

dr hab. inż. Paweł Drożdziel, prof. uczelni
Katedra Zrównoważonego Transportu
i Źródeł Napędu
Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36
20- 618 Lublin
p.drozdziel@pollub.pl

Lublin, 20.11.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Kingi Skobiej pt.:
„Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego”

1. Wprowadzenie

Recenzję rozprawy doktorskiej wykonano na podstawie pisma nr DR/d/30/01/2023 z dnia 8 listopada 2023 r. prof. dra hab. inż. Jacka Pielechy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej

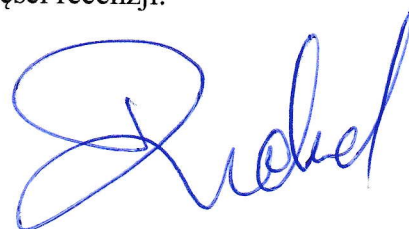
2. Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Kingi Skobiej pt.: *„Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego”* liczy 123 strony tekstu. W skład rozprawy wchodzi: streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz skrótów i symboli, wprowadzenie, 5 rozdziałów merytorycznych, wnioski oraz bibliografia.

Wykaz cytowanej w rozprawie doktorskiej literatury wynosi 85 pozycji, w tym: 23 pozycje dotyczące regulacji i rozważań formalno-prawych oraz 7 źródeł informacji pozyskanych z Internetu. W wykazie literatury przywołano także 53 artykuły opublikowane w czasopismach zagranicznych oraz 2 artykuły z czasopism krajowych. Należy w tym miejscu podkreślić, że prawie 72% pozycji cytowanych w rozprawie publikacji i materiałów zostało wydanych po 2018 roku. Doktorantka umieściła także w wykazie czasopism 4 opracowania naukowe, których jest współautorką.

Przedstawiona analiza przywoływanej przez Autorkę rozprawy literatury wskazuje, że oparła Ona swoje rozważania teoretyczne oraz badania eksperymentalne na aktualnej, a także oraz co istotne obcojęzycznej (po angielsku) literaturze zagadnienia dotyczącego oceny emisji składników toksycznych spalin emitowanych przez pojazdy podczas ich ruchu.

Uwagi krytyczne dotyczące recenzowanej rozprawy doktorskiej, zawierającej: 48 rysunków, 20 tabel oraz 39 wzorów przedstawiono w dalszej części recenzji.



2.1. Wybór tematu i zakres pracy

Doktorantka w swojej rozprawie doktorskiej bardzo dokładnie dowiodła, że istnieje potrzeba przeprowadzania dokładnej oceny emisji składników toksycznych spalin oraz energochłonności współczesnych samochodów napędzanych przez różne źródła napędu (silniki spalinowe, silniki elektryczne, układy hybrydowe) w warunkach rzeczywistych ich przejazdów uwzględniając przy tym obowiązujące prawem procedury homologacyjne. Dodatkowo Autorka wykazała konieczność opracowania nowej klasyfikacji samochodów uwzględniających ich aspekt ekologiczny w ruchu drogowym. Doktorantka zwróciła także uwagę na potrzebę skrócenia testów drogowych oceniających emisję składników toksycznych spalin z pojazdów o napędzie hybrydowym uwzględniając w nich przede wszystkim fazę funkcjonowania nieustabilizowanego termicznie silnika spalinowego.

W celu realizacji postawionych w pracy celów Autorka wykonała trzy różne badania samochodów osobowych w warunkach ich rzeczywistych przejazdów. Obejmowały one:

- wyznaczenie rzeczywistego poziomu emisji składników toksycznych lub zużycia energii przez reprezentatywne w swojej grupie pojazdy;
- określenie wartości minimalnych i maksymalnych emisji składników toksycznych spalin możliwych do osiągnięcia w przeprowadzonych testach drogowych dla określonego ich poziomu wyjściowego. To badanie umożliwiło Autorce zaproponowanie nowej klasyfikacji ekologicznej samochodów hybrydowych;
- porównanie wartości emisji składników toksycznych spalin z pojazdów hybrydowych w warunkach różnicowych testów drogowych. Pozwoliło to na wskazanie kierunków modyfikacji obowiązujących badań przebiegowych samochodów. Według Doktorantki w nowych testach drogowych należy uwzględnić fazę działania nieustabilizowanego termicznie silnika spalinowego oraz skrócenie długości trasy podczas wykonywania przejazdów pojazdu.

Biorąc pod uwagę zakres dokonanych oraz opisanych przez Autorkę w rozprawie rozważań literaturowych oraz wielostronnych badań pojazdów w warunkach rzeczywistych przejazdów stwierdzam, że zostały one przeprowadzone właściwie i zgodnie z zasadami dociekań naukowych, zaś temat rozprawy doktorskiej mieści się w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.



2.2. Ogólna charakterystyka pracy

W rozdziale pierwszym doktoratu pt. *Wprowadzenie* Autorka wyjaśniła, dlaczego podjęła się tematyki związanej z kompleksową oceną emisji składników toksycznych spalin emitowanych przez współczesne środki transportu drogowego.

Rozdział drugi pt. *Problematyka, cel i zakres rozprawy* przedstawia cel główny rozprawy, cele cząstkowe oraz opis trzech etapów przeprowadzonych przez Doktorantkę badań drogowych pojazdów dotyczących oceny emisji składników toksycznych spalin.

W rozdziale trzecim rozprawy zatytułowanym *Możliwość oceny emisji spalin z pojazdów samochodowych – przegląd literatury* Autorka rozprawy zaprezentowała bardzo dokładny przegląd aktualnej literatury związanej z oceną emisji składników toksycznych spalin emitowanych przez samochody, z uwzględnieniem różnych testów badawczych prowadzonych w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego.

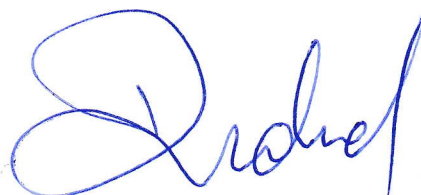
W kolejnym rozdziale pt. *Metodyka badań* Autorka omówiła podstawy teoretyczne przeprowadzania testów drogowych związanych z oceną emisji składników toksycznych spalin. Zaprezentowała także obiekty przeprowadzonych badań własnych, aparaturę badawczą, trasy przejazdów badanych pojazdów oraz procedurę wyznaczania minimalnej wartości emisji spalin w teście drogowym RDE.

W rozdziale piątym pt. *Wyniki badań własnych i ich analiza* Doktorantka przedstawiła i omówiła bardzo dokładnie uzyskane wyniki badań przeprowadzonych w rzeczywistych warunkach drogowych emisji składników toksycznych silników spalinowych wybranych samochodów. Zaproponowała także klasyfikację ekologiczną badanych pojazdów hybrydowych oraz porównała uzyskaną emisję składników toksycznych dla różnych testów drogowych.

W ostatnim rozdziale pt. *Wnioski i kierunki dalszych badań* Autorka rozprawy zaprezentowała wnioski ogólne i szczegółowe z przeprowadzonych przez Siebie eksperymentów związanych z oceną emisji składników toksycznych spalin w warunkach rzeczywistych przejazdów samochodów. W tym rozdziale Doktorantka wskazała także kierunki dalszych prac badawczych.

2.3. Cel główny oraz cele cząstkowe pracy doktorskiej

Celem recenzowanej pracy doktorskiej była *ocena emisji spalin pojazdów samochodowych z różnymi układami napędowymi w warunkach ruchu drogowego, obejmująca zastosowanie procedur homologacyjnych, ich autorskiej skróconej wersji, a także zdefiniowanie kategoryzacji emisyjnej pojazdów.*



W mojej ocenie, w części dotyczącej celu pracy zamiast pojęcia układ napędowy powinno być znaleźć się pojęcie źródło napędu. Stąd moje pierwsze pytanie szczegółowe.

Autorka na stronie 21 wymienia trzy cele cząstkowe:

- *Ocena emisji spalin i energochłonności samochodów osobowych o różnych układach napędowych (konwencjonalny, pojazdy hybrydowe i elektryczny) podczas ich rzeczywistej eksploatacji;*
- *Opracowanie procedury według której można ocenić, czy wykonany jezdny test emisji dla pojazdu jest wiarygodny, a jednocześnie wskazać przedział prawdopodobieństwa spełnienia wymagań w ruchu drogowym. Zadanie takie jest zbieżne z zadaniami optymalizacyjnymi, w których należy określić wartości ekstremalne, a także wyznaczyć wskaźniki, do których należy porównywać uzyskane wyniki emisyjne. W pracy wprowadzono wartościowanie pojazdów w testach drogowych, na podstawie którego ułatwione jest szacowanie klasy ekologicznej pojazdu (tzw. kategoryzacja pojazdów). Procedurę taką zaprezentowano dla pojazdów typu hybrydowego plug-in, ze względu na dwa źródła napędu, a więc zastosowano uniwersalność procedury;*
- *Określenie wpływu zapowiadanych zmian w odniesieniu do procedury RDE (m.in. skrócenie testów emisyjnych) na wyniki emisji spalin pojazdów samochodowych, a jednocześnie określenie wpływu zwiększonego udziału fazy zimnego rozruchu w tych testach na emisję związków szkodliwych spalin.*

Do sformułowanych przez Doktorantkę celów cząstkowych pierwszego i trzeciego nie mam uwag. Moje zastrzeżenia co do stylistyki i sformułowania wywołuje drugi cel cząstkowy. Wydaje mi się, że można z niego utworzyć dwa odrębne cele.

Pomimo tej uwagi należy stwierdzić, że cel główny oraz czele cząstkowe recenzowanej pracy doktorskiej został przez Doktorantkę zrealizowane.

2.4. Metodyka i obiekty badań

Obiektami opisanych i przeprowadzonych w rozprawie badań przebiegowych było 6 pojazdów: jeden napędzany tylko silnikiem spalinowym, cztery typu hybryda plug-in oraz jeden w pełni elektryczny. Samochody te wykonywały przejazdy badawcze na trasie spełniającej wymagania procedur wyznaczania emisji spalin w rzeczywistych warunkach drogowych.



Zastosowana przez Doktorantkę metodyka pozwoliła na uzyskanie wiarygodnych wyników pomiaru wartości składników toksycznych spalin emitowanych przez silniki spalinowego podczas wykonywania zaplanowanych eksperymentów.

Chciałbym także w tym miejscu pochwalić Autorkę za właściwie przygotowany oraz zrealizowany zakres prac i badań wykonanych w celu realizacji założonego celu głównego oraz celów cząstkowych. Z pewnością wymagało to od Badaczki osobistego zaangażowania, co pozwala stwierdzić, że potrafi Ona rozwiązywać złożone problemy naukowo-techniczne.

2.5. Oryginalność pracy

Oryginalną wartością recenzowanej rozprawy doktorskiej było opracowanie Autorskiej metodyki badań w warunkach drogowych umożliwiającej dokonanie oceny i kategoryzacji pojazdów typu hybryda plug-in pod względem emisji składników toksycznych spalin. Metodyka ta uwzględnia rygorystyczne wymagania testów prowadzonych w rzeczywistych warunkach drogowych (przejazdy w warunkach miejskich, pozamiejskich i na autostradzie) przy jednoczesnym skróceniu czasu ich trwania, a także uwzględnieniu fazy działania niestabilizowanego termicznie silnika spalinowego.

Jest to istotne z punktu widzenia dążenia przez Unię Europejską do zmniejszenia negatywnego oddziaływania drogowych środków transportu na środowisko naturalne człowieka, ale także na obniżenie ich energochłonności.

3. Uwagi krytyczne

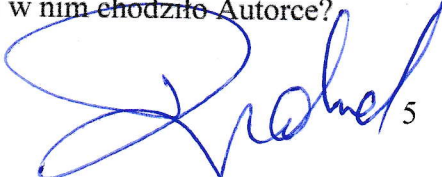
3.1. Uwagi o charakterze edycyjnym

Po pierwsze w tekście rozprawy występują liczne błędy łamania tekstu. Dla przykładu tzw. „wiszące litery” znajdują się na stronach: 11, 13, 14, 17, 19, 22 i wielu innych. Zaś tzw. „wiszące wiersze” można znaleźć na stronach 16, 23, 26-29, 36, 38, 46, 54, 75, 78, 82 itd.

Kolejny zbiór uwag o charakterze edycyjnym dotyczy błędów językowych i stylistycznych występujących w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

Dla przykładu – w ostatnim akapicie na stronie 11 czytamy *Najbardziej dynamicznie zmieniającym się sektorem przemysłu jest transport, który znacząco wpływa na stężenie niebezpiecznych substancji w powietrzu.* Proszę o rozwinięcie tego zdania przez Autorkę.

Na końcu strony 16 znajduje się zdanie *Badania [12] sugerują, że pojemność baterii stanowi zasób, który powinien być lepiej rozdzielany pomiędzy większą liczbę pojazdów hybrydowych, niż mniejszą w pojazdach elektrycznych, aby obniżyć emisję CO₂ w cyklu życia transportu do 2030 roku.* Proszę o odpowiedź na pytanie o co w nim chodziło Autorce?



5

Na stronie 24 znajdujemy zdanie *Autorzy [48] badali dwa pojazdy z napędem hybrydowym z napędem benzynowy w warunkach laboratoryjnych o różnych cyklach i trybach jazdy oraz w temperaturach letnich i zimowych.* Proszę Autorkę o krótkie omówienie tych badań.

Z kolei na stronie 25 czytamy *Podobną tematyką, ale w ujęciu bardzo szerokiego zakresu badań, zajęto się w ramach projektu Initial Green Vehicle Index Roadmap [54], Projekt podzielono na etapy w latach 2019-2030 zakładał....* Mam tutaj uwagę związaną z odwołaniem do literatury nr [54]. Pozycja ta jest z roku 1978, więc nie wiem, jak to ma się do przedmiotowego projektu. Dodatkowo Autorka wykazała, że projekt realizowano do roku 2030. Jak to ma się do tego, że obecnie jest rok 2023?

Ponadto nie za bardzo rozumiem, o co chodzi Autorce w zdaniu ze strony 76, które brzmi *W dwóch pozostałych obiektach zwiększenie masy tlenku węgla było większe niż przyrost pokonywanego dystansu.*

Z kolei na stronie 79 czytamy *Jednocześnie jest to potwierdzenie, że jednostki po downsizingu w pojazdach o dość znacznej masie własnej nie przynoszą spodziewanych rezultatów ekologicznych. Wynik końcowy emisji drogowej dwutlenku węgla dla w pojazdów 63 ± 2 g/km, co oznacza że wszystkie wartości nie odbiegały od siebie o więcej niż 3,2%.* Proszę Autorkę rozprawy o odpowiedź na pytanie o co w tych zdaniach Autorce chodzi?

Podobne pytanie rodzi się do wypowiedzi Autorki znajdujących się w dwóch pierwszych akapitach na stronie 109 w rozdziale nr 6.1 pt. *Wnioski ogólne.*

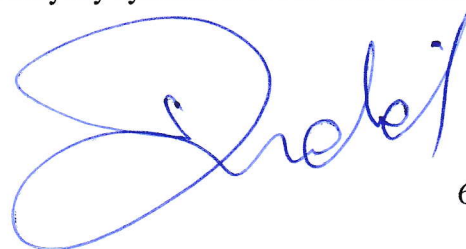
Błędy językowe, które zwróciły moją uwagę zostały zaznaczone w tekście recenzowanej rozprawy oraz przekazane Autorce.

Pragnę także zauważyć, że w recenzowanej pracy doktorskiej występują błędy związane z prezentowanymi rysunkami i wzorami.

Dla przykładu – w drugim akapicie na stronie 12 Autorka rozprawy pisze *...stanowią 21,6% ogólnej liczby nowych samochodów osobowych w UE.* Odnosi to do rysunku 1.1 na którym widzimy, że jest tam wartość 22,6%. Dodatkowo suma udziałów pojazdów dla roku 2022 na tym rysunku nie wynosi 100%.

Na stronie 60 znajdujemy odwołanie do rysunku 5.6b, który ma prezentować wskaźnik RF. Na następnej stronie znajduje się tylko rysunek 5.6a.

Z kolei na rysunku 5.10 wielkości E_{Ham} , E_{Calc} i E_{Lad} posiadają wartość ujemną, co powinno być uwidocznione znakiem "-,,. Podobna uwaga dotyczy rysunków 5.11c oraz 5.12a.



Na stronie 100 znajduje się rysunek 5.29. Wydaje mi się, że pierwszy wykres nie dotyczy przebiegu zmian wartości dwutlenku węgla dla testu oznaczonego przez Autorkę jako RDE, gdyż taki sam znajdujemy na rysunku 5.31 ze strony 102.

Uwaga o charakterze edycyjnym dotyczy także wzoru (4.3 ze str. 38), w którym zastosowano nie wiadomo, dlaczego kursywę. We wzorach (5.8) oraz (5.9) ze strony 83 uwzględniono emisję w warunkach miejskich przejazdów pojazdów pomimo tego, że Autorka wcześniej także na tej samej stronie pisze, że *W części miejskiej wartości natężenia emisji spalin wynosiły 0.*

We wzorze (5.10) ze strony 87 separator dziesiętny ma znak „.” zamiast „,”. Na tym etapie recenzji nasuwa mi się pytanie do Autorki, czy wszystkie przedstawione w rozprawie wzory zostały przygotowane w edytorze równań?

3.2. Uwagi o charakterze ogólnym

Moja pierwsza uwaga o charakterze ogólnym dotyczy przyjęcia przez Doktorantkę zakresów wartości wskaźnika CF przy określaniu klasy ekologicznej pojazdu. Dlaczego przyjęła tylko trzy zakresy oraz a zakres klasy A jest w przedziale 0%-50%. Może należałoby określić cztery klasy ekologiczne ze stałym przedziałem wynoszącym 25%. Mogłoby to zróżnicować badane samochody.

Druga uwaga związana jest z opinią Autorki wyrażoną na stronie 93 *Na podstawie doświadczenia Autorki, przytoczonych danych literaturowych oraz trendów w rozwoju metod badań w rzeczywistej eksploatacji konieczne staje się podjęcie rozważań dotyczących zmian w procedurach RDE.* Proszę o omówienie przez Doktorantkę swojego doświadczenia w zakresie modyfikacji testów drogowych prowadzonych w warunkach rzeczywistych.

Trzecia uwaga ogólna dotyczy współczynnika R^2 . Na stronie 87 jest on nazywany współczynnikiem determinacji, zaś na stronie 98 odnosi się on do pojęcia korelacji. Proszę Autorkę wyjaśnienie pojęcia współczynnika determinacji oraz współczynnika korelacji.

Ostatnia moja uwaga o charakterze ogólnym dotyczy badań związanych z określeniem średniej wartości długości trasy pokonywanej przez samochody osobowe pomiędzy kolejnymi rozruchami ich silników spalinowych w Europie lub na świecie. Czy Doktorantce znane są takie prace naukowe, a jeżeli tak, to jakie są ich wyniki. Znajomość rezultatów takich badań pozwala bowiem na określenie trasy przejeżdżanej przez pojazdy w zmodyfikowanych testach drogowych (służących do oceny emisji składników toksycznych spalin) która najbardziej odwzorowałaby rzeczywiste warunki ich użytkowania.



7

4. Pytania szczegółowe do Autorki pracy

1. Proszę Autorkę rozprawy o zdefiniowanie co rozumie przez pojęcie układ napędowy pojazdu?
2. Na stronie 14 w drugim zdaniu akapitu drugiego czytamy m.in. *Głównym czynnikiem tego zjawiska jest dobry zasięg pojazdu*. Proszę o odpowiedź na pytanie, co Autorka rozumie przez pojęcie *zasięg pojazdu* oraz jaka jest jego miara i od czego zależy jego wartość.
3. Na stronie 26 w rozdz. 3.2. w trzecim akapicie czytamy *Autorzy zauważyli, że wartości względnej emisji drogowej zależą bardziej od dystansu testu niż od jego trwania*. Proszę Doktorantkę o odpowiedź, dlaczego tak się dzieje?
4. Na stronie 105 czytamy *Zwiększenie wartości emisji dla testu rozpoczynanego z zimnego rozruchu wynika głównie z faktu braku uzyskania ustalonego stanu termicznego silnika w fazie miejskiej*. Proszę Autorkę rozprawy o odpowiedź na pytanie, jak stan termiczny silnika spalinowego wpływa na wartość emisji składników toksycznych spalin?

5. Ocena rozprawy i wniosek końcowy

Pomimo przedstawionych przeze mnie w punkcie 3 uwag krytycznych, recenzowaną rozprawę doktorską Pani mgr inż. Kingi Skobiej oceniam pozytywnie. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością problematyki prowadzenia badań literaturowych oraz eksperymentalnych w warunkach rzeczywistych, co jest bardzo istotne.

Rozprawa doktorska mgr inż. Kingi Skobiej ma przede wszystkim znaczenie aplikacyjne, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w praktyce. Autorka wykazała się bardzo dobrą analizą stanu zagadnienia oraz zrozumieniem problematyki odnoszącej się do przedmiotu badań. Biorąc pod uwagę całość pracy tj. jej wartość poznawczą i użyteczną oraz znaczący wkład własny uważam, że Doktorantka rozwiązała ważny problem z zakresu dyscypliny naukowej **inżynieria lądowa, geodezja i transport**.

Dlatego też stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Kingi Skobiej pt.: „*Ocena emisji spalin pojazdów samochodowych w warunkach ruchu drogowego*” spełnia wymogi obowiązujących przepisów w odniesieniu do prac doktorskich.

Wnioskuje, zatem o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

