

Bielsko-Biała 19 maja 2023

Dr hab. inż. Dariusz Pietras, prof. ATH
Akademia Techniczno-Humanistyczna
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Katedra Silników Spalinowych i Pojazdów

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karoliny Kurtyki
*Ekologiczna ocena samochodów osobowych
o różnych napędach w drogowych testach emisyjnych*

Formalna podstawa opracowania recenzji: pismo DR-63/628/2/2023 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Pana prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy z dnia 28 marca 2023 roku do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

Prawna podstawa opracowania recenzji: Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 2018 roku, poz.1669). Ustawa z 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2017 roku poz. 1789) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 roku poz. 261).

1. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Karoliny Kurtyki pt. „*Ekologiczna ocena samochodów osobowych o różnych napędach w drogowych testach emisyjnych*” została wydana na Politechnice Poznańskiej, Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu w 2023 roku. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Jacek Pielecha, promotorem pomocniczym dr hab. inż. Andrzej Ziółkowski.

Praca liczy 106 stron wydruku komputerowego obejmującego 6 rozdziałów, wykaz oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim, spis literatury oraz załącznika obejmującego 12

tablic. Spis literatury zawiera 35 pozycji naukowych, 15 aktów prawnych oraz 14 materiałów o charakterze informacyjnym i technicznym w tym źródła internetowe. Publikacje mają ścisły związek z tematem rozprawy i w zdecydowanej większości mają zasięg międzynarodowy.

2. Ocena wyboru tematyki rozprawy

Obowiązujące obecnie przepisy prawne, a na ich podstawie realizowane badania, których wyniki publikowane w literaturze oraz w oficjalnych dokumentach i interpretacjach Komisji Europejskiej skupiają się głównie na analizie wyników testów emisyjnych wykonywanych na hamowni podwoziowej w teście homologacyjnym (WLTC) oraz w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego (RDE) jako osobnych procedurach. Testy realizowane podczas rzeczywistej eksploatacji pojazdu na drodze lepiej odzwierciedlają rzeczywistą emisję spalin, niemniej często wyniki znacząco różnią się w poszczególnych testach jak również względem prób WLTC z uwagi na zbyt dużą liczbę czynników na nie wpływających. Dodatkowo skutkiem dualnego podejścia do oceny emisyjności pojazdów jest zwiększenie czasochłonności oraz kosztów. W wielu ośrodkach trwają aktualnie prace badawcze nad opracowaniem alternatywnych nowych metod badawczych, których celem ma być poprawa powtarzalności realizowanych testów RDE oraz lepsze odwzorowanie wyników testów RDE względem WLTC.

Doktorantka podjęła się tego typu zadania poprzez opracowanie metody określającej emisję spalin z pojazdów samochodowych w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego na podstawie wyników uzyskanych w teście homologacyjnym WLTC.

Biorąc pod uwagę powyższe przyjęty przez Doktorantkę temat jest bardzo aktualny. Tytuł rozprawy jest sformułowany poprawnie i oddaje zrealizowany przez Doktorantkę zakres prac przedstawionych w dysertacji.

3. Analiza treści rozprawy

Rozdział pierwszy pt.: „*Wprowadzenie*” przedstawia problematykę zanieczyszczenia atmosfery produktami pochodzenia antropogenicznego ze szczególnym uwzględnieniem transportu drogowego. Autorka przedstawiła udział źródeł transportu w globalnej emisji gazów cieplarnianych. Nie bez znaczenia wg doktorantki na obecny stan ma odsetek poszczególnych rodzajów napędów w użytkowanych pojazdach, gdzie nadal przeważają samochody zasilane wyłącznie silnikami o zapłonie iskrowym i samoczynnym. Wstępnie zostały również przedstawione priorytety dalszych działań Komisji Europejskiej w sprawie ograniczenia emisji spalin z sektora transportu.

Rozdział drugi to przedstawienie celu i zakresu rozprawy. Głównym celem pracy było opracowanie metody określającej emisję spalin z pojazdów samochodowych w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego na podstawie wyników uzyskanych w teście homologacyjnym. Realizacja celu pracy polegała na rozwiązaniu dwóch zadań badawczych oraz zadaniu analitycznym polegającym na skorelowaniu procedur testów homologacyjnych realizowanych na hamowni podwoziowej i w warunkach ruchu drogowego. Pierwsze zadanie badawcze związane było z przeprowadzeniem badań na hamowni podwoziowej w ramach realizacji testu WLTC. Drugie zadanie badawcze dotyczyło pomiarów emisji w ramach prób drogowych w rzeczywistych warunkach ruchu. Do tego zadania niezbędne było opracowanie odpowiedniej trasy badawczą spełniającej wymagania testów RDE.

Rozdział trzeci przedstawia w sposób szczegółowy rozwój procesu legislacyjnego dotyczącego kontroli emisji spalin z sektora transportu. Składa się z czterech podrozdziałów. Pierwszy odnosi się bezpośrednio do aktów prawnych i zawartych w nich wymaganiach odnośnie emisji ze środków transportu drogowego. W podrozdziałach drugim i trzecim doktorantka omówiła metodykę przeprowadzania testów homologacyjnych WLTC dla samochodów osobowych wg procedury WLTP oraz metodyki przeprowadzania drogowych testów emisyjnych RDE. Czwarty podrozdział stanowi przegląd publikacji w zakresie światowej działalności badawczej dotyczącej drogowych testów emisyjnych. Szczególną uwagę autorka zwróciła na prace nad opracowaniem alternatywnych nowych metod badawczych, których celem ma być poprawa powtarzalności realizowanych testów RDE oraz lepsze odwzorowanie wyników testów RDE względem WLTC. Podrozdział ten jest istotny z punktu widzenia podjęcia tematyki pracy.

W rozdziale czwartym autorka przedstawiła i uzasadniła wybór obiektów badań, stanowisko badawcze umożliwiające realizację testów hamownianych WLTC oraz aparaturę do realizacji badań drogowych. W rozdziale znalazły się również podstawowe równania umożliwiające wyznaczenie emisji spalin zarówno z testów laboratoryjnych jak również testów realizowanych w warunkach drogowych. Bardzo istotnym elementem tego rozdziału jest przedstawienie opracowanej specjalnie na potrzeby pracy, trasy badawczej spełniającej wymagania Komisji Europejskiej. Przedstawione zostały wszystkie charakterystyczne dane trasy RDE dla trzech wytypowanych pojazdów. Z uwagi na różnicę podziału testów na fazy, test WLTC podzielony jest na cztery fazy, a test RDE podzielony jest na trzy fazy, doktorantka przyjęła założenia o podobieństwie poszczególnych faz testów. Rozdział zakończony jest przedstawieniem czterech procedur obliczeniowych emisji umożliwiających bezpośrednie porównywanie wyników uzyskiwanych w teście homologacyjnym WLTC i testach drogowych RDE. Procedura pierwsza oznaczona jako WLTC to podział testu oraz określenie emisji drogowej spalin według standardowej procedury WLTP. Procedura druga oznaczona jako RDE to podział testu drogowego na fazy i wyznaczanie emisji zanieczyszczeń

według standardowej procedury RDE. Procedura trzecia oznaczona jako WLTC₁₊₂ to podział testu na trzy fazy 1+2, 3 oraz 4. Połączenie fazy pierwszej i drugiej odpowiada fazie miejskiej testu RDE. Czwarta zaproponowana procedura oznaczona jako WLTC_{RDE} to podział faz i wyznaczenie emisji w teście homologacyjnym według procedury RDE zakładającej podział w zależności od prędkości jazdy pojazdu. Te cztery opracowane przez i zaproponowane przez autorkę procedury porównywania wyników emisji zostały wykorzystane do analizy parametrów ruchu i emisji spalin w kolejnym 5 rozdziale,

Rozdział piąty obejmujący blisko 1/4 objętości całej pracy dotyczy analizy otrzymanych wyników badań zrealizowanych na hamowni podwoziowej oraz w testach drogowych i jest najważniejszą częścią pracy.

W podrozdziale 5.1 przedstawiona została analiza parametrów ruchu w testach emisyjnych poprzez porównanie udziałów prędkości i przyspieszeń pojazdów, uzyskanych według procedur pomiarowych WLTC_{RDE} oraz RDE z uwzględnieniem poszczególnych faz testu i rodzaju napędu pojazdu. Analiza parametrów ruchu pojazdów została zakończona wyznaczeniem korelacji między parametrami dynamicznymi badanych pojazdów. Według autorki najbardziej miarodajnym wskaźnikiem był iloczyn prędkości i przyspieszenia dodatniego dla którego uzyskała wysokie współczynniki determinacji (powyżej 0,95) dla wszystkich faz testów WLTC_{RDE} oraz RDE oraz badanych pojazdów.

W podrozdziale 5.2 przeprowadzona została analiza wyników emisji. Na początku podrozdziału 5.2 doktorantka przeprowadziła porównanie emisji drogowej zanieczyszczeń dla wszystkich badanych przypadków. Następnie przedstawiła porównanie emisji drogowej zanieczyszczeń zgodnie z procedurą badań drogowych oraz korelacje wyników emisji drogowej zanieczyszczeń między poszczególnymi testami. Ponieważ nie została potwierdzona uogólniona możliwość szacowania emisji drogowej zanieczyszczeń w warunkach drogowych na podstawie testu homologacyjnego w ostatniej części rozdziału 5 doktoranta przedstawiła efekty wykorzystania natężenia emisji zanieczyszczeń w teście homologacyjnym WLTC do szacowania wyników w teście drogowym RDE.

Rozdział szósty zawiera wnioski końcowe z przeprowadzonych analiz uzyskanych wyników badań oraz perspektywy dalszych prac.

4. Ocena pracy, uwagi ogólne i szczegółowe

Pod względem merytorycznym i metodycznym pracę oceniam wysoko, ponieważ odpowiada postawionemu celowi, przyjętym zadaniom badawczym i jest dostosowana do obowiązujących w tym zakresie wymogów. Na szczególną uwagę zasługuje pokaźny materiał badawczy i obliczeniowy oraz wysoka jakość opracowania redakcyjnego. Układ logiczny treści rozprawy jest czytelny, a zawarte w kolejnych rozdziałach treści są ze sobą dobrze

powiązane i tworzą logiczną całość. Praca została napisana poprawnym stylem z wykorzystaniem właściwego nazewnictwa inżynierskiego.

W pracy jest brak informacji o ilości przeprowadzonych testów. Dotyczy to zarówno badań realizowanych na hamowni podwoziowej jak również w warunkach ruchu drogowego. Nasuwa się pytanie czy wykonano po jednym teście WLTC i jednym teście RDE dla każdego pojazdu czy przedstawione wyniki są wynikami uśrednionymi z kilku zrealizowanych testów. Na stronie 50 jest mowa o kolejnych testach i średniej wartości z trzech testów. Czy dotyczy to trzech testów dla trzech różnych obiektów badań. Proszę odnieść się do tej uwagi podczas publicznej obrony.

Opisując elementy aparatury badawczej autorka ograniczyła się do przedstawienia dokładności pomiarowej urządzeń nie przeprowadzając analizy błędów pomiarowych.

Prawie połowa treści zawartej w rozdziale 6.1 jest powtórzeniem tekstu z rozdziałów wcześniejszych.

Poniżej przedstawiono wybrane uwagi szczegółowe:

- Str. 11, trzeci akapit od góry jakie zagadnienie dotyczące procedur podjęto (np. porównanie, określenie korelacji pomiędzy),
- Str. 30, wzór 4.2 i 4.3 dotyczy pompy waporowej, w IBiRM „Bosmal” jest CVS-CFV,
- Str. 31, wzór 4.5 jest ważny tylko dla benzyny E10, dla oleju napędowego wartość w liczniku wynosi 13,5,
- Str. 41, przedstawiona na rysunku 4.8 wysokość dotyczy zapewne wysokości nad poziomem morza. Jeśli tak to jednostka [m n.p.m.],
- Str. 42 tablica 4.4, różnice pomiędzy prędkościami stałymi i przyspieszeniem w teście pojazdu 3 w stosunku do pojazdów 1 i 2 to odpowiednio około 50 % i 30% różnicy. Nie jest to zatem niewielka różnica jak sugeruje autorka w opisie parametrów zawartych w tej tablicy.
- Str. 43, rysunek 4.9c brak linii -50% i -25%,
- Str. 46, drugi akapit od góry, wiersz trzeci powinno być 4.11,
- Str. 48, w podpisach pod rysunkami 4.12–4.15 powinno być 4.11 zamiast 4.10,
- Str. 51, rysunek 5.2, brak informacji o rodzaju pojazdu jak miało to miejsce na rysunkach 4.7 czy 4.10 (*a) pojazdu konwencjonalnego zasilanego benzyną, b) olejem napędowym, c) pojazdu hybrydowego*). Podobnie jest na rysunkach 5.4–5.8,
- Str. 57, opis rysunku 5.7, stwierdzenie „Porównanie uzyskiwanych wartości dla pojazdu wyposażonego w silnik o zapłonie iskrowym w teście WLTC (z podziałem na 4 fazy) oraz z podziałem na fazy według procedury RDE uwidacznia jedynie inne

przypisanie danego punktu pracy pojazdu do innej fazy testu.” nie jest również słuszne dla samochodu wyposażonego w silnik o ZS i pojazdu hybrydowego,

- Str. Str. 57, rysunek 5.7, dlaczego wykres w środkowej kolumnie w trzecim wierszu ma inny zakres pionowej osi „ $v \cdot a$ ”,
- Str. 58, rysunek 5.8, wykresy w lewej kolumnie dotyczą WLTC, w prawej RDE, powinno to być zaznaczone odpowiednio w legendzie na wykresie. Czy M-RDE na lewych wykresach będące sumą Fazy 1 i 2 i są tożsame z M-RDE z prawej kolumny,
- Str. 61, pierwszy akapit, ostatnie zdanie jest niezrozumiałe, co czego dowodzi i co jest wykorzystywane,
- Str. 61, rysunki 5.12–5.14, osie powinny mieć takie same zakresy,
- Str. 62, rysunek 5.15, podobnie jak wyżej,
- Str. 70, rysunek 5.20, podobnie jak wyżej, w tym przypadku można wyciągnąć błędne wnioski, nawet czterokrotna różnica w zakresie wartości osi,
- Str. 83 i 84, rysunki 5.34–5.36, błąd w podpisie, nie ma „cząstek stałych azotu”,
- Str. 85, rysunki 5.39 i 5.40 oraz tekst z opisem do tych rysunków. Współczynnik determinacji R^2 nie może mieć wartości ujemnych, jego zakres to 0–1. Wartości ujemne może przyjmować współczynnik korelacji R- Pearsona (-1–1),
- Str. 86, tabela 5.1, podobnie jak wyżej,

Przedstawione powyżej uwagi dotyczą w głównej mierze kwestii edytorskich i w żaden sposób nie obniżają poziomu merytorycznego ocenianej dysertacji.

5. Ocena końcowa

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, zaś podjęty przez Doktorantkę temat rozprawy dotyczy istotnych i aktualnych z naukowego i technicznego punktu widzenia problemów w obszarze transportu. Autorka wykazała się samodzielnością w formułowaniu oryginalnych problemów naukowych i ich rozwiązywaniu. Zrealizowany proces badawczy należał do trudnych, ponieważ jego realizacja wymagała zastosowania skomplikowanych technik pomiarowych, wykonania badań poza laboratorium oraz opracowania metody określającej emisję spalin, co potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia prac naukowych przez Doktorantkę.

W związku z powyższym rozprawa mgr. inż. Karoliny Kurtyki pt. „Ekologiczna ocena samochodów osobowych o różnych napędach w drogowych testach emisyjnych” spełnia warunki określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule

naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2017 r. poz. 1789) w zw. z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2018 r. poz. 1669).

Rozprawa stanowi podstawę do dopuszczenia do publicznej obrony mgr. inż. Karoliny Kurtyki oraz nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.



Dariusz Pietras