



dr hab. inż. Hubert Kuszewski, profesor uczelni

Rzeszów; 01.03.2024 r.

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**

im. Ignacego Łukasiewicza

WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I LOTNICTWA

**Katedra Pojazdów Samochodowych**

**i Inżynierii Transportu**

Al. Powstańców Warszawy 12

35-959 Rzeszów

tel. 17 865 15 82, [hkuszewski@prz.edu.pl](mailto:hkuszewski@prz.edu.pl)

**RECENZJA**

**rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Michaliny KAMIŃSKIEJ  
pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin  
z pojazdów szynowych i drogowych”**

**1. FORMALNA PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI**

Podstawą opracowania i wydania niniejszej recenzji jest pismo z dnia 04.01.2024 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, Pana prof. dr. hab. inż. Jacka Pielechy (znak pisma RD/d/34/01/2023) w sprawie sporządzenia recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Michaliny Kamińskiej pod wymienionym tytułem.

**2. OCENA PODJĘTEJ TEMATYKI I CELU ROZPRAWY**

Od wielu lat, jednym z zasadniczych determinantów rozwoju środków transportu, przede wszystkim samochodowego, ale również szynowego, lotniczego i morskiego, jest dążenie do zmniejszenia negatywnego ich oddziaływania na środowisko naturalne. Z jednej strony, jest to oczywiście podyktowane dążeniem do ochrony zdrowia i poprawy jakości życia ludności, ale z punktu widzenia producentów środków transportu, kluczowa jest również konieczność implementacji takich rozwiązań konstrukcyjnych, które pozwolą na spełnienie obowiązujących i wciąż coraz bardziej restrykcyjnych norm emisyjnych dla określonych napędów. W tym względzie, w centrum uwagi są przede wszystkim pojazdy samochodowe oraz w nieco mniejszym stopniu szynowe, ponieważ to te środki transportu stanowią największy udział spośród tych znajdujących się



w eksploatacji. Ponieważ zdecydowana większość pojazdów samochodowych oraz stosunkowo duży udział pojazdów szynowych wyposażonych jest w napędy spalinowe, dlatego szereg działań ośrodków badawczych, rozwojowych i konstrukcyjnych, nieustannie koncentruje się wokół zagadnień związanych z ograniczeniem emisji szkodliwych składników spalin.

W związku z powyższym, istnieje potrzeba rozwoju metod i procedur badawczych pozwalających na wiarygodny pomiar stężenia niepożądanych składników spalin. Rozwijane od lat metody badawcze bazujące na testach realizowanych w warunkach stanowiskowych badań na hamowniach silnikowych i z wykorzystaniem hamowni podwoziowych, okazały się niewystarczające w zakresie odzwierciedlenia rzeczywistych warunków pracy silników i ruchu pojazdów. Skutkuje to znacznymi różnicami dotyczącymi wyników odnośnie emisji składników spalin uzyskiwanych w warunkach badań stanowiskowych i tych pochodzących z pomiarów w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Z oczywistych względów zatem, aktualnie w obszarze zainteresowań badaczy jest rozwój metod opartych o testy typu RDE (*Real Driving Emission*) wykorzystujących aparaturę badawczą typu PEMS (*Portable Emissions Measurement System*). Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że choć testy tego typu odzwierciedlają uwarunkowania eksploatacji uwzględniające różne warunki drogowe, pogodowe czy te związane ze stylem jazdy kierowcy, to realizowane są głównie na potrzeby badań homologacyjnych nowych pojazdów.

W dalszym ciągu jednak pozostaje problem emisyjności pojazdów, które przez dłuższy czas znajdują się już w eksploatacji i z wielu względów emitują znacznie więcej związków szkodliwych niż pojazdy nowe lub o niskim stopniu wyeksploatowania. Eliminacja z ruchu pojazdów, uznanych na podstawie pomiarów emisyjności w warunkach ich rzeczywistej eksploatacji, za stanowiące istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego, może być uznana za rozwiązanie przyszłościowe, a być może i jednocześnie niezbędne działanie proekologiczne mające na celu ochronę zdrowia ludności, zwłaszcza w obszarach silnie zurbanizowanych. To z kolei wymaga rozwoju i opracowywania nowych metod badawczych, bazujących na systemach zdalnej detekcji stężeń związków szkodliwych zawartych w emitowanych spalinach. Niewątpliwie stanowi to nowy rozdział w ewolucji metod badawczych emisyjności pojazdów oraz praktycznego wykorzystania uzyskanych w rezultacie ich zastosowania wyników.

Powyższe zagadnienia stanowiły inspirację do podjęcia przez Panią mgr inż. Michalinę Kamińską niezwykle istotnego problemu badawczego, sformułowanego w pracy jako: *„Identyfikacja pojazdów o ponadnormatywnej emisji związków szkodliwych spalin przy wykorzystaniu metody teledetekcji”*, czego następstwem było przygotowanie rozprawy doktorskiej zatytułowanej jako: *„System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych”*.

Adekwatnie do tematu rozprawy i problemu badawczego, Autorka wyznaczyła cel pracy, który sformułowała jako: *„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”*.

Mając na uwadze powyższe, uważam Doktorantka podjęła problem badawczy o bardzo istotnej doniosłości poznawczej i praktycznej, a jednocześnie niewątpliwie stanowiący ważny wkład w rozwój dyscypliny naukowej reprezentowanej przez Autorkę. Pozytywnie zatem oceniam wybór tematu rozprawy, podjęty problem badawczy i postawiony do realizacji cel pracy, które zdecydowanie uważam za bardzo trafne i aktualne oraz o bardzo dużym potencjale rozwojowym i aplikacyjnym.

### 3. OCENA STRONY METODYCZNEJ I REDAKCYJNEJ ROZPRAWY

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska podzielona jest na dwie zasadnicze części – część studialną, obejmującą analizę materiału źródłowego z zakresu problematyki pracy oraz część eksperymentalną. Część eksperymentalna, a jednocześnie zasadnicza pracy, ukierunkowana jest natomiast na przeprowadzenie badań stężenia szkodliwych składników spalin, adekwatnie do dwóch przyjętych problemów badawczych. Pierwszy z nich związany jest z poszukiwaniem odpowiedzi na pytanie, czy na podstawie analizy stężeń związków szkodliwych spalin z poddanych badaniom pojazdów, mierzonych przy użyciu aparatury typu PEMS, możliwe jest uzyskanie korelacji z wynikami pomiarów stężeń uzyskanymi z wykorzystaniem teledetekcyjnego systemu pomiarowego. Drugi z przyjętych do rozwiązania problemów, polegał z kolei na określeniu dopuszczalnych wartości stężeń związków szkodliwych spalin uzyskanych poprzez pomiar z wykorzystaniem bramy emisyjnej oraz zdefiniowaniu warunków takiego pomiaru.

Rozprawa obejmuje 129 stron tekstu w formacie A4, łącznie ze stroną tytułową, streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem treści, wykazem ważniejszych skrótów i oznaczeń oraz bibliografią. W pracy zawarto 130 wykresów, 38 tabel oraz trzy formuły obliczeniowe. Praca została podzielona na 11 rozdziałów, z czego 8 zostało rozbudowanych o podrozdziały.

Po stronie tytułowej, w pracy zamieszczono około półtorastronicowe streszczenia w językach polskim i angielskim, w których w zwięzły sposób nakreślono tematykę pracy, jej cel i zakres merytoryczny. Zwrócono w nich również uwagę na najistotniejsze osiągnięcia poznawcze oraz aplikacyjne będące rezultatem przeprowadzonych badań i analiz.

Kolejne półtorej strony zajmuje wykaz najważniejszych skrótów i oznaczeń.

We wstępie, stanowiącym jednocześnie 1 rozdział pracy, zwrócono uwagę przede wszystkim na zagrożenia wynikające z zanieczyszczenia powietrza związkami szkodliwymi spalin. Za szczególnie istotne dane zawarte w tej części pracy, nawiązujące do tematyki pracy, należy uznać te, które dotyczą charakterystyki szkodliwych związków pochodzących ze spalania paliw w sektorze transportowym. W dalszej części wstępu, w syntetyczny sposób omówiono działania podejmowane na rzecz redukcji gazów cieplarnianych pochodzących z transportu oraz rozwiązania kryzysu zdrowotnego związanego z zanieczyszczeniem powietrza.

Wysoko należy ocenić cały rozdział 2, który poświęcony jest regulacjom prawnym odnoszącym się do badania emisji związków szkodliwych w spalinach. Przegląd stanu prawnego jest bardzo szczegółowy i stanowi swoiste kompendium wiedzy w tym zakresie. Świadczy to o bardzo dobrym rozpoznaniu przez Autorkę tych zawiłych i skomplikowanych pod względem proceduralnym zagadnień. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że zwrócono tu uwagę nie tylko na stan prawny dla pojazdów samochodowych, ale również pojazdów szynowych, co jest komplementarne w stosunku do zakresu prowadzonych badań.

Rozdział 3 to analiza literatury z zakresu badań związków szkodliwych spalin z pojazdów różnych kategorii. Podkreślono tu między innymi znaczenie testów RDE z wykorzystaniem aparatury typu PEMS oraz brak sprecyzowanych regulacji odnośnie badania pojazdów szynowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Co istotne, Autorka wyraźnie wskazała w tej części pracy na ograniczenia i trudności realizacji badań emisyjności w warunkach testów RDE i ogólnie w warunkach ruchu pojazdów. W dalszej części uzasadniono coraz większe zainteresowanie i potrzebę rozwoju teledetekcyjnych systemów pomiarowych – tunelowych, z wykorzystaniem metody odwrotnej dyspersji, metody ekstrakcyjnej i otwartej ścieżki.

Gruntowny i tematycznie powiązany ciąg zagadnień zaprezentowanych w rozdziałach 1–3 stanowił podstawę sformułowania zasadniczego celu pracy, problemu badawczego i w rezultacie niezbędnego zakresu koniecznych do realizacji prac, co łącznie zawarto w rozdziale 4. Ogólnie z rozdziału tego jednoznacznie wynika, że nadrzędnym tematem podjętych przez Autorkę prac badawczych, było badanie stężeń związków szkodliwych spalin z silników pojazdów drogowych oraz szynowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Przedstawiona w formie graficznej struktura pracy dodatkowo dokładnie wyjaśnia, jakie były poszczególne etapy pracy.

Rozdziały 5–10 stanowią zasadniczą część pracy. W rozdziale 5 omówiona została metodyka badań, w zakresie której zaprezentowano program badań, obiekty badawcze, wykorzystaną w badaniach aparaturę pomiarową oraz trasy przejazdu pojazdów wybrane dla badań odnoszących się do rzeczywistych warunków ruchu.

W rozdziale 6 zaprezentowano część badawczą dotyczącą stężeń związków szkodliwych spalin pojazdów osobowych i ich rozproszenia przy użyciu aparatury typu PEMS. W rozdziale 7 zawarto z kolei wyniki badań stężeń związków szkodliwych spalin pojazdów szynowych, również przy użyciu aparatury typu PEMS. Rozdziały 8 i 9 związane są natomiast bezpośrednio z tematyką pracy i zawierają odpowiednio, opis i analizę wyników badań stężeń związków szkodliwych spalin pojazdów osobowych i szynowych uzyskanych przy wykorzystaniu teledetekcyjnego systemu pomiarowego.

Rozdział 10 zawiera autorską propozycję procedury badawczej pomiarów teledetekcyjnych z wykorzystaniem bramy emisyjnej dla pojazdów osobowych i szynowych, co stanowi jednocześnie bardzo istotne zwieńczenie obszernych badań eksperymentalnych, w szczególności w zakresie praktycznego wykorzystania uzyskanych w ich rezultacie wyników.

W rozdziale 11, choć zatytułowanym jako „*Podsumowanie i wnioski*” przedstawiono w istocie tylko wnioski, które sformułowano jako wnioski ogólne, szczegółowe, metodyczne, użytkowe i prognostyczne.

Spis literatury, oznaczony jako rozdział 12, nawet jak na rozprawę doktorską, jest bardzo obszerny i zawiera aż 188 pozycji, które uporządkowane zostały alfabetycznie. Zauważono jednak, że pozycja [173] nie została zacytowana w pracy, natomiast na stronie 19 rozprawy przywołano Rozporządzenie UE nr 630/2012, ale tej pozycji z kolei nie uwzględniono w wykazie materiału źródłowego. Materiał źródłowy jest poprawnie dobrany, w zdecydowanej większości dający się łatwo zidentyfikować i adekwatny do omawianych zagadnień. W spisie literatury uwzględniono 26 różnego rodzaju regulacji prawnych, głównie dyrektyw i rozporządzeń Komisji Unii Europejskiej oraz 8 źródeł internetowych. Pozostały materiał źródłowy stanowią różnego rodzaju raporty, instrukcje oraz artykuły naukowe i publikacje zwarte.

W mojej ocenie, pod względem metodycznym, przedłożona do recenzji rozprawa stanowi opracowanie naukowe bez większych zastrzeżeń. Choć praca cechuje się ponadprzeciętnie rozbudowaną strukturą podziału treści, nawet jak na rozprawę doktorską, to układ poszczególnych rozdziałów i podrozdziałów jest logiczny, a także adekwatny do zakresu pracy oraz wymagań stawianych pracom naukowym o charakterze badawczym. Rozprawa napisana jest poprawnym językiem, w sensie zarówno stylistycznym, jak i terminologicznym. Opracowanie jest również starannie zredagowane, z niewątpliwie dużą dbałością o szczegóły i jakość przekazu. Bogaty materiał

ilustracyjny zamieszczony w pracy jest w większości dobrej jakości, tabele są poprawnie sformatowane, a ich dobór i ułożenie w treści ułatwiają analizę prezentowanych danych, w szczególności tych pochodzących z eksperymentalnych etapów realizacji pracy.

W treści pracy dają się zauważyć pewne błędy interpunkcyjne, stylistyczne, redakcyjne i edycyjne oraz tzw. „skrótów myślowe”, których szczególnie w pracach naukowych należy unikać. Poniżej wskazuję na niektóre z tych uchybień:

1. Wydaje się, że intencją Autorki było podanie tytułu rozprawy w nagłówkach każdej strony. Jeśli tak, to należy zwrócić uwagę, że tytuł w nagłówkach ma nieco inne brzmienie, niż tytuł pracy. W nagłówkach jest „...zanieczyszczeń...” a w tytule pracy „...związków szkodliwych spalin...”.
2. Strona 2: zamiast „...przeprowadzono badania związków szkodliwych...” powinno być „...przeprowadzono badania stężeń związków szkodliwych...”.
3. Występują uchybienia interpunkcyjne, przykładowo na stronie 2: zbędny przecinek przed spójnikiem „oraz”; braki przecinków w miejscach, gdzie pełnią one funkcję oddzielającą zdania składowe, np. „...na podstawie których...”. W niektórych miejscach brakuje kropek na końcu zdania (np. na stronie 12 w zdaniu: „Składnikiem zanieczyszczenia powietrza jest także  $\text{NO}_2$ , będący gazem, który powstaje wraz z  $\text{NO}$  w procesach spalania.”)
4. Strona 7 oraz strona 100: błąd numeracji podrozdziałów – numer 9.1 przypisano do dwóch podrozdziałów.
5. Tabela 2.1 (przykładowo): jako separatory dziesiętne powinny być stosowane przecinki; występuje tu także oznaczenie DCM i DMC; dla masy wyrażonej w tonach powinna być użyta litera „t” zamiast „T”.
6. Strona 28: zamiast „...usprawniają przeprowadzania badań.” powinno być „...usprawniają prowadzenie badań.”
7. Strona 31: zamiast „graniczona” powinno być „ograniczona”.
8. Strona 31: zamiast „...daje możliwość następuje identyfikacji tablic rejestracyjnych...” powinno być „...daje możliwość identyfikacji tablic rejestracyjnych...”.
9. Strona 33: zamiast „...zmniejszenie długości życia...” powinno być „...skrócenie długości życia...”.
10. Strona 33: zamiast „...potwierdzonej badaniami zgodnymi z rzeczywistymi warunkami eksploatacji...” może lepiej byłoby „...potwierdzonej badaniami realizowanymi w rzeczywistych warunkach eksploatacji...”.
11. Strona 38: tabela 5.3 nie zawiera żadnych danych liczbowych, jednostkę „cm” należało zatem pominąć.
12. Strona 40: zamiast „Warunki pomiaru związków szkodliwych...” powinno być „Warunki pomiaru stężeń związków szkodliwych...”.
13. Strona 40: zamiast „c) brama emisyjna” powinno być „b) brama emisyjna”.
14. Strona 40: zamiast „...pomiaru teledetekcji...” powinno być „...pomiaru teledetekcyjnego...”.
15. Strona 42: zdanie rozpoczynające się od „Pojazd spełniający normę...” wydaje się być niedokończone.
16. Strona 43: zamiast „...przeprowadzenie...” oraz „...przeprowadzanie...” korzystniej, w zdaniach gdzie wyrazy te występują, brzmiałoby „...prowadzenie...”.
17. Strona 44 i 45: w tabelach 5.7 i 5.8 w odniesieniu do danych technicznych analizatorów wskazano na „Rozkład”. Wydaje się jednak, że chodzi tu o „Rozdzielczość”.

18. Strona 56 i 57: pomyłka przy numeracjach rysunków, po rysunku o numerze 5.22, kolejny rysunek ma numer 5.26.
19. Strona 58: zamiast „Zanieczyszczenia pojazdów...” powinno być raczej np. „Stężenia związków szkodliwych spalin pojazdów...”.
20. Strona 76 i 77: omyłkowo dwie różne tabele oznaczono jako tabela 6.2.
21. Strona 82 i 83: W tabelach 6.7 i 6.8 błędnie podano jednostkę stężenia PM. Zamiast „PM [ppm]” powinno być „PM [mg/m<sup>3</sup>]”.
22. Strona 93: na rys. 8.4 zamiast „CO [%]” powinno być „CO [ppm]”.
23. Strona 94: na rys. 8.6 zamiast „HC [%]” powinno być „HC [ppm]”.
24. Strona 95: na rys. 8.8 zamiast „NO [%]” powinno być „NO [ppm]”.
25. Strona 96: na rys. 8.10 zamiast „PM [%]” powinno być „PM [mg/m<sup>3</sup>]”.
26. Strona 107 i 109: omyłkowo dwa rysunki oznaczono jako rys. 10.3.

Powyższe, w większości drobne uchybienia, absolutnie nie umniejszają jakości przekazu i ogólnie wysokiej ocenie strony redakcyjnej pracy. Wskazanie na te niedoskonałości pozwoli jednak być może na uniknięcie ewentualnego ich powielania przez Doktorantkę podczas przygotowywania przyszłych publikacji, w szczególności z zakresu tematycznego prezentowanego w poddanej recenzji pracy.

#### 4. OCENA MERYTORYCZNA

Poddana recenzji rozprawa doktorska stanowi popartą licznymi pracami eksperymentalnymi próbę rozwiązania niezwykle istotnego problemu, jakim bez wątplenia jest opracowanie systemu pomiarowego, który byłby w stanie umożliwić eliminację z ruchu tych środków transportu samochodowego i szynowego, które według przyjętych kryteriów emitują ponadnormatywne ilości składników szkodliwych spalin. Zadanie jakiego podjęła się Doktorantka jest niezwykle złożonym zagadnieniem badawczym, wymagającym zastosowania wielu nowoczesnych urządzeń pomiarowych oraz opracowania rozbudowanego planu realizacji prac o charakterze technicznym i eksperymentalnym. Główny cel pracy, któremu podporządkowany został harmonogram wszystkich zrealizowanych prac, był ukierunkowany na opracowanie metody oceny stężeń związków szkodliwych spalin z dwóch typów pojazdów będących w ruchu.

Pierwszym, bardzo istotnym etapem realizacji rozprawy, było rozpoznanie przedmiotowej problematyki i uzasadnienie potrzeby opracowania systemu oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych, skutecznego w ustalonym zakresie oraz nie ingerującego w proces eksploatacji pojazdów. Doktorantka, podczas analizy obszernego materiału źródłowego, skoncentrowała się na zagadnieniach związanych z destrukcyjnym oddziaływaniem szkodliwych składników spalin na ludzkie zdrowie i środowisko naturalne, regulacjach prawnych dotyczących emisji spalin oraz metodach badań stężenia i emisji związków szkodliwych. Ta część pracy w mojej ocenie została zrealizowana bardzo starannie, niewątpliwie dużym nakładem pracy i ogólnie w sposób, który jednoznacznie potwierdza, że Doktorantka bardzo dobrze zapoznała się z wyżej wymienionymi zagadnieniami.

Sformułowany w rezultacie analizy literaturowej cel pracy i problemy badawcze stanowiły podstawę przyjęcia i realizacji kolejnych, a zarazem zasadniczych etapów pracy, składających się na jej część eksperymentalną. Na uwagę i wysoką ocenę zasługuje opis metodyki badań. W tym zakresie, w pierwszej kolejności przedstawiony został program badań, który w sposób nie budzący wątpliwości wyjaśnia kolejność realizacji poszczególnych etapów prac eksperymentalnych. W dalszej części

opisu metodyki bardzo, szczegółowo przedstawiono poszczególne urządzenia pomiarowe, podając zasadę ich działania, podstawowe parametry, schematy i zdjęcia.

Zasadniczą część eksperymentalną rozpoczęto od pomiarów stężeń związków szkodliwych spalin pojazdów osobowych i ich rozproszenia. W tym celu wykorzystano aparaturę typu PEMS. Zgodnie z przyjętym harmonogramem, w pierwszej kolejności przeprowadzono pomiary w warunkach laboratoryjnych dla reprezentatywnych pojazdów, z czego jeden był wyposażony w silnik o zapłonie samoczynnym, a drugi w silnik o zapłonie iskrowym. Określenie, wprowadzonego na potrzeby realizacji pracy pojęcia rozproszenia spalin w ujęciu wymiernym, związane było z koniecznością umieszczenia sondy pomiarowej w różnych odległościach od końca układu wylotowego pojazdu. Pomiary prowadzono dla prędkości obrotowej biegu jałowego silnika i dwóch wyższych prędkości obrotowych. Dalszy etap prac to pomiary stężenia analizowanych składników spalin w warunkach rzeczywistych, zarówno dla samochodów osobowych, jak i szynowych. W tym przypadku wyniki pomiarów stężeń odnoszono do warunków ruchu pojazdów określonych przez przyspieszenie i prędkość jazdy.

Zgodnie z założeniem, obszerne badania laboratoryjne i w warunkach ruchu pojazdów, realizowane przy użyciu systemu pomiarowego PEMS, były niezbędne do określenia warunków efektywnego pomiaru teledetekcyjnego stężenia składników spalin. Na podstawie wnikliwej analizy zebranych danych pomiarowych ustalono, że efektywny pomiar stężenia poddanych analizie składników spalin za pojazdami uzyskuje się, zarówno w przypadku pojazdów samochodowych jak i szynowych, dla niskich i średnich prędkości jazdy oraz dużych wartości przyspieszeń.

Kolejny, kluczowy etap prac, został skoncentrowany na wykorzystaniu bramy emisyjnej w badaniach laboratoryjnych i rzeczywistych obejmujących samochody osobowe. W pierwszej fazie tych prac, Doktorantka podjęła problem dotyczący analizy występujących korelacji pomiędzy wynikami pomiaru stężeń związków szkodliwych spalin uzyskanymi przy użyciu bramy emisyjnej oraz aparatury typu PEMS. Analiza przedmiotowych korelacji została przeprowadzona tylko w odniesieniu do samochodów osobowych.

Na szczególną uwagę zasługuje końcowy etap badań, w którym system teledetekcyjny wykorzystano do pomiarów stężeń związków szkodliwych spalin przy uwzględnieniu licznej grupy samochodów osobowych (70 pojazdów) i autobusów szynowych (100 pojazdów). Badania te w rezultacie pozwoliły Doktorantce stwierdzić, że przeprowadzenie pomiarów teledetekcyjnych umożliwia identyfikację pojazdów, które w danej grupie cechują się wyraźnie większym, w stosunku do innych pojazdów, stężeniem analizowanych związków.

Na wysoką ocenę zasługuje opracowana przez Doktorantkę autorska propozycja procedury badawczej pomiarów teledetekcyjnych z wykorzystaniem bramy emisyjnej. Ta finalna część opracowania, poprzedzająca wnioski z pracy, stanowi zwięźczone omówienie obszernych badań eksperymentalnych i analiz zebranych danych. Dodatkowo stanowi ona również potwierdzenie, że Autorka doskonale zna ograniczenia związane z zastosowaniem teledetekcyjnych pomiarów stężeń związków szkodliwych spalin i jest świadoma trudności związanych z wykorzystaniem uzyskanych w ten sposób wyników w praktyce. Niewątpliwie jednak, dalszy rozwój i weryfikacja zaproponowanej przez Doktorantkę procedury pomiarów teledetekcyjnych, mogą stanowić podstawę dalszych badań nad wykorzystaniem bramy emisyjnej.

W syntetycznym ujęciu, za znaczące i warte podkreślenia osiągnięcia Doktorantki, uważam:

- rzeczową analizę materiału źródłowego, w szczególności w odniesieniu do europejskich regulacji prawnych dotyczących badań emisji spalin,
- przeprowadzenie, obszernych i złożonych pod względem technicznym, pomiarów laboratoryjnych oraz w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdów stężeń związków szkodliwych spalin z wykorzystaniem aparatury typu PEMS, nie tylko w odniesieniu do samochodów osobowych, ale również pojazdów szynowych,
- przeprowadzenie pomiarów teledetekcyjnych stężeń związków szkodliwych spalin dla licznej grupy samochodów osobowych i pojazdów szynowych,
- szczegółową analizę, uzyskanych z każdego etapu prac badawczych, danych eksperymentalnych,
- autorską propozycję procedury badawczej pomiarów teledetekcyjnych z wykorzystaniem bramy emisyjnej dla pojazdów osobowych i szynowych.

Lektura rozprawy nasuwa też pewne wątpliwości, kwestie wymagające doprecyzowania oraz uwagi o charakterze dyskusyjnym, a mianowicie:

1. Wskazane byłoby podanie, czym kierowano się przy wyborze prędkości obrotowych silników podczas laboratoryjnych etapów pomiarów stężeń związków szkodliwych spalin (bieg jałowy, 1500 i 3000 obr/min). (*Proszę o ustosunkowanie się do tej uwagi w trakcie publicznej obrony*).
2. Na stronie 37 stwierdzono, że „Punkty pomiarowe ustalono na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań”. Samo stwierdzenie (strona 74), że w punktach oznaczonych jako 5, 10 i 20 cm „...następowała znaczna zmiana uzyskanych wartości.” spośród wstępnie wybranych 15 punktów (nie wliczając pomiaru bezpośrednio w układzie wylotowym), jest w mojej opinii mało precyzyjne i zasadne byłoby zastosowanie w tym przypadku wymiernego kryterium wyboru tych punktów.
3. Interesująca, a jednocześnie dyskusyjna co do skuteczności, jest zaproponowana metoda określania stanu termicznego pojazdu (określenie użyte w pracy) na podstawie temperatury kół jezdnych samochodu i na tej podstawie stwierdzanie poprawności działania układów oczyszczania spalin. Proszę o wyjaśnienie, na czym polegało badanie, które potwierdziło słuszność tej metody. (*Proszę o ustosunkowanie się do tej uwagi w trakcie publicznej obrony*).
4. Brakuje wyjaśnienia, dlaczego spośród pojazdów drogowych badania prowadzono tylko dla samochodów osobowych, a pominięto np. duże samochody ciężarowe czy dostawcze. (*Proszę o ustosunkowanie się do tej uwagi w trakcie publicznej obrony*).
5. Na stronie 41 podano: „Wyniki przedstawiono w dalszej części pracy w formie analizy statystycznej. Średnie stężenie poszczególnych związków szkodliwych spalin odniesiono do liczby pomiarów.” Podczas podawania wyników pomiarów, nie sprecyzowano jednak liczby wykonywanych pomiarów.
6. Jak podaje Doktorantka, jednym z zasadniczych celów wdrożenia pomiaru teledetekcyjnego stężeń szkodliwych związków spalin jest wyeliminowanie z ruchu tzw. „największych emiterów” (określenie używane w pracy). Brakuje bliższych informacji, jak miałyby przebiegać taka procedura, zwłaszcza w kontekście prawnym.
7. W tabeli 5.11 podano dane techniczne analizatorów gazowych bramy emisyjnej wskazując m.in. na progi detekcji, przy czym zwracają uwagę niskie wartości tych progów dla poszczególnych składników gazowych spalin. Ponieważ jednak u podstaw analizowanej pracy doktorskiej leżą



pomiary stężeń związków szkodliwych przy wykorzystaniu systemu teledetekcyjnego, to wskazane byłoby podanie również niepewności pomiarowej oraz procedury kalibracji dla tego systemu.

8. Prezentację wyników pomiarów rozproszenia spalin oraz stężeń analizowanych związków, wskazane byłoby uzupełnić o analizę niepewności pomiarowej. W przeciwnym razie wątpliwości może budzić np. podawanie wyników z uwzględnieniem różnej liczby cyfr znaczących, nawet w odniesieniu do tego samego związku szkodliwego i przy użyciu tej samej aparatury pomiarowej. Jest to tym bardziej istotne, ponieważ w pracy podawane są wartości stężeń z uwzględnieniem dziesiątych, a nawet setnych części ppm (np. na stronie 70 w odniesieniu do HC oraz w tabeli 6.7 na stronie 82 w odniesieniu do CO) a także setnych i tysięcznych części procenta (np. w tabeli 6.8 na stronie 83 w odniesieniu do CO<sub>2</sub>). Również w przypadku stężenia PM, podawanie wartości stężenia wynoszącego  $7,08 \cdot 10^{-5}$  mg/m<sup>3</sup>, bez analizy niepewności pomiaru, może budzić wątpliwości (strona 83, tabela 6.8).
9. W odniesieniu do treści ważnego podrozdziału 8.2, bo dotyczącego analizy występujących korelacji między wynikami uzyskanymi przy użyciu bramy emisyjnej oraz aparatury typu PEMS, ograniczono się jedynie do tekstowego ujęcia tego, co zaprezentowano na wykresach. Zasadne byłoby zamieszczenie choćby syntetycznego podsumowania wyników przeprowadzonej analizy.
10. W pracy brakuje uzasadnienia, dlaczego analizę występujących korelacji między wynikami uzyskanymi przy użyciu bramy emisyjnej oraz aparatury typu PEMS przeprowadzono dla samochodów osobowych, z pominięciem pojazdów szynowych.
11. Przykładowo, w podrozdziale 6.2, prezentującego analizę rozproszenia spalin za pojazdem, w mojej opinii można było zastosować nieco inny układ prezentacji uzyskanych wyników, celem uniknięcia jej powielania. Wyniki zaprezentowano tu na wykresach, ale jednocześnie to, co można z nich odczytać zostało opisane (bez analizy przyczynowo skutkowej), a następnie, w rozdziale 6.5, ponownie zaprezentowano wyniki dotyczące rozproszenia spalin, tym razem w ujęciu tabelarycznym.
12. Przykładowo, analizując dane na rysunku 8.1, zwracają uwagę znaczne różnice pomiędzy wynikami pomiaru stężenia CO<sub>2</sub> uzyskane w pomiarze teledetekcyjnym (0,00563% dla 3000 obr/min) i z wykorzystaniem aparatury PEMS (13,82% dla 3000 obr/min). Uważam, że w takich przypadkach wskazane byłoby wyjaśnienie, z czego wynika tak duża różnica co do zmierzonych wartości. (*Proszę o ustosunkowanie się do tej uwagi w trakcie publicznej obrony*).

Reasumując, uważam, że pomimo pewnych uwag, wartość merytoryczna pracy zasługuje na wysoką ocenę. Obszerny zakres zrealizowanych prac eksperymentalnych i analiz, poprzedzone rzeczowym przeglądem materiału źródłowego, w szczególności pozwoliły na osiągnięcie założonego celu pracy i doprowadziły do rozwiązania sformułowanego problemu badawczego.

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

Rozprawa autorstwa Pani mgr inż. Michaliny Kamińskiej pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych” podejmuje problem badawczy o bardzo istotnej doniosłości poznawczej i praktycznej, a jednocześnie niewątpliwie stanowiący znaczący wkład teoretyczny oraz praktyczny w rozwój nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Przedłożona do oceny praca stanowi oryginalne opracowanie naukowe o bardzo dużym potencjale rozwojowym i aplikacyjnym. Sformułowany cel

pracy został osiągnięty, a problemy badawcze rozwiązane. W rezultacie potwierdzono zasadność wykorzystania pomiaru teledetekcyjnego do pomiaru stężeń związków szkodliwych spalin z różnych typów pojazdów znajdujących się w ruchu. Zaproponowana natomiast przez Autorkę procedura badawcza dla pomiarów teledetekcyjnych, będąca rezultatem realizacji obszernego zakresu badań eksperymentalnych, niewątpliwie inicjuje nowy etap w rozwoju metod efektywnej eliminacji z ruchu środków transportu o szczególnie destrukcyjnym oddziaływaniu na otoczenie.

Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością podjętej problematyki, umiejętnością prowadzenia złożonych pod względem technicznym eksperymentów związanych z badaniami stężenia szkodliwych składników spalin w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistej eksploatacji pojazdów. Ponadto potwierdziła, że potrafi analizować zebrane wyniki i formułować na ich podstawie wnioski. Świadczy to o posiadaniu ugruntowanej wiedzy teoretycznej i kompetencjach Autorki do samodzielnego prowadzenia prac badawczych w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych.

Reasumując stwierdzam, że **rozprawa doktorska Pani mgr inż. Michaliny Kamińskiej pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych” spełnia warunki zapisane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2018r., poz. 1668 z późn. Zm.) i na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej.**

Rzeszów, 1 marca 2024 r.

Hubert Kuszeński

#### Wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę:

- istotność podjętej tematyki o bardzo dużym potencjale rozwojowym i aplikacyjnym,
  - przekonujące uzasadnienie podjęcia tematu pracy,
  - bardzo obszerny zakres, złożonych pod względem technicznym, badań eksperymentalnych i umiejętność analizy zebranych w ich trakcie wyników,
  - wykazanie się przez Doktorantkę umiejętnością realizacji badań z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej,
- a ponadto wysoką ocenę merytoryczną dysertacji, jej strony metodycznej i redakcyjnej, potwierdzonych powyższą recenzją, ja niżej podpisany, **wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Michaliny Kamińskiej pt. „System zdalnej oceny emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów szynowych i drogowych”.**

Rzeszów, 1 marca 2024 r.

Hubert Kuszeński