

Prof. dr hab. inż. Anna Borucka
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

Warszawa, 16.10.2025 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Patryka Urbańskiego

pt. Opracowanie i wdrożenie metody doboru układu oczyszczania spalin w pojazdach szynowych.

1. Podstawa opracowania recenzji.

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, Pana prof. dr. hab. inż. Jacka Pielechy nr RD/d/52/01/2025 z dnia 08.10.2025 r.

Niniejsza recenzja została sporządzona zgodnie z art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.) oraz Regulaminem nadawania stopnia doktora na Politechnice Poznańskiej, który stanowi załącznik do uchwały nr 143/2020-2024 Senatu Akademickiego Politechniki Poznańskiej z dnia 5 lipca 2023 r.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska w postaci zwartej dzieła mgr. inż. Patryka Urbańskiego pt. *Opracowanie i wdrożenie metody doboru układu oczyszczania spalin w pojazdach szynowych*. Pracę przygotowano w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport, pod opieką naukową promotora Pana prof. dr. hab. inż. Jerzego Merkisa oraz promotora pomocniczego Pana dr. inż. Piotra Michalaka. Rozprawa została dostarczona w formie papierowej.

3. Zakres, układ i treść rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska obejmuje 118 stron tekstu, rysunków, tabel. Zawiera się w tym również spis treści, streszczenie, wykaz ważniejszych skrótów i symboli oraz bibliografia.

Podjęty przez Doktoranta temat rozprawy dotyczy opracowania i wdrożenia metody doboru układu oczyszczania spalin do pojazdów szynowych. Autor koncentruje się na problematyce ograniczania emisji związków szkodliwych z eksploatowanych pojazdów kolejowych specjalnego przeznaczenia. W badaniach wykorzystano eksperymenty przeprowadzone w rzeczywistych warunkach pracy oraz symulacje obliczeniowej mechaniki płynów, co nadaje pracy zarówno wymiar teoretyczny, jak i praktyczny.

Rozprawa została podzielona na dziesięć rozdziałów, logicznie prowadzących od ogólnych zagadnień, związanych z transportem kolejowym, do szczegółowych wyników badań i wniosków końcowych.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do zagadnienia. Autor przedstawia w nim problematykę emisji spalin w transporcie, ze szczególnym uwzględnieniem kolei. Wskazuje, że odznacza się ona znaczną efektywnością energetyczną, a przy tym jest przyjazna dla środowiska. Autor podkreśla stosunkowo niewielki udział tej gałęzi w całkowitej emisji CO₂, ale równocześnie omawia lokalne problemy, wynikające z eksploatacji pojazdów spalinowych starszej generacji. Zatem już we wprowadzeniu Autor wskazuje na konieczność podejmowania działań zmierzających do ograniczenia emisji związków szkodliwych w transporcie szynowym, szczególnie poprzez modernizację istniejącego taboru oraz zastosowanie rozwiązań technicznych, pozwalających na poprawę efektywności ekologicznej pojazdów, bez konieczności wymiany jednostek napędowych. Tym samym jasno zarysowuje przyjęty kierunek badań i uzasadnia potrzebę opracowania metody doboru układu oczyszczania spalin, która stanowi główny przedmiot rozprawy.

Rozdział drugi poświęcony jest charakterystyce kolei w Polsce. Omówiono w nim infrastrukturę kolejową, przewozy pasażerskie i towarowe oraz strukturę taboru. Szczególną uwagę zwrócono na stan techniczny pojazdów oraz ich średni wiek, co stanowi istotne uzasadnienie badań nad retrofittingiem.

Rozdział trzeci obejmuje analizę regulacji prawnych dotyczących emisji spalin w transporcie. Autor w sposób rzeczowy i uporządkowany omawia przepisy odnoszące się do pojazdów szynowych, wskazując na różnice pomiędzy wymaganiami dla nowych jednostek napędowych, a przepisami obowiązującymi pojazdy już eksploatowane. W tym rozdziale przedstawiono normy międzynarodowe i europejskie, testy badawcze oraz przepisy odnoszące się do pojazdów szynowych w Polsce. Autor, na tle przywołanych dokumentów, podkreśla lukę technologiczną

i prawną w zakresie ograniczania emisji z pojazdów starszej generacji, co dodatkowo uzasadnia celowość prowadzonych badań.

Rozdział czwarty zawiera szczegółową analizę udziałów czasu pracy pojazdów szynowych w różnych stanach eksploatacyjnych. Autor identyfikuje czynniki wpływające na parametry pracy i wykazuje, że znaczny udział stanowi praca na biegu jałowym, co ma istotne znaczenie dla emisji cząstek stałych i ogólnej efektywności pracy jednostki napędowej. W ten sposób Doktorant trafnie podkreśla, że właściwe rozpoznanie rzeczywistych warunków eksploatacyjnych stanowi kluczowy etap w procesie doboru skutecznego układu oczyszczania spalin.

W rozdziale piątym sformułowano cel i zakres rozprawy. Autor definiuje, że „celem poznawczym pracy jest szczegółowa analiza i ocena skutecznych metod i systemów oczyszczania spalin stosowanych w pojazdach szynowych”. Wskazuje także cel użyteczny, którym jest „opracowanie i wdrożenie metody doboru układu oczyszczania spalin, filtrów DPF do retrofitingu pojazdów szynowych oraz naukowa weryfikacja skuteczności działania tych systemów w rzeczywistych warunkach eksploatacji”.

Cele badania są sformułowane jasno, precyzyjnie i w sposób zgodny z logiką całej rozprawy. Autor nie ogranicza się jedynie do ogólnego opisu problemu, lecz wyraźnie wskazuje, jakie konkretne rezultaty naukowe i praktyczne zamierza osiągnąć. Cele główne zostały również właściwie rozwinięte poprzez cele szczegółowe. Doktorant przedstawił także problem badawczy oraz algorytm badania, pozwalający osiągnąć założone cele. Konsekwencją i rozwinięciem rozdziału piątego jest rozdział szósty, w którym przedstawiono metodykę badań. W mojej ocenie dobrym rozwiązaniem byłoby połączenie tych rozdziałów. Rozdział szósty opisuje aparaturę pomiarową, obiekt badań oraz infrastrukturę techniczną niezbędną do prowadzenia pomiarów.

Kluczową część rozprawy stanowi rozdział siódmy, który jest poświęcony badaniom rzeczywistej charakterystyki pracy pojazdu oraz pomiarom emisji spalin w warunkach eksploatacyjnych. Celem tych badań jest empiryczne określenie wielkości emisji w typowych cyklach pracy pojazdu, a tym samym weryfikacja przyjętych w części teoretycznej i metodologicznej założeń. Można jednak zauważyć, że część treści zawartych w tym rozdziale ma charakter metodyczny, a więc mogłaby zostać włączona do rozdziału omawiającego metodykę badań. Dotyczy to na przykład fragmentów opisujących dane techniczne wagonu.

Z redakcyjnego punktu widzenia wskazane byłoby, aby ten rozdział poświęcony był wyłącznie prezentacji i interpretacji wyników.

W dalszej części rozdziału Autor przedstawia wyniki pomiarów emisji cząstek stałych wyrażonych w masie (PM) oraz ich liczbie (PN), uzyskane podczas rzeczywistych badań pojazdu. Dokonał przy tym analizy udziałów poszczególnych trybów pracy oraz odniósł je do poziomu emisji. Wyniki zaprezentowano w formie tabel i wykresów zestawiających wartości średnie, co pozwoliło na identyfikację dominujących stanów eksploatacyjnych i ich znaczenia dla całkowitej emisji.

Rozdział ósmy obejmuje symulacje numeryczne oraz proces doboru układu oczyszczania spalin i stanowi tym samym kluczowy etap pracy łączący część eksperymentalną z projektową. Wykorzystano metody CFD do analizy różnych wariantów filtrów cząstek stałych, a następnie dokonano wyboru rozwiązania najbardziej korzystnego pod względem parametrów pracy i skuteczności redukcji emisji. Doktorant słusznie podkreśla, że symulacje numeryczne pozwoliły zoptymalizować kształt i objętość filtra jeszcze przed etapem jego implementacji, co znacząco ograniczyło koszty i czas późniejszych testów weryfikacyjnych.

Testy te zostały przedstawione w rozdziale dziewiątym. Opisano w nim badania weryfikacyjne przeprowadzone w rzeczywistych warunkach eksploatacji z zastosowaniem wytypowanego filtra. Uzyskane wyniki potwierdziły skuteczność proponowanego rozwiązania – średnia redukcja masy cząstek stałych wyniosła 32,6%, a liczby cząstek aż 83%.

Rozprawę wieńczy rozdział dziesiąty, w którym przedstawiono wnioski końcowe. Autor podsumowuje efekty badań, wskazując na praktyczne możliwości zastosowania opracowanej metody oraz jej potencjalne znaczenie dla ograniczenia negatywnego oddziaływania transportu kolejowego na środowisko.

Układ rozprawy należy ocenić jako przejrzysty i logiczny. Poszczególne rozdziały są ze sobą powiązane i w naturalny sposób prowadzą od przedstawienia szerokiego tła problemu poprzez analizę eksploatacji pojazdów i identyfikację problemu emisyjnego, aż do opisu metodyki badań, wyników pomiarów, symulacji numerycznych oraz badań weryfikacyjnych. Taka konstrukcja jasno ukazuje logikę postępowania badawczego Doktoranta. Wnioski końcowe są spójne z celem pracy i poparte wynikami badań, co świadczy o poprawnym i konsekwentnym opracowaniu tematu.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Rozprawa posiada zarówno wysoką wartość poznawczą, jak i praktyczną. Od strony naukowej wnosi istotny wkład w rozwój metod oczyszczania spalin pochodzących z pojazdów szynowych, wykorzystując obliczeniową mechanikę płynów w połączeniu z rzeczywistymi pomiarami emisji. Takie podejście pozwala na precyzyjny dobór i rzetelne określanie efektywności poszczególnych rozwiązań filtracyjnych, a także stanowi podstawę do dalszych badań w obszarze retrofitingu taboru kolejowego. Z kolei wartość praktyczna pracy wyraża się w możliwości zastosowania opracowanej metody do modernizacji eksploatowanych pojazdów specjalnych, co prowadzi do realnego ograniczenia emisji cząstek stałych i tym samym poprawy jakości powietrza. Wyniki badań i osiągnięta redukcja emisji, potwierdzają istotny potencjał wdrożeniowy i znaczenie pracy dla sektora kolejowego oraz dla polityki ochrony środowiska.

Warsztat badawczy Doktoranta oceniam pozytywnie. Autor w sposób kompetentny i wyczerpujący omówił zagadnienia związane z emisją spalin w transporcie kolejowym, a także obowiązujące regulacje prawne i stan techniczny taboru w Polsce. Analizy te stanowią solidne tło dla dalszych badań. W pracy wykorzystano właściwą aparaturę pomiarową, w tym mobilny system PEMS, umożliwiający prowadzenie badań emisji w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Autor umiejętnie posłużył się zarówno metodami eksperymentalnymi, jak i obliczeniowymi, łącząc wyniki pomiarów z analizami numerycznymi. Przyjęta metodyka badań jest przejrzysta, dobrze udokumentowana i pozwala na powtórzenie eksperymentów. Szczegółowo opisano badany pojazd, warunki testów oraz procedury pomiarowe, co świadczy o staranności autora w dokumentowaniu badań naukowych. Umiejętność integrowania wyników badań rzeczywistych z symulacjami numerycznymi dowodzi wysokich kompetencji metodologicznych i potwierdza, że Doktorant posiada zaawansowany warsztat badawczy, adekwatny do wymagań stawianych pracom doktorskim. Wnioski końcowe mają charakter syntetyczny, dobrze oddają istotę przeprowadzonych badań i wskazują na ich znaczenie dla rozwoju nauki oraz praktyki inżynierskiej.

5. Uwagi szczegółowe

1. Pewnym niedociągnięciem rozprawy jest brak analizy niepewności pomiarowej w części eksperymentalnej. Doktorant wprowadził opiszę zastosowaną aparaturę PEMS i przedstawił pomiary emisji, jednak ograniczył się do prezentacji wartości średnich, bez

przeprowadzenia szczegółowej analizy statystycznej. W konsekwencji brak oceny dokładności, powtarzalności oraz wpływu warunków pomiarowych na uzyskane wyniki utrudnia pełną ocenę wiarygodności przedstawionych rezultatów.

2. Badania zostały przeprowadzone na jednym typie pojazdu szynowego specjalnego przeznaczenia, co ogranicza możliwość uogólnienia wyników. Wskazane byłoby rozszerzenie analiz na inne typy jednostek napędowych lub pojazdów o zróżnicowanych parametrach pracy, aby potwierdzić uniwersalność opracowanej metody.

3. Cykl pomiarowy dobrany do badań dobrze oddaje charakterystykę wybranego pojazdu, jednak nie przedstawiono porównania z typowymi cyklami eksploatacyjnymi stosowanymi w badaniach taboru kolejowego. Odniesienie do standardowych procedur pozwoliłoby lepiej ocenić, w jakim stopniu uzyskane wyniki są porównywalne z danymi literaturowymi i normatywnymi.

4. Wprawdzie głównym celem badań była analiza emisji cząstek stałych, co jest w pełni uzasadnione ze względu na przedmiot pracy – projekt i ocenę skuteczności filtra DPF – jednak pewnym ograniczeniem pozostaje brak równoległej analizy emisji składników gazowych. Ich uwzględnienie pozwoliłoby na pełniejszą charakterystykę wpływu modernizacji układu wydechowego na całkowitą emisję substancji szkodliwych.

5. Analiza wyników jest poprawna i logiczna, lecz jedynie w niewielkim stopniu odnosi się do danych literaturowych. Porównanie uzyskanych wartości emisji cząstek stałych z wynikami badań innych autorów pozwoliłoby osadzić rezultaty w szerszym kontekście naukowym.

6. Z metodologicznego punktu widzenia dobrą praktyką byłoby wyraźne sformułowanie hipotezy badawczej, co wzmocniłoby myśl przewodnią rozprawy i jej strukturę logiczną.

7. Struktura pracy jest rozbudowana i niektóre rozdziały mogłyby być połączone. Na przykład rozdziały piąty i szósty ściśle się ze sobą łączą zarówno pod względem treści, jak i funkcji w strukturze rozprawy. Rozdział piąty definiuje cel, zakres i koncepcję badań, natomiast szósty stanowi ich naturalne rozwinięcie metodologiczne. Z redakcyjnego punktu widzenia możliwe byłoby połączenie obu części w jeden rozdział obejmujący cel, zakres i metody badań, co dodatkowo wzmocniłoby przejrzystość układu pracy i ograniczyło niepotrzebne powtórzenia.

8. Zastosowanie obliczeniowej mechaniki płynów jest niewątpliwie mocną stroną pracy, ale opis samego modelu numerycznego mógłby zostać przedstawiony bardziej szczegółowo. Brakuje szerszej dyskusji dotyczącej przyjętych założeń, warunków brzegowych, procedury walidacji modelu oraz ograniczeń symulacji. W obecnym kształcie zaprezentowany jest

wyłącznie ogólny obraz zastosowania CFD, lecz nie ma pełnej wiedzy, w jakim stopniu wyniki można przenieść na przykład na inne typy pojazdów i warunki pracy.

6. Ocena końcowa

Sformułowane uwagi nie umniejszają wartości naukowej pracy, którą oceniam bardzo pozytywnie. Nie budzi wątpliwości, że recenzowana dysertacja tworzy zwarte, spójne merytorycznie i metodologicznie opracowanie naukowe. Włożony wysiłek i zaprezentowane badania mają znaczny wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Stanowią przy tym osiągnięcie warte rozwijania w kolejnych badaniach naukowych. Warto przy tym, w dalszych pracach badawczych i publikacjach, uwzględnić wniesione przeze mnie sugestie.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pana mgr. inż. Patryka Urbańskiego pt. *Opracowanie i wdrożenie metody doboru układu oczyszczania spalin w pojazdach szynowych*, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a Doktorant posiada wiedzę teoretyczną oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Pozwala to uznać, że zostały spełnione wszystkie wymogi Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Patryka Urbańskiego do dalszych etapów postępowania doktorskiego, w tym publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej.

Anne Bonucha