

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Szymlet pt.

**„EMISJA ZWIĄZKÓW TOKSYCZNYCH Z MIEJSKICH POJAZDÓW JEDNOŚLADOWYCH
W RZECZYWISTYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI”**

Podstawa opracowania opinii: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej nr DR-63/596/01/2022z dnia 06.07.2022 roku.

1. WSTĘP

Wpływ mobilnych źródeł emisji na środowisko i na zdrowie człowieka od wielu lat jest przedmiotem badań naukowców na całym świecie. Badania te, w większy lub mniejszy sposób, wpływają na regulacje prawne w obszarze szeroko rozumianej emisji, w tym na sposób testowania pojazdów i napędów. Doskonalenie metod pomiarowych ma na celu jak najlepsze odzwierciedlenie warunków rzeczywistej eksploatacji pojazdu oraz identyfikację czynników (w tym substancji chemicznych) stwarzających realne zagrożenie dla ekosystemów. Jest to jedynie słuszny kierunek w celu opracowania skutecznych metod ograniczania szkodliwego wpływu pojazdów na środowisko. Mimo licznych badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich dekad istnieje wiele nierozpoznanych obszarów w zakresie badań rzeczywistej emisji z pojazdów i pytań badawczych wciąż pozostających bez odpowiedzi, w tym również skupiających się wokół pojazdów z napędem spalinowym, który wciąż ma przeważający udział w rynku motoryzacyjnym.

Autorka niniejszej rozprawy, wychodząc naprzeciw aktualnym problemom zrównoważonego rozwoju pojazdów, podjęła interesujący naukowo temat jakim jest badanie emisji związków toksycznych z miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Zastosowanie nowoczesnych narzędzi badawczych i analitycznych, jak również wnikliwe studium literaturowe, umożliwiło Autorce pracy rozwiązanie postawionego sobie problemu naukowego i badawczego.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 135 stron. Zawiera spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń oraz 8 rozdziałów merytorycznych i spis literatury.

We wstępie Autorka ogólnie scharakteryzowała problematykę związaną z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego i wpływem emisji ze źródeł mobilnych na stan

atmosfery. Scharakteryzowała również specyfikę rynku pojazdów jednośladowych na świecie oraz w Polsce zauważając znaczący wzrost zainteresowania tym typem środków transportu w środowisku miejskim.

W rozdziale drugim zaprezentowano przegląd przepisów legislacyjnych dotyczących badań emisji związków toksycznych spalin z silników pojazdów jednośladowych. Szczegółowo omówiono ich kategoryzację a następnie skupiono się na normach emisji związków toksycznych w Unii Europejskiej i na świecie. Najwięcej uwagi Autorka poświęciła jednak wytycznym legislacyjnym w zakresie badań pojazdów kategorii L omawiając szczegółowo poszczególne testy.

Istotnym rozdziałem pracy jest rozdział trzeci w którym przedstawiono dotychczasowe dokonania innych badaczy w obszarze badań emisji związków toksycznych spalin z pojazdów jednośladowych. Zainteresowanie naukowców tematem zobrazowano poprzez analizę statystyczną dostępnych prac. Wynikiem wykonanej, bardzo skrupulatnej, analiz, było określenie niedostatecznie rozpoznanego obszaru badawczego jakim są pomiary emisji bezpośrednio

w warunkach drogowych. Zauważono, że problem rzeczywistej emisji drogowej z pojazdów jednośladowych wynika między innymi z problemów technicznych realizacji tego typu badań eksperymentalnych, przede wszystkim braku dedykowanej aparatury.

Po przeprowadzeniu rozpoznania literatury w rozdziale czwartym przedstawiono cel, problem badawczy i zakres pracy. Autorka poprzedziła sformułowanie celu pracy podsumowaniem luk badawczych oraz wnioskami z poprzednich rozdziałów. Następnie zdefiniowała złożone pytanie badawcze i przedstawiła cele pracy. Opisano metodologię realizacji celu w trzech etapach badawczych. Rozdział porządkuje schemat (rys.4.1.) przedstawiający strukturę pracy.

W kolejnym piątym rozdziale przedstawiono metodę badawczą wykorzystaną do realizacji zadań badawczych zdefiniowanych w pracy. Zaprezentowano aparaturę badawczą do badań w rzeczywistej eksploatacji (przyrządy z grupy PEMS, mierniki prędkości obrotowej, czujniki do pomiaru ciśnienia i temperatury spalin) oraz pojazdy i trasy wytypowane do badań. Następnie omówiono metodykę „badań jakościowych” – analizy jakościowe lotnych związków organicznych w spalinach z zastosowaniem chromatografii gazowej.

Najbardziej obszerny rozdział szósty pracy stanowi prezentację wyników pomiarów własnych Autorki dotyczących emisji związków toksycznych w rzeczywistych warunkach eksploatacji z miejskich pojazdów jednośladowych. Wykonano analizę parametrów eksploatacyjnych, parametrów ruchu w aspekcie obowiązujących testów homologacyjnych oraz bardzo szczegółową analizę emisji związków toksycznych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Kolejnym etapem analiz wyników była analiza porównawcza wyznaczonych współczynników emisji drogowej. Ostatnią fazą analityczną jest analiza jakościowa lotnych związków organicznych w spalinach po których następuje ocena toksykologiczna zidentyfikowanych składników gazów spalinowych.

Rozdziałem syntezy naukowe dokonania zawarte w pracy jest rozdział siódmy w którym przedstawiono propozycję autorskiego testu dla miejskich pojazdów jednośladowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Po opisie testów RDE obowiązujących dla lekkich pojazdów pasażerskich i użytkowych wykonano weryfikację ogólnej dynamiki przejazdów miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji na podstawie badań własnych. W rezultacie Autorka zaproponowała własną procedurę badawczą pojazdów jednośladowych - test RUMET – *Real Urban Motorcycle Emission Test*, który szczegółowo opisała w rozdziale.

W ostatnim rozdziale Autorka zaprezentowała wnioski ogólne, szczegółowe, metodyczne, utylitarne oraz prognostyczne (kierunki dalszych prac). Odniosła się do pytań badawczych i celów pracy zdefiniowanych w rozdziale czwartym.

Po części merytorycznej pracy zamieszczony został spis literatury obejmujący w sumie 145 pozycji. Na uwagę zasługuje fakt, że większość odwołań stanowią prace anglojęzyczne opublikowane w recenzowanych czasopismach oraz referaty przedstawiane na wiodących międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych z zakresu tematyki niniejszej

rozprawy. Świadczy to o bardzo dobrym rozeznaniu Autorki w podjętym przez nią obszarze badań naukowych.

3. SFORMUŁOWANIE TYTUŁU, CELU, HIPOTEZ ORAZ ZAKRESU ROZPRAWY

Po zapoznaniu się z treścią pracy tytuł rozprawy oceniam jako adekwatny co do jej zawartości. W rozprawie znajduje się bowiem wykonana przez Autorkę, stanowiąca moim zdaniem największą wartość pracy, analiza teoretyczno-eksperymentalna w zakresie emisji związków toksycznych z miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji

Cele zdefiniowane przez Autorkę poprzedzono dość złożonym pytaniem badawczym (zwierającym w zasadzie cztery odrębne pytania/zagadnienia):

- 1) jaka jest emisja związków toksycznych spalin w rzeczywistych warunkach eksploatacji,
- 2) jaka jest jej zależność od warunków eksploatacji pojazdów jednośladowych,
- 3) jak mierzyć emisję,
- 4) jakie powinny być wytyczne dotyczących testów drogowych dla tej grupy pojazdów?

Autorka wykazała w rozdziale 3, że pytania te, mimo licznych badań, nadal zostają bez jednoznacznej odpowiedzi, stwierdzając jednocześnie, że odpowiedź na pytania wymaga osiągnięcia dwóch celów pracy, którymi są:

1. Identyfikacja emisji związków toksycznych spalin z uwzględnieniem analizy jakościowej lotnych związków organicznych i parametrów pracy silników miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji.
oraz
2. Propozycja autorskiej procedury badawczej dla miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji, odpowiadającej lokalnym warunkom drogowym (aglomeracja poznańska).

Osiągnięcie, sformułowanych w ten sposób, celów faktycznie stanowi odpowiedź na postawione pytania badawcze.

W odniesieniu do pierwszego celu: zainteresowanie recenzenta budzi fakt uwypuklenia oceny jakościowej spalin w kontekście lotnych związków organicznych o których autorka pracy w zasadzie nie wspomina w części teoretycznej (poza krótkim przywołaniem na stronie 11). Wydawałoby się, że jeśli lotne połączenia węglowodorów są na tyle istotnym elementem w dysertacji (przywołane zostały w celu pracy, odrębne rozdziały poświęcone metodyce i analizie), że należałoby wspomnieć o znaczeniu tych związków w składzie spalin już w części teoretycznej. Należy tu zaznaczyć, że w opinii recenzenta faktycznie związki te w dużej mierze determinują toksyczność spalin a ujęcie ich identyfikacji w zakresie pracy recenzent uznaje za bardzo słuszne i nowatorskie.

Oceniając drugi, zdefiniowany, cel pracy pewne wątpliwości recenzenta budzi zawężenie celu do warunków lokalnych aglomeracji poznańskiej, co znajduje odzwierciedlenie w dalszych pytaniach skierowanych do Autorki pracy.

Analiza zakresu pracy w kontekście sformułowanych celów wskazuje na bardzo dobre rozeznanie Doktorantki w zakresie metod badawczych i analitycznych oraz umiejętność rozwiązywania skomplikowanych problemów teoretyczno-eksperymentalnych. Praca została

słusznie podzielona na trzy zasadnicze etapy. Ocenę struktury dysertacji znacznie ułatwia schemat znajdujący się na końcu rozdziału 4.

4. MERYTORYCZNA OCENA PRACY

Oceniając merytoryczny wymiar pracy, według recenzenta, mocną stroną rozprawy stanowi umiejętne wykorzystanie najnowszych narzędzi badawczych w celu rozwiązania aktualnego i istotnego problemu badawczego jakim jest emisyjność pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji.

Największą wartość pracy, moim zdaniem, stanowią oryginalne wyniki badań dotyczące identyfikacji jakościowo-ilościowego składu spalin w funkcji parametrów eksploatacyjnych. Na szczególnie pozytywną ocenę zasługuje niezwykle skrupulatna analiza i dyskusja uzyskanych wyników. Świadczy o wiedzy i umiejętnościach Doktorantki w zakresie merytorycznej oceny wyników badań eksperymentalnych.

Istotną zaletą pracy jest uwzględnienie oceny emisji węglowodorów w spalinach badanych pojazdów (choć szkoda, że jest to tylko ocena jakościowa). Doktorantka bardzo słusznie zwraca uwagę na znaczenie tej grupy związków w ocenie toksyczności spalin oraz na wpływ substancji z tej grupy na środowisko a przede wszystkim na zdrowie człowieka. Toksyczne węglowodory z grupy tzw. BTX odpowiadają za szereg chorób cywilizacyjnych oraz formowanie się smogu fotochemicznego a niezwykle rzadko poddawane są analizie w tego typu pracach eksperymentalnych, głównie z uwagi na skomplikowaną analitykę oraz brak norm emisji w tym zakresie. Zatem analiza LZO przedstawiona w dysertacji podnosi jej wartość naukową i poznawczą.

Na uwagę zasługuje również umiejętność adaptacji testów RDE do warunków eksploatacyjnych specyficznych dla pojazdów jednośladowych, co stanowi jedno z najważniejszych wyzwań technicznych i metodycznych części badawczej pracy.

Według wiedzy recenzenta jest to pierwsze tak kompleksowe opracowanie, stanowi zatem oryginalny wkład Autorki w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, w szczególności w obszarze eksploatacji pojazdów z napędem spalinowym.

Zaletą pracy jest również obszerny przegląd wiedzy (jak wspomniano w p-kanie 2 recenzji, 145 pozycji literaturowych) z czego znaczną część stanowią artykuły w języku angielskim opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych (szkoda tylko, że wśród pozycji literaturowych znajduje się jednak tylko jeden artykuł własny Pani mgr inż. Natalii Szymlet).

Do pozostałych, istotnych, zalet pracy z pewnością mogę zaliczyć:

1. Opracowanie autorskiej metodyki badawczej na potrzeby rozwiązania postawionego sobie problemu badawczego uwzględniającej:
 - badania pojazdów w warunkach rzeczywistej eksploatacji przy wykorzystaniu przyrządów typu PEMS (Portable Emission Measurement System) do pomiaru emisji zanieczyszczeń w warunkach rzeczywistej eksploatacji,
 - wyznaczenie tras badawczych w aglomeracji poznańskiej,

- wyznaczenie punktów poboru spalin do analiz chromatograficznych (na bazie wyników badań parametrów eksploatacyjnych w warunkach rzeczywistych),
 - wykonanie skomplikowanych analiz chromatograficznych na chromatografie gazowym sprzężonym ze spektroskopem masowym i termodesorberem.
2. Wykonanie szeregu badań mających na celu wykonanie charakterystyki emisyjnej pojazdów jednośladowych w warunkach ich rzeczywistej eksploatacji
 3. Opracowanie autorskiego testu (procedury) RUMET – Real Urban Motorcycle Emission oraz określenie wymagań dotyczących aparatury pomiarowej, warunków eksploatacyjnych, dynamiki przejazdu oraz warunków otoczenia.

Rozprawa nie jest jednak pozbawiona wad. Tu chciałbym wymienić niektóre z nich:

1. Brak uzasadnienia wyboru obiektów badawczych. Zasadne byłoby choć krótkie uzasadnienie dlaczego ograniczono liczbę pojazdów do czterech, dlaczego zdecydowano się na pojazdy spełniające normy emisji Euro 3 i Euro 4 a nie np. Euro 2 i (obowiązujące) Euro 5, dlaczego wybrano pojazdy z danym typem silnika itd. Recenzent rozumie specyfikę badań eksperymentalnych i konieczność ich zawężenia (z wielu przyczyn) jednak wybór pojazdów (obiektów badawczych) wymagałby choć krótkiego uzasadnienia.
2. Brak komentarza potwierdzającego uniwersalność autorskiego testu RUMET, który został opracowany na podstawie badań dla czterech wybranych pojazdów jednośladowych oraz dla warunków charakterystycznych dla aglomeracji poznańskiej.
3. Brak komentarza uzasadniającego część wytycznych autorskiego testu RUMET (recenzent rozumie, że większość wytycznych została zaadoptowana dla testu RDE dla pojazdów LDV a część powstała na skutek wykonanych badań lecz część z nich została „dopisana” bez uzasadnienia jak np. masa kierowcy czy prędkość wiatru – zgodnie z opisem eksperymentu nie było prowadzonych prac w tym kierunku). Brakuje również uwypuklenia, która część testu jest tą częścią autorską.
4. Brak analizy ilościowej w zakresie zidentyfikowanych lotnych związków organicznych (analiza toksykologiczna nie może opierać się jedynie na informacji jakościowej gdyż toksykologia z definicji odnosi się do właściwości i DAWKI określonej substancji). Każda substancja może okazać się toksyczna w zależności od ilości jej podania na jednostkę masę organizmu (nawet woda). Zestaw urządzeń na których wykonane zostały analizy chromatograficzne mogą zidentyfikować nawet śladowe ilości substancji (ppb) co ma wpływ na ocenę toksykologiczną zidentyfikowanego związku.
5. Brak informacji o prawdopodobieństwie dopasowania widm zidentyfikowanych substancji (konieczne do interpretacji wyników spektroskopii masowej).
6. Brak analizy wpływu błędów pomiarowych na uzyskane wyniki badań.
7. Błędy logiczne np. w dyskusji wyników błędnie używa się zapisów odnoszących się do HC czy NOx jako „związku chemicznego”. Węglowodory (HC) i tlenki azotu (NOx) są to przecież grupy związków. Ten błąd powtarza się wielokrotnie (np. na stronach 77 i 78).
8. W rozdziale 5.2.1 zasugerowano, że analizowane będą „półlotne związki organiczne tj. WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne). WWA nie są substancjami lotnymi i nie analizowano ich w pracy.
9. We wnioskach szczegółowych (wniosek 8) zapisano „Uzyskane wyniki analizy jakościowej składników chemicznych wskazują na obecność w badanych próbkach alkenów, alkanów, aldehydów alifatycznych, węglowodorów aromatycznych oraz pierścieniowych (cykloalkany)”. Węglowodory aromatyczne należą do grupy węglowodorów pierścieniowych (często nazewnictwo „aromatyczne” i „pierścieniowe” używane jest zamiennie) więc jest to zapis błędny.

10. W spisie tabel i skrótów brakuje wielu z tych użytych w tekście np. HDV, PC, które warto byłoby w nim umieścić natomiast znajduje się w nim wiele oczywistych i powszechnych jak np. EU jako Unia Europejska.
11. Pojęcie „związki spalin” jest niepoprawne z chemicznego punktu widzenia. Powinno się używać pojęcia „związki w spalinach” ponieważ pojęcie odnosi się do połączeń indywidualnych chemicznych znajdujących się w mieszaninie jaką są spaliny. Z chemicznego punktu widzenia określanie pojedynczego produktu spalania (utleniania) jako „spalina” jest niepoprawne.

W związku z nasuwającymi się pytaniami i wątpliwościami po zapoznaniu się z treścią pracy proszę Autora pracy o ustosunkowanie się do następujących:

1. Proszę o uzasadnienie wyboru obiektów badawczych tj. dlaczego zdecydowano się na pojazdy spełniające normy emisji Euro 3 i Euro 4 a nie np. Euro 2 i Euro 5 (obowiązujące dla pojazdów jednośladowych!), dlaczego wybrano pojazdy z danym typem silnika?
2. Dlaczego nie wykonano analizy ilościowej lotnych związków organicznych (choćby jedynie grupy BTX czy nawet samego benzenu)? Aparatura pomiarowa stosowana przez autorkę umożliwia wykonanie takich badań.
3. Z czego wynika część wytycznych testu RUMET jak np. masa kierowcy 80 kg (plus/minus 5 kg) czy zakres prędkości wiatru w granicach 3 do 5 m/s (10-18 km/h)?
4. W teście RUMET Autorka wprowadza zmianę metodyk pomiarowych składników spalin dopuszczając dla węglowodorów metodę NDIR. Na jakiej podstawie? W jaki sposób określono selektywność, czułość i błąd tej metody dla HC, CH₄ czy NMHC w porównaniu z dopuszczalnymi metodami dla LDV?
5. Która część testu RUMET jest częścią autorską a która została zaadoptowana z testów RDE dla pojazdów LDV?
6. W jakim celu wykonano analizę paliwa? Czy była ona wykonana tą samą metodą co LZO? Jeśli nie to jaką metodę zastosowano (wg. recenzenta wymagało to zastosowania innej metody pomiarowej). Czy badane paliwo było paliwem, którym zasilano obiekty badawcze podczas testów?

5. OCENA REDAKCYJNEJ STRONY ROZPRAWY

Praca napisana jest poprawnym językiem odpowiednim dla formułowania wypowiedzi pisemnej w pracach naukowych. Grafika umieszczona w pracy jest czytelna i stanowi w znacznej mierze opracowanie własne Autorki rozprawy, tak jak tabele i schematy umieszczone w pracy.

Należy podkreślić, że praca zredagowana jest wyjątkowo starannie, zawarto w niej stosowne przypisy oraz odwołania do innych fragmentów tekstu co ułatwia czytelnikowi lekturę rozprawy.

Warta podkreślenia jest również rzadko spotykana obecnie, a posiadana przez Autorkę, umiejętność wprowadzania czytelnika w kolejne zagadnienia prezentowane w pracy wraz z przedstawianiem cytowanych lub własnych definicji kolejno wprowadzanych pojęć. Umiejętność ta nadaje pracy spójnego charakteru i sprawia, że czytanie tekstu jest przyjemne w odbiorze.

W pracy dostrzeżono drobne błędy językowe i redakcyjne. Nie umniejszają one jednak w żaden sposób merytorycznej wartości dysertacji.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

W wyniku analizy rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Szymlet pt. „ Emisja związków toksycznych z miejskich pojazdów jednośladowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji”, której promotorem jest dr hab. inż. Piotr Lijewski, prof. uczelni, mogę stwierdzić, że Autorka:

- jako tematykę rozprawy doktorskiej wybrał ważne i aktualne zagadnienie w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport, istotne w szczególności z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju pojazdów jednośladowych,
- umiejętnie korzystając z posiadanych zasobów wiedzy z obszarów jakimi są budowa i eksploatacja środków transportu oraz inżynieria środowiska w transporcie rozwiązała przedstawiony w pracy problem badawczy,
- przyjęła szeroki i spójny zakres zagadnień rozpatrywanych w rozprawie,
- uzyskała oryginalne wyniki badań i analiz dotyczące emisyjności pojazdów jednośladowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji (w tym emisji lotnych związków organicznych), które stanowią wartościowy materiał źródłowy dla przyszłych prac badawczych,
- opracowała autorski test RUMET Real Urban Motorcycle Emission oraz określiła wymagania dotyczące aparatury pomiarowej, warunków eksploatacyjnych, dynamiki przejazdu oraz warunków otoczenia podczas przeprowadzania testu,
- dokonała poprawnego procesu wnioskowania w sposób krytyczny dyskutując uzyskane przez siebie wyniki w aspekcie ich ograniczeń i perspektyw ich aplikacji
- przedstawiła dalsze kierunki badań co świadczy o dojrzałym podejściu do pracy naukowej.

Pomimo nieznaczących niedoskonałości dysertacji, kilku kwestii dyskusyjnych oraz pewnych uwag krytycznych pracę oceniam jako bardzo wartościową, przede wszystkim, ze względu podjęcie przez Autorkę rozprawy aktualnego problemu badawczego, opracowanie autorskiej metody rozwiązania postawionego sobie problemu badawczego, zastosowanie w pracy nowoczesnych narzędzi badawczych oraz uzyskanie oryginalnych wyników badań eksperymentalnych. Pozwala mi to wyrazić opinię, iż **przedstawiona do oceny rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez obowiązujące przepisy prawne. Wniosuję zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Poznańskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Kandydatki do publicznej obrony.**

