

dr hab. inż. Anna Janicka, prof. uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Inżynierii Pojazdów
ul. Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, 10 lutego 2026 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Aleksa Jagielskiego pt.

„NAPĘD WODOROWY W KATEGORII POZADROGOWEJ”

Podstawa opracowania opinii: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport nr RD/d/54/02/2025 z dnia 17.12.2025 roku.

1. WSTĘP

Problematyka podjęta w rozprawie doktorskiej pt. „Napęd wodorowy w kategorii pozadrogowej” wpisuje się w jeden z najistotniejszych i najbardziej aktualnych nurtów badań naukowych związanych z ograniczaniem negatywnego oddziaływania transportu i maszyn roboczych na środowisko. Współczesne działania regulacyjne i badawcze, szczególnie w krajach Unii Europejskiej, koncentrują się na redukcji emisji substancji szkodliwych oraz gazów cieplarnianych, przy czym w ostatnich latach obserwuje się wyraźne przesunięcie zainteresowania z transportu drogowego w kierunku sektorów dotychczas słabiej rozpoznanych pod względem rzeczywistej toksyczności spalin, takich jak maszyny mobilne nieporuszające się po drogach publicznych (NRMM), w tym jednostki pływające.

W obszarze pojazdów drogowych problem emisji i toksyczności spalin został w dużym stopniu opanowany dzięki wieloletniemu rozwojowi norm homologacyjnych, zaawansowanych systemów oczyszczania spalin oraz metod badań w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Odmienna sytuacja występuje jednak w sektorze pozadrogowym, gdzie różnorodność konstrukcyjna, specyfika cykli pracy oraz brak jednolitych, kompleksowych procedur badawczych powodują, że rzeczywisty wpływ tych maszyn na jakość powietrza i zdrowie ludzi pozostaje istotnym wyzwaniem badawczym. Dotyczy to w szczególności jednostek pływających eksploatowanych w obszarach zurbanizowanych, portowych oraz przybrzeżnych, gdzie emisje mają charakter lokalny i bezpośrednio oddziałują na środowisko oraz użytkowników.

Na tle tych uwarunkowań szczególnego znaczenia nabiera fakt, że Polska należy do światowych liderów w produkcji jachtów i jednostek rekreacyjnych, będąc jednym z głównych eksporterów tego typu konstrukcji na rynki europejskie i globalne. Skala produkcji oraz dynamiczny rozwój krajowego przemysłu jachtowego powodują, że zagadnienia związane z oddziaływaniem środowiskowym napędów stosowanych w tych jednostkach mają nie tylko wymiar naukowy, lecz również istotny aspekt gospodarczy i technologiczny. Wprowadzanie innowacyjnych, nisko- i zeroemisyjnych rozwiązań napędowych w tym sektorze może stanowić ważny element budowania przewagi konkurencyjnej polskiego przemysłu stocznioowego.

W tym kontekście technologie wodorowe, a zwłaszcza układy napędowe wykorzystujące ogniwa paliwowe, jawią się jako jedno z najbardziej perspektywicznych rozwiązań dla maszyn pozadrogowych o dużym zapotrzebowaniu na energię i długich cyklach pracy. Zastosowanie wodoru pozwala bowiem nie tylko na redukcję emisji dwutlenku węgla, lecz również na eliminację emisji substancji szczególnie istotnych z punktu widzenia toksykologii spalin, takich jak tlenki azotu czy cząstki stałe, które w warunkach rzeczywistych stanowią główne źródło zagrożeń zdrowotnych.

Rozprawa podejmuje omawianą problematykę w sposób kompleksowy, łącząc analizę uwarunkowań prawnych, technicznych i eksploatacyjnych z badaniami rzeczywistymi oraz modelowaniem pracy układu napędowego. Tym samym praca wpisuje się w aktualne potrzeby badawcze związane z oceną rzeczywistego oddziaływania maszyn pozadrogowych na środowisko oraz poszukiwaniem skutecznych metod jego ograniczania. Podjęty temat należy uznać za szczególnie istotny zarówno z punktu widzenia rozwoju nauk o transporcie i inżynierii środowiska, jak i praktycznych zastosowań w przemyśle maszynowym i stoczniowym.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska została logicznie uporządkowana i obejmuje zarówno szeroki przegląd aktualnego stanu wiedzy, jak i część badawczą o charakterze aplikacyjnym. W rozdziale pierwszym autor wprowadza czytelnika w problematykę maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach publicznych (NRMM), przedstawiając ich definicję, zakres oraz podstawowe klasyfikacje w oparciu o obowiązujące regulacje prawne i literaturę przedmiotu. Szczególną uwagę poświęcono jednostkom pływającym, które – mimo formalnego zakwalifikowania do kategorii pozadrogowej – odgrywają istotną rolę w generowaniu lokalnych emisji substancji szkodliwych, zwłaszcza w obszarach zurbanizowanych i przybrzeżnych. Rozdział ten stanowi merytoryczne uzasadnienie podjęcia tematyki rozprawy.

Naturalną kontynuacją wprowadzenia jest rozdział drugi, w którym autor dokonuje szczegółowej analizy przepisów dotyczących emisji związków szkodliwych z maszyn pozadrogowych. Przedstawiono w nim normy emisyjne obowiązujące w Unii Europejskiej, Stanach Zjednoczonych oraz wybranych państwach poza tymi obszarami, wskazując na ich ewolucję oraz zróżnicowanie zakresu regulacji. W dalszej części rozdziału omówiono również ramy prawne odnoszące się do technologii wodorowych, co pozwala na osadzenie rozważań technicznych w aktualnym kontekście legislacyjnym i regulacyjnym.

Po zarysowaniu uwarunkowań prawnych autor przechodzi w rozdziale trzecim do kompleksowego omówienia wodoru jako nośnika energii w transporcie. Przedstawiono jego właściwości fizykochemiczne, metody wytwarzania oraz klasyfikację ze względu na wpływ procesu produkcji na środowisko. Istotną część rozdziału poświęcono zagadnieniom magazynowania i transportu wodoru, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań morskich oraz wymagań bezpieczeństwa. Rozdział zawiera również charakterystykę materiałów stosowanych w instalacjach wodorowych oraz szczegółowy opis technologii ogniwo paliwowych, a całość uzupełniona została analizą istniejących rozwiązań napędowych wykorzystujących wodór w kategorii pozadrogowej.

Na tle obszernej analizy literaturowej w rozdziale czwartym autor precyzuje cel rozprawy, formułując założenia badawcze oraz uzasadniając wybór obiektu badań. Rozdział ten stanowi wyraźną granicę pomiędzy częścią przeglądową a zasadniczą częścią badawczą pracy, wprowadzając czytelnika w autorską koncepcję wielopaliwowego układu napędowego.

W kolejnym, piątym rozdziale, przedstawiono metodykę prowadzonych badań. Autor opisuje zastosowany obiekt badawczy, aparaturę pomiarową oraz warunki realizacji badań w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Omówiono także trasy badawcze oraz ogólną strukturę algorytmu sterowania, co tworzy podstawę do dalszych analiz eksperymentalnych i obliczeniowych.

Szczegółowe rozwinięcie zagadnień związanych z zarządzaniem energią w układzie napędowym zawarto w rozdziale szóstym, w którym zaprezentowano opracowany algorytm sterowania wielopaliwowym układem napędowym. Autor analizuje różne scenariusze pracy jednostki pływającej, obejmujące zarówno operacje portowe, jak i eksploatację na wodach śródlądowych oraz offshore, wskazując na sposób doboru źródeł energii w zależności od warunków eksploatacyjnych.

W rozdziale siódmym zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych. Na podstawie uzyskanych danych autor opracowuje model zużycia energii, który stanowi punkt wyjścia do dalszych analiz symulacyjnych. Rozdział ten ma charakter empiryczny i dostarcza danych niezbędnych do weryfikacji przyjętych założeń modelowych.

Następnie w rozdziale ósmym przedstawiono wyniki obliczeń uzyskane na podstawie opracowanego modelu oraz przeprowadzono jego walidację. Autor analizuje również wskaźniki emisji dla różnych wariantów pracy układu napędowego, co pozwala na ocenę potencjalnych korzyści środowiskowych wynikających z zastosowania technologii wodorowych.

Rozwinięciem analiz modelowych jest rozdział dziewiąty, w którym zaprezentowano symulację pracy jednostki pływającej w warunkach rzeczywistej eksploatacji, obejmującej rejs do farmy wiatrowej offshore. Przedstawiono strukturę tras oraz analizę energetyczną poszczególnych etapów rejsu, co nadaje pracy wyraźny wymiar aplikacyjny.

Całość rozprawy zamyka rozdział dziesiąty, w którym autor formułuje wnioski końcowe, podsumowując uzyskane rezultaty, wskazując zalety i ograniczenia zastosowania napędu wodorowego w kategorii pozadrogowej oraz sygnalizując możliwe kierunki dalszych badań.

Na końcu pracy znajduje się spis literatury obejmujący 246 pozycji literaturowych z których większość stanowią odnośniki do regulacji prawnych i ich interpretacji. W spisie bibliografii znajdują się również artykuły z czasopism recenzowanych opublikowane w ostatnich latach wraz z odnośnikami DOI.

3. SFORMUŁOWANIE TYTUŁU, HIPOTEZY, TEZY ORAZ ZAKRESU ROZPRAWY

Tytuł rozprawy doktorskiej „Napęd wodorowy w kategorii pozadrogowej” należy uznać za poprawnie sformułowany i adekwatny do podejmowanej problematyki badawczej. W sposób syntetyczny oddaje on zarówno obszar zastosowań technologii wodorowych, jak i ich odniesienie do szeroko rozumianej kategorii maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach publicznych (NRMM). Tytuł ma charakter ogólny, co z jednej strony pozwala na objęcie szerokiego spektrum zagadnień technicznych, prawnych i eksploatacyjnych, z drugiej jednak strony nie sygnalizuje wprost, że zasadnicza część pracy koncentruje się na jednostkach pływających oraz na zagadnieniach sterowania wielopaliwowym układem napędowym. Z punktu widzenia formalnego nie stanowi to uchybienia, jednak bardziej precyzyjny tytuł mógłby lepiej oddawać faktyczny zakres badań.

Cel główny rozprawy został sformułowany w sposób jasny i jednoznaczny jako opracowanie architektury systemu sterowania wielopaliwowym układem napędowym, wykorzystującym generator spalinowy, ogniwo paliwowe zasilane wodorem oraz zasobnik energii w postaci akumulatorów. Cel ten jest logicznie uzasadniony, spójny z tematyką pracy oraz odpowiada aktualnym potrzebom rozwoju technologii nisko- i zeroemisyjnych w sektorze maszyn pozadrogowych. Na uwagę zasługuje również fakt, że cel pracy ma wyraźny wymiar aplikacyjny i został osadzony w rzeczywistym obiekcie badawczym.

Pewnym mankamentem pracy jest natomiast brak jednoznacznie sformułowanych hipotez badawczych. Autor nie przedstawia hipotez w klasycznym ujęciu naukowym, które mogłyby zostać zweryfikowane lub sfalsyfikowane w toku przeprowadzonych badań. Zamiast tego praca opiera się na realizacji celu projektowo-badawczego, co powoduje, że jej charakter bliższy jest rozprawie aplikacyjno-inżynierskiej niż pracy stricte hipotetyczno-dedukcyjnej. Nie stanowi to jednak istotnego uchybienia, lecz raczej wskazuje na przyjętą przez autora koncepcję pracy, zgodną z aktualnymi trendami w badaniach stosowanych.

Teza rozprawy nie została wyodrębniona w sposób formalny, jednak można by ją było zdefiniować na podstawie treści pracy jako stwierdzenie, że zastosowanie wodorowych ogniw paliwowych w wielopaliwowym układzie napędowym jednostki pływającej umożliwia istotne ograniczenie emisji substancji szkodliwych oraz poprawę efektywności energetycznej w porównaniu z układami konwencjonalnymi. Teza ta znajduje potwierdzenie w zaprezentowanych wynikach badań eksperymentalnych i analiz modelowych

Zakres rozprawy został określony w sposób szeroki, obejmując przegląd regulacji prawnych, analizę technologii wodorowych, opracowanie algorytmu sterowania, badania w warunkach rzeczywistych oraz modelowanie pracy układu napędowego. Zakres ten jest spójny z przyjętym celem pracy i uzasadniony z punktu widzenia złożoności analizowanego problemu. Jednocześnie szerokość zakresu powoduje, że niektóre zagadnienia mają charakter bardziej przeglądowy niż analityczny, co jednak nie wpływa negatywnie na ogólną ocenę poprawności sformułowania celu i zakresu rozprawy.

4. MERYTORYCZNA OCENA PRACY

Oceniając merytoryczny wymiar rozprawy doktorskiej Aleksa Jagielskiego, według recenzenta, jej mocną stroną stanowi bardzo obszerne i aktualne studium literaturowe, obejmujące zagadnienia maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach publicznych, regulacji prawnych w zakresie emisji związków szkodliwych oraz technologii wodorowych stosowanych w transporcie. Studium to zostało uzupełnione o autorską analizę możliwości zastosowania napędu wodorowego w jednostkach pływających, co jest szczególnie istotne z punktu widzenia celu rozprawy. Autor dokonał również systematyzacji pojęć, aktów prawnych oraz norm emisyjnych odnoszących się do sektora NRMM, wykazując się bardzo dobrą orientacją w międzynarodowych regulacjach oraz dokumentach branżowych.

Na podkreślenie zasługuje bardzo dobra znajomość technicznych aspektów funkcjonowania układów napędowych, w tym silników spalinowych, ogniw paliwowych oraz zasobników energii, co świadczy o solidnym przygotowaniu merytorycznym oraz doświadczeniu praktycznym Autora. Szczególnie wartościowe są fragmenty pracy dotyczące rzeczywistych warunków eksploatacji jednostek pływających, w których Autor uwzględnia

zmienne profile pracy, różne scenariusze użytkowania oraz ich wpływ na zużycie energii i emisję związków szkodliwych.

Największą wartość rozprawy, zdaniem recenzenta, stanowi opracowany przez Autora algorytm sterowania wielopaliwowym układem napędowym, obejmującym generator spalinowy, ogniwo paliwowe zasilane wodorem oraz akumulatory. Algorytm ten pełni rolę narzędzia decyzyjnego w zakresie doboru źródeł energii w zależności od warunków eksploatacyjnych jednostki pływającej. Co najistotniejsze - jego walidacja została przeprowadzona w oparciu o badania w warunkach rzeczywistych oraz modelowanie pracy układu napędowego, co pozwoliło na uzyskanie interesujących i wartościowych wyników. Uzyskane rezultaty stanowią oryginalny materiał źródłowy w obszarze analizy energetycznej i środowiskowej maszyn pozadrogowych.

Na szczególnie pozytywną ocenę zasługuje wielowymiarowy sposób analizy wyników badań, obejmujący zarówno dane pomiarowe, jak i wyniki symulacji, oraz próba ich odniesienia do aspektów środowiskowych. Świadczy to o dobrej znajomości problematyki badawczej oraz umiejętnościach Doktoranta w zakresie łączenia badań eksperymentalnych z modelowaniem.

Istotną zaletą pracy jest jej wyraźny charakter aplikacyjny oraz potencjalne możliwości wdrożenia zaproponowanych rozwiązań w praktyce. Autor wielokrotnie podkreśla znaczenie ograniczenia emisji substancji szkodliwych i poprawy efektywności energetycznej, zwłaszcza w kontekście eksploatacji jednostek pływających w obszarach wrażliwych środowiskowo. Efektem realizacji dysertacji jest również sformułowanie wniosków o charakterze użytkowym, które mogą stanowić podstawę do dalszych prac rozwojowych oraz wdrożeniowych w sektorze maszyn pozadrogowych.

Według wiedzy recenzenta jest to jedno z pierwszych tak kompleksowych opracowań w krajowej literaturze, łączących zagadnienia technologii wodorowych, rzeczywistych warunków eksploatacji jednostek pływających oraz zagadnień sterowania wielopaliwowymi układami napędowymi w kategorii NRMM.

Do pozostałych, istotnych zalet pracy można zaliczyć:

1. Opracowanie autorskiej metodyki badawczej, która została dostosowana do specyfiki maszyn pozadrogowych, a w szczególności jednostek pływających. Metodyka ta uwzględnia charakterystyczne dla tego typu obiektów zmienne profile obciążenia, zależność zapotrzebowania mocy od warunków nawigacyjnych oraz ograniczenia wynikające z architektury układu napędowego. Autor nie ograniczył się do zastosowania standardowych procedur badawczych znanych z pojazdów drogowych, lecz zaproponował podejście adekwatne do warunków eksploatacji jednostki pływającej, co znajduje odzwierciedlenie m.in. w sposobie doboru tras badawczych oraz analizowanych stanów pracy układu napędowego.

2. Przeprowadzenie badań w warunkach rzeczywistych eksploatacji, a nie wyłącznie w warunkach laboratoryjnych. Autor zrealizował pomiary podczas rzeczywistej pracy obiektu, obejmującej zarówno operacje manewrowe i portowe, jak i żeglugę w warunkach zbliżonych do eksploatacji docelowej. Takie podejście pozwoliło na rejestrację rzeczywistych profili zużycia energii oraz parametrów pracy układu napędowego, których nie da się w pełni odtworzyć w warunkach laboratoryjnych. Jest to istotny atut pracy, szczególnie w kontekście badań maszyn pozadrogowych, gdzie warunki eksploatacyjne mają kluczowy wpływ na wyniki analiz.
3. Połączenie badań eksperymentalnych z modelowaniem zużycia energii i walidacją opracowanego modelu. Autor wykorzystał wyniki badań rzeczywistych jako podstawę do budowy i weryfikacji modelu energetycznego układu napędowego, co zwiększa wiarygodność uzyskanych rezultatów. Walidacja modelu została przeprowadzona w sposób poprawny metodologicznie, a uzyskane zgodności pomiędzy wynikami pomiarów i obliczeń potwierdzają zasadność przyjętych założeń modelowych.
4. Uwzględnienie różnych scenariuszy pracy jednostki pływającej, w tym operacji portowych oraz rejsów offshore. Pozwoliło to na analizę pracy układu napędowego w warunkach istotnie różniących się pod względem zapotrzebowania mocy, czasu trwania poszczególnych faz oraz wymagań środowiskowych. Takie podejście zwiększa wartość aplikacyjną pracy i umożliwia ocenę funkcjonowania zaproponowanego rozwiązania w szerszym kontekście eksploatacyjnym.
5. Opracowanie algorytmu sterowania układem wielopaliwowym o potencjale aplikacyjnym. Autor wykorzystał wyniki badań rzeczywistych jako podstawę do budowy i weryfikacji modelu energetycznego układu napędowego, co zwiększa wiarygodność uzyskanych rezultatów. Walidacja modelu została przeprowadzona w sposób poprawny metodologicznie, a uzyskane zgodności pomiędzy wynikami pomiarów i obliczeń potwierdzają zasadność przyjętych założeń modelowych.
6. Odniesienie wyników badań do aspektów środowiskowych i emisyjnych. Autor analizuje wpływ zaproponowanej architektury układu napędowego na redukcję emisji związków szkodliwych oraz zużycie energii, szczególnie w fazach pracy wrażliwych środowiskowo, takich jak manewry portowe. Choć analiza ta ma charakter wskaźnikowy, stanowi istotny krok w kierunku oceny oddziaływania maszyn pozadrogowych na środowisko.

Rozprawa nie jest jednak pozbawiona wad. Do najistotniejszych z nich recenzent zalicza:

1. Bardzo szeroki zakres pracy, który powoduje, że niektóre zagadnienia mają charakter bardziej przeglądowy niż analityczny.
2. Ograniczoną dyskusję wyników badań w odniesieniu do wyników innych autorów.

3. Celem Rozdziału 7.2 jest de facto wyznaczenie oporów statku. W pracy nie dokonano jednak szczegółowego wyznaczenia charakterystyki oporowej jednostki, pomimo, że współczesne narzędzia obliczeniowe CFD (Computational Fluid Dynamics) są obecnie w pełni dostępne i stanowią standard w analizie hydrodynamicznej kadłubów. Przyjęcie uproszczonych, przybliżonych wartości oporu, bez wykorzystania numerycznej analizy przepływu, było rozwiązaniem akceptowalnym w latach 70. i 80., kiedy dostęp do zaawansowanych narzędzi obliczeniowych był ograniczony. Obecnie jednak symulacje CFD są traktowane na równi z badaniami w basenach modelowych i pozwalają na znacznie dokładniejsze odwzorowanie zjawisk przepływowych. Brak wykorzystania tej metody należy uznać za istotne ograniczenie części hydrodynamicznej pracy. W rozprawie nie określono również jednoznacznie, czy analizowana jednostka operuje na drodze wodnej płytkiej czy głębokiej. Parametr ten wyrażany jest poprzez stosunek h/T , czyli relację głębokości akwenu do zanurzenia jednostki. Ma on istotny wpływ na wartość oporu hydrodynamicznego, w szczególności na składową lepkościową oraz na współczynnik kształtu. Nieuwzględnienie warunków głębokościowych ogranicza precyzję analizy oporowej oraz utrudnia jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników. Sposób wyznaczenia oporu hydrodynamicznego został przeprowadzony w oparciu o klasyczną procedurę ITTC-57, wywodzącą się z zaleceń z 1957 roku. Metoda ta, choć nadal stosowana jako punkt odniesienia, w przedstawionej pracy została wykorzystana w sposób uproszczony, bez uwzględnienia współczynnika kształtu. W konsekwencji opór lepki trójwymiarowego kadłuba został potraktowany analogicznie do oporu lepkościowego płaskiej płyty. Współczynnik kształtu stanowi istotną poprawkę uwzględniającą przestrzenną geometrię kadłuba oraz wpływ efektów trójwymiarowych, a jego wartość zależy również od relacji h/T . Pominięcie tego elementu powoduje, że analiza oporowa ma charakter uproszczony i nie w pełni odpowiada współczesnym standardom hydrodynamiki okrętowej.
4. Brak krytycznej analizy wpływu przyjętych założeń modelowych na uzyskane wyniki.
5. Brak jednoznacznego wskazania zakresu uniwersalności zaproponowanego rozwiązania dla innych klas maszyn pozadrogowych.
6. W rozdziale „Cel i zakres pracy” brakuje faktycznego zdefiniowania jej zakresu – opis znajdujący się w rozdziale pasuje bardziej do metodyki niż zakresu (ew. streszczenia zawartości poszczególnych rozdziałów).
7. Autor przedstawia „główny cel pracy”, co sugerowałoby wystąpienie celów szczegółowych (których zdecydowanie brakuje).
8. Na stronie 19 pracy w Tabeli 3 pominięto normę Tire 3, poza tym wartości i lata wdrażania tych standardów są rozbieżne w stosunku do rzeczywistych ([EPA Emission Standards for Nonroad Engines and Vehicles | US EPA](https://www.epa.gov/nonroad-emissions/emission-standards-nonroad-engines-and-vehicles)).

9. Niektóre rysunki, jak np. Rys 3. Str. 123 są niewyraźne/nieczytelne - w szczególności czcionka lub jednostki i opisy osi jak na rys 22-27 str. 61/62.
10. W spisie skrótów brakuje sporej liczby z tych faktycznie użytych w rozprawie (np. BMS, HMS, SNB, SLP, SOC, SKE i wiele innych). Stosuje się je również bez wcześniejszego wprowadzenia w tekście pełnej nazwy (lub zdecydowanie później niż skrót został wprowadzony po raz pierwszy).
11. Tabela 14 na stronie 59 – niepotrzebne zera po przecinku
12. W pracy zauważono dużo skrótów myślowych i nieprecyzyjnych wyrażań, które nie powinny pojawiać się w tego typu dysertacjach naukowych – szczególnie w tak ważnej sekcji jak wnioski i podsumowanie. Mam tu na myśli np. wniosek nr 2 z wniosków szczegółowych: „Stężenie tlenków azotu NO_x osiągnęło wartość 20,35 g/kg oleju napędowego, mieszcząc się w granicach określonych przez normę Stage V, natomiast stężenie cząstek stałych PM wyniosło 0,11 g/kg paliwa.” Ta jednostka z pewnością nie dotyczy stężenia NO_x w oleju napędowym...
13. Zauważono również literówki i drobne błędy pisowni np. Rozdział 9.1. nazywa się „Opracowanie modelowanych trach badawczych” zamiast tras.

W związku z powyższymi uwagami recenzent zwraca się do Autora z prośbą o ustosunkowanie się do następujących kwestii:

1. Czy Autor pracy mógłby zaproponować kilka celów szczegółowych pracy (najlepiej podzielonych na cele naukowe i aplikacyjne)?
2. W jakim stopniu zaproponowany algorytm sterowania może zostać przeniesiony na inne klasy maszyn pozadrogowych?
3. Jak Autor ocenia wpływ przyjętych uproszczeń (w szczególności w obliczeniach hydrodynamicznych) na wiarygodność uzyskanych wyników?
4. Jakie są, zdaniem Autora, główne bariery wdrożeniowe zaproponowanego rozwiązania w skali przemysłowej?
5. Na stronie 25 autor napisał „Jako paliwo wodorowe (w domyśle wodór) może istotnie ograniczyć emisję gazów cieplarnianych, co jest istotne w walce ze zmianami klimatu” – czy zawsze? Ze względu na brak cytowania zakładam, że jest to stwierdzenie Autora. Zdaniem recenzenta kluczowe jest jednak w jaki sposób wodór został wyprodukowany oraz jak jest wykorzystywany, dlatego bardzo proszę o wyjaśnienie tezy postawionej przez Autora.
6. W rozdziale 3.3. Autor klasyfikuje wodór. Jak Pana zdaniem należałoby zaklasyfikować wytwarzanie wodoru z odpadów (np. w procesie ich zgazowania lub pirolizy)? Jest to jedna z metod otrzymywania wodoru ale nie została sklasyfikowana.

7. Tabela 20 na stronie 60 – w kolumnie „Uzasadnienie” zastosowano, zdaniem Autora, zbyt duże skróty myślowe „zero emisji” „ekologia”, – proszę je zdefiniować (wyjaśnić).
8. Co oznacza „wysoka jakość procesu elektrochemicznego” (strona 63)?
9. W jaki sposób mógłby Pan przereklamować „wniosek szczegółowy” nr 2 w taki sposób, aby brzmiał poprawnie merytorycznie?
10. Używa Pan w pracy słowa „metodologia” (nazwał Pan tak też rozdział 5 „Metodologia badań” – czy nie powinno być metodyka?
11. Na stronie 28 zapisano „Alternatywną metodą przechowywania wodoru są związki absorpcyjne (...)”. Czym są wg. Pana „związki absorpcyjne” i czy jest to poprawne stwierdzenie? W tym samym akapicie mówi Pan o **adsorpcji**. Są to różne zjawiska, które zostały, zdaniem recenzenta, potraktowane w tym miejscu tożsamo – proszę o wyjaśnienie.

5. OCENA REDAKCYJNEJ STRONY ROZPRAWY

Rozprawa doktorska została napisana poprawnym językiem, adekwatnym do formułowania wypowiedzi pisemnej w pracach naukowych z obszaru nauk inżyniersko-technicznych. Styl narracji jest w większości spójny i konsekwentny, a terminologia techniczna stosowana przez Autora świadczy o dobrej znajomości omawianej problematyki. Praca zawiera liczne rysunki, schematy oraz tabele, które w przeważającej części stanowią opracowanie własne Autora i w sposób czytelny ilustrują omawiane zagadnienia techniczne oraz wyniki przeprowadzonych analiz.

Strona graficzna pracy jest w większości poprawna, jednak w kilku przypadkach czytelność tabel i rysunków mogłaby zostać zwiększona poprzez zastosowanie większej czcionki lub bardziej przejrzystego układu graficznego. Zastrzeżenie to nie ma jednak istotnego wpływu na odbiór merytoryczny prezentowanych treści. Rozprawa została zredagowana starannie, zawiera właściwe przypisy, odwołania do literatury oraz odniesienia do innych fragmentów tekstu, co ułatwia czytelnikowi analizę i interpretację treści.

W pracy dostrzeżono pojedyncze błędy językowe, literówki oraz uchybienia redakcyjne (m.in. tzw. „wdowy” i „bękarty”), które są typowe dla obszernych opracowań naukowych. Uchybienia te nie wpływają jednak w żaden sposób na merytoryczną wartość dysertacji i mogą zostać łatwo usunięte na etapie korekty redakcyjnej.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

W wyniku analizy rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Aleksa Jagielskiego pt. „Napęd wodorowy w kategorii pozadrogowej”, której promotorem jest prof. dr hab. Paweł Fuć, mogę stwierdzić, że Autor:

- jako tematykę rozprawy doktorskiej wybrał ważne i aktualne zagadnienie naukowe oraz aplikacyjne, istotne z punktu widzenia ograniczania oddziaływania maszyn pozadrogowych na środowisko, w szczególności w zakresie emisji substancji szkodliwych i efektywności energetycznej,
- wykazał się bardzo dobrą znajomością zagadnień z obszaru maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach publicznych, technologii wodorowych, układów napędowych oraz uwarunkowań prawnych i regulacyjnych,
- przyjął szeroki, a jednocześnie spójny zakres zagadnień rozpatrywanych w rozprawie, obejmujący zarówno analizę literaturową, jak i badania w warunkach rzeczywistych oraz modelowanie pracy układu napędowego,
- uzyskał oryginalne wyniki badań i analiz dotyczące opracowania algorytmu sterowania wielopaliwowym układem napędowym jednostki pływającej oraz sformułował wnioski poznawcze i użytkowe, które stanowią wartościowy materiał źródłowy dla dalszych badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze maszyn pozadrogowych (w szczególności jednostek pływających).

Pomimo wskazanych w recenzji niedoskonałości, kilku kwestii dyskusyjnych oraz uwag krytycznych, rozprawę należy ocenić jako wartościową. Wynika to przede wszystkim z podjęcia przez Autora aktualnego i istotnego problemu badawczego, zastosowania badań w warunkach rzeczywistych, opracowania algorytmu sterowania układem wielopaliwowym oraz uzyskania oryginalnych wyników i wniosków z przeprowadzonych analiz. Rozprawa doktorska mieści się również z całą pewnością w dyscyplinie Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Pozwala mi to wyrazić opinię, iż przedstawiona do oceny rozprawa, zgodnie z przepisami ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742), spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. **W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.**

