz ich interpretacji. Całokształt pracy sprawia wrażenie kompletności przedstawionego rozwiązania wspierającego pomiary z wykorzystaniem metody teledetekcji. Uważam, że zaproponowana w pracy procedura badawcza ma bardzo duży potencjał aplikacyjny oraz jest rozwojowa. Wysoko oceniam uzyskane efekty poznawcze i bardzo wysoko stawiam utylitarzną wartość przedstawionego w dysertacji materiału.

### III.1. Uwagi ogólne

Główny nacisk części opisowej pracy Autorka poświęciła na informacje praktyczne i z przeznaczeniem do zastosowania w praktyce. Niemniej jednak nasuwa się kilka niżej przedstawionych uwag.

- 1) Brak spisu tabel i ilustracji utrudnia nawigację po bardzo bogatym materiale ilustracyjnym i zestawieniowym.
- 2) Strona 32. Autorka pisze „rozwiązania są jednak cały czas niewystarczające” co rodzi konieczność dalszych badań przy pomocy „bardziej rozwiniętej aparatury pomiarowej”. Poproszę o komentarz podczas obrony: w jakim zakresie stosowane obecnie rozwiązania nie są wystarczające i jak w odniesieniu do stosowanych obecnie rozwiązań plasuje się metoda pomiarowa zastosowana przez Panią.
- 3) W rozdziale 3 – w przeglądzie dostępnej literatury zabrakło odniesienia do opracowań dotyczących pomiarów teledetekcyjnych prowadzonych w innych państwach, np. wykorzystanie systemu RSD5000 *Remote sensing of motor vehicle emissions in London*, systemu EDAR - *Remote sensing of motor vehicle emissions in Paris*, autorów Tim Dallmann, Yoann Bernard, Uwe Tietge, Rachel Muncrief (2018, 2019); czy opracowania *Pomiary Zdalne Emisji Spalin*, Kraków 2019.
- 4) W rozdziale 8 Autorka pisze „w badaniach dowiedziono, że współczynnik determinacji ( $R^2$ ) wyniósł 0,8288 (rys. 8.1). Oznacza to, że współczynnik korelacji liniowej tych dwóch zmiennych przyjął wartość 0,91.” Potwierdzeniem jest zamieszczony wykres, przygotowany prawdopodobnie w środowisku MsExcel. Czytelnik domyśla się przeanalizowania wyników eksperymentu z wykorzystaniem domyślnego aparatu środowiska, ale przydałyby się opis matematyczny dotyczący badania tej korelacji.
- 5) Czytelność prezentowanych wykresów np. rozdział 7, 8, 10 pozostawia pewien niedosyt na poziomie edycyjnym. Jest to zapewne efekt wklejania wykresów jako fotografie, czemu towarzyszyła utrata jakości – rozmycie w wersji elektronicznej.
- 6) Źródła internetowe w literaturze (wszystkie 8 pozycji) nie wskazują na żadne materiały docelowe, z których zapewne korzystano. Podanie adresu „www.gov.uk”, „www.ricardo.com”, „www.naukowiec.org”, jak i pozostałe – kierują czytelnika w bliżej nieokreśloną przestrzeń. Przy takim wykorzystaniu materiału należałoby jednak wskazać artykuł, którego dotyczą.
- 7) Opis bibliograficzny wielu publikacji jest niepełny, co utrudnia identyfikację pozycji w znaczeniu: literatura popularnonaukowa, artykuły naukowe, czy podsumowanie raportów z pracy zespołów badawczych. Można było uzupełnić cytowane materiały źródłowe o bardziej detaliczne opisy wykorzystanego materiału.
- 8) W mojej opinii należało uporządkować spis bibliografii. Autorka przemieszała w nim pozycje „twarde” z przepisami i instrukcjami oraz źródłami bibliograficznymi. Tak przygotowaną bibliografię ciężko jest przeanalizować, a przegląd bibliograficzny osadzający lukę badawczą w badaniach innych jest przecież jednym z ważnych elementów rozprawy doktorskiej.



## III.2. Uwagi szczegółowe

Poniżej przedstawiono listę uwag szczegółowych.

- 1) Błędy w numeracji rysunków np.5.26 powinno być 5.23.
- 2) Błędy w numeracji tabel np.6.2 (77) powinno być 6.3.
- 3) Występują literówki, np. str. 3, 33, 107-110, powinno być „emitorów” (w tym przypadku wydaje się, że dokonujemy pomiaru emitorów punktowych i jednocześnie ruchomych, które stanowią elementy składowe zanieczyszczeń drogi postrzeganej jako emitor liniowy) zamiast „emiterów” (elektroda tranzystora bipolarnego, lub substancja emitująca promieniowanie, za SJP).
- 4) Pozycja literatury nr 93 Materiały producentów aparatury badawczej – wypadałoby wykazać je imiennie, o którą aparaturę chodzi i jakie to są materiały.
- 5) Na stronie 105 czytamy „wyniki uzyskanych pomiarów należy poddać korekcji względem warunków otoczenia (wilgotność, temperatura i ciśnienie)”, natomiast nie wskazano tu zasad przeprowadzania i liczbowej wartości tej korekcji.
- 6) Wnioski utylitarne – wniosek nr 2. Autorka wskazała, iż zastosowanie opracowanej metodyki badań pojazdów umożliwi stworzenie stref zielonych oraz stref niskoemisyjnych. Czytelnikowi po lekturze rozprawy wydaje się, że chodzi raczej o bieżące (dziś, czy w ciągu ostatnich kilku godzin) zidentyfikowanie takich stref, nie zaś o ich stworzenie dzięki pomiarom. Chyba, że intencją Autorki było wprowadzenie systemu karania w czasie rzeczywistym na etapie wjazdu do strefy ograniczonej systemami teledetekcji. Proszę o wyjaśnienie podczas obrony.
- 7) Proszę o wyjaśnienie na etapie obrony – w jaki sposób zaproponowana procedura przyczynić się może do poznania rzeczywistej emisji floty pojazdów dla każdego z wybranych obszarów (Wnioski utylitarne, nr 4).

Przedstawione uwagi w żadnej mierze nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy Pani mgr inż. Michaliny Kamińskiej. Rozprawę oceniam wysoko ze względu na jej wartość utylitarzną. W pracy zamieszczono solidny bagaż obejmujący cenne wyniki badań eksperymentalnych. Treść rozprawy przedstawia oryginalne podejście do rozwiązania problemu badawczego, z wykorzystaniem istniejącej metody badawczej, a w mojej opinii podjęte zagadnienie zostało rozwiązane w sposób adekwatny do obecnego stanu wiedzy.

## IV. Osiągnięcia pracy

Rozprawa posiada walory poznawcze i utylitarne, a jej tematyka jest dysertabilna. Przedstawiony do oceny materiał posiada wysoki związek z problemem poznawczym - wpływającym na usprawnienie działań diagnostycznych w dziedzinie budowy zautomatyzowanych i jednocześnie zdalnych systemów oceny emisji zanieczyszczeń oraz detekcji pojazdów, które nie wpisują się w wymagania norm. Układ pracy, tożsamy w mojej ocenie z przeprowadzonym ciągiem prac badawczych wskazuje, iż Autorka pracy posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych, a w celu rozwiązania zidentyfikowanego problemu i opisanie zjawisk towarzyszących zastosowała właściwe metody. Do zrealizowania założonego celu pracy w rozprawie opracowano następujące zadania:

- a) zaplanowano i wykonano eksperyment badawczy, badania stężeń związków szkodliwych za pojazdami wybranych typów,

- b) dokonano dokładnej analizy rozproszenia spalin, z podziałem na poszczególne zanieczyszczenia, dla różnych prędkości obrotowych silnika,
- c) dowiedziono wpływu ruchu pojazdu na zmniejszenie rozproszenia spalin,
- d) dowiedziono wpływu prędkości i przyspieszenia pojazdów na uzyskiwane wyniki badań,
- e) dowiedziono korelacji wyników uzyskiwanych za pomocą bramy emisyjnej oraz metody PEMS,
- f) zaproponowano autorską procedurę badawczą opartą o metodę teledetekcji, określając warunki otoczenia i warunki pomiarów oraz przedziały wartości granicznych.

Niepodważalnym osiągnięciem pracy jest możliwość wykorzystania niekonwencjonalnych metod inspekcji emisyjności zanieczyszczeń metodą podatną na zautomatyzowanie. Autorka potwierdziła wysoką efektywność zaproponowanej metody, a wyniki uzyskiwane podczas takich pomiarów mogą przynieść wymierne korzyści w postaci efektywności eliminowania najbardziej zanieczyszczających jednostek.

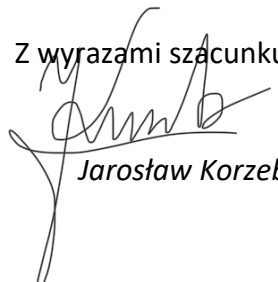
Można zauważyć duży potencjał w przyszłym zautomatyzowanym zbieraniu danych, dzięki czemu możliwe będzie śledzenie trendów i kierunków zmian zanieczyszczeń dla szlaków transportowych, przejść granicznych, czy wydzielonych do obserwacji obszarów aglomeracji.

#### IV. Wnioski końcowe

Problem wydajnej identyfikacji zwiększonych emisji zanieczyszczeń jest bardzo aktualny. Niekwestionowanym osiągnięciem Autorki rozprawy jest znalezienie wskazówek do kalibracji systemu pomiarowego oraz wytycznych dla oceny otrzymywanych wyników emisji zanieczyszczeń z podziałem na klasy pojazdów i grupy zanieczyszczeń. Przedstawiona do recenzji rozprawa stanowi wartościowy dorobek naukowo-badawczy Autorki, a pokazane w niej rezultaty posiadają zarówno wartości poznawcze, jak i użyteczne dla dziedziny nauk technicznych. Układ pracy jest prawidłowy, treść jest logicznie poprawna i dobrze koresponduje z aktualną wiedzą i praktyką prowadzenia badań emisji zanieczyszczeń. Na podstawie analizy treści rozprawy uważam, że Autorka dokonała trafnego doboru dziedziny, poprawnie zidentyfikowała i rozwiązała problem uzyskiwania wiarygodnych wyników badań, osiągnęła cel pracy przez wykonanie postawionych zadań. Autorka osadziła badania w realiach praktycznej eksploatacji dróg samochodowych i szynowych, przeanalizowała aspekty prawne oraz przeprowadziła poprawne wnioskowanie na podstawie wykonanych badań, przez co rozwiązała postawione na wstępie praktyczne zagadnienie pomiarowo-badawcze.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Michaliny Kamińskiej pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych” spełnia wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich stawiane obowiązującą Ustawą z dn. 20.07.2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2023 poz. 742, z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Z wyrazami szacunku



Jarosław Korzeb