UNIWERSYTET ROLNICZY
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

1. Informacje formalne

Recenzję wykonano na podstawie pisma Nr SD-3/2026 z dnia 12.01.2026 r., informującego o powołaniu recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora, zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej nr XI/16/2025 Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 09.12.2025 r.

Postępowanie dotyczy nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Autor rozprawy:
mgr inż. Łukasz Ściubak

Tytuł rozprawy:
„Optymalizacja składu mieszanek biomasy i biomasy odpadowej dla procesu spalania w kotle instalacji energetycznej małej mocy"

Jednostka nadająca stopień:
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

Promotor:
dr hab. inż. Andrzej Baryga, prof. uczelni

Opiekun pomocniczy:
dr inż. Wojciech Kosakowski

2. Przedmiot i zakres rozprawy

Recenzowana rozprawa dotyczy problematyki optymalizacji składu mieszanek biomasy oraz biomasy odpadowej wykorzystywanej w procesie spalania w instalacjach energetycznych małej mocy. Praca osadzona jest w kontekście transformacji energetycznej oraz wykorzystania odnawialnych źródeł energii w przemyśle rolno-spożywczym.

Rozprawa ma charakter wdrożeniowy i odnosi się do rzeczywistego obiektu przemysłowego – zakładu Polmos Żyrardów Sp. z o.o., co stanowi jej istotny atut. Podjęta tematyka wpisuje się w aktualne potrzeby rynku oraz gospodarki, wynikające z konieczności dekarbonizacji sektora energetycznego, rosnących kosztów energii oraz presji regulacyjnej związanej z polityką klimatyczną Unii Europejskiej. W szczególności sektor rolno-spożywczy, charakteryzujący się znacznym zapotrzebowaniem na ciepło oraz energię elektryczną, a jednocześnie generujący istotne ilości odpadów organicznych, stanowi obszar o wysokim potencjale wdrożeniowym dla technologii bioenergetycznych.

Z punktu widzenia praktyki przemysłowej szczególnego znaczenia nabiera stabilizacja parametrów pracy instalacji przy wykorzystaniu paliw o zmiennych właściwościach fizykochemicznych. Problematyka ta ma znaczenie zarówno dla sprawności konwersji energii, jak i bezpieczeństwa eksploatacyjnego instalacji.

Należy podkreślić, że rozwój technologii umożliwiających efektywne zagospodarowanie lokalnie dostępnych surowców odpadowych wpisuje się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zwiększania samowystarczalności energetycznej przedsiębiorstw. W tym kontekście szczególnie istotne jest nie tylko wykorzystanie biomasy jako paliwa, ale również zagospodarowanie produktów ubocznych procesu spalania, w tym popiołów.

Badania właściwości popiołów oraz ich potencjalnego wykorzystania w rolnictwie stanowią ważny element domykania obiegu materiałowego biomasy. Popioły powstające ze spalania biomasy, w zależności od składu paliwa, mogą stanowić cenne źródło składników mineralnych, takich jak potas, wapń czy mikroelementy, co stwarza możliwość ich wykorzystania jako materiałów wspomagających nawożenie lub polepszających właściwości gleb. W szczególności w sektorze rolno-spożywczym, powiązanym z produkcją surowców wykorzystywanych w gorzelnictwie (np. zboża), pojawia się potencjał do zamknięcia lokalnych cykli surowcowych – od uprawy roślin, poprzez ich przetwarzanie, aż do energetycznego wykorzystania pozostałości i powrotu składników mineralnych do gleby.

Tego typu podejście wpisuje się w nowoczesne koncepcje zarządzania zasobami, w których system energetyczny, produkcja rolna oraz przetwórstwo stanowią elementy jednego, zintegrowanego układu. W warunkach niestabilnych rynków paliw i energii rozwiązania tego typu nabierają szczególnego znaczenia strategicznego, zarówno w skali przedsiębiorstw, jak i gospodarki regionalnej.

W tym kontekście tematykę rozprawy należy uznać za aktualną, istotną i uzasadnioną zarówno naukowo, jak i aplikacyjnie.

3. Cel pracy i hipotezy badawcze

Autor formułuje cel pracy jako opracowanie i weryfikację sposobu optymalizacji składu mieszanek biomasy oraz biomasy odpadowej przeznaczonych do spalania w kotle instalacji energetycznej małej mocy, przy jednoczesnym zapewnieniu stabilnych parametrów pracy układu, w szczególności w zakresie utrzymania wymaganych parametrów pary technologicznej oraz ciągłości procesu produkcyjnego. Cel ten jest dobrze osadzony w realiach eksploatacyjnych instalacji przemysłowych i odpowiada rzeczywistym problemom technicznym związanym z wykorzystaniem paliw o zmiennych właściwościach fizykochemicznych.

W pracy sformułowano zestaw hipotez badawczych odnoszących się do wykorzystania biomasy w procesie spalania w instalacjach energetycznych małej mocy, optymalizacji składu mieszanek paliwowych oraz zagospodarowania produktów spalania. Przyjęty kierunek badań należy uznać za uzasadniony i istotny zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i aplikacyjnego, jednak analiza sposobu sformułowania hipotez wskazuje na potrzebę ich większego doprecyzowania i uporządkowania.

W pierwszej kolejności należy zauważyć, że część hipotez (w szczególności odnosząca się do zasadności zastępowania paliw kopalnych biomasą - H1) ma charakter ogólny i wpisuje się w dobrze ugruntowaną wiedzę literaturową oraz kierunki polityki energetycznej. Hipotezy tego typu pełnią istotną funkcję uzasadnienia podjętej tematyki, jednak z metodologicznego punktu widzenia nie stanowią hipotez badawczych w ścisłym znaczeniu, gdyż nie odnoszą się do konkretnych, mierzalnych zależności analizowanych w pracy i nie podlegają jednoznacznej weryfikacji eksperymentalnej.

Zasadniczy potencjał poznawczy pracy koncentruje się w hipotezach dotyczących wpływu składu mieszanek biomasy na przebieg procesu spalania (H2) oraz możliwości opracowania algorytmu doboru paliwa zapewniającego stabilną pracę instalacji w warunkach zmiennej jakości surowca. W tym zakresie Autor podejmuje próbę rozwiązania realnego problemu technicznego, jednak sformułowanie hipotez ma w dużej mierze charakter jakościowy i opisowy. W literaturze przedmiotu zależności pomiędzy właściwościami paliwa a parametrami procesu spalania są szeroko opisane, dlatego w pracy doktorskiej zasadne byłoby ich uszczegółowienie poprzez wskazanie konkretnych zakresów zmienności parametrów (np. wilgotności, udziału frakcji odpadowej, zawartości popiołu) oraz ich wpływu na stabilność i efektywność procesu.

Podobna uwaga dotyczy hipotezy związanej z wykorzystaniem biomasy odpadowej (H3). W obecnym ujęciu ma ona charakter kierunkowy i odnosi się do idei zagospodarowania odpadów, natomiast jej wartość naukowa mogłaby zostać istotnie wzmocniona poprzez odniesienie do mierzalnych wskaźników eksploatacyjnych, takich jak sprawność procesu, stabilność pracy instalacji czy jednostkowe koszty wytwarzania ciepła. Dopiero takie ujęcie pozwala na jednoznaczną ocenę konkurencyjności proponowanego rozwiązania względem paliw konwencjonalnych.

W przypadku hipotezy (H4) dotyczącej produktów spalania (popiołów) należy wskazać na brak dostatecznej precyzji terminologicznej. Hipoteza odnosi się do ogólnych „produktów spalania", podczas gdy w pracy analizowany jest konkretny materiał – popiół

powstający w wyniku spalania mieszanek biomasy. Z punktu widzenia poprawności metodologicznej zasadne byłoby jednoznaczne wskazanie rodzaju produktu (np. popiół paleniskowy) oraz odniesienie hipotezy do jego właściwości fizykochemicznych i potencjalnych kierunków wykorzystania.

W ocenie recenzenta zasadniczym problemem analizowanych hipotez nie jest ich kierunek, lecz poziom ogólności. Hipotezy zostały sformułowane w sposób poprawny intuicyjnie, jednak w ograniczonym stopniu spełniają kryteria precyzyjnych twierdzeń naukowych podlegających falsyfikacji. Ich uszczegółowienie poprzez:

- wskazanie zmiennych niezależnych i zależnych,
- określenie zakresów parametrów,
- odniesienie do mierzalnych efektów procesu,

pozwoliłoby na wzmocnienie spójności metodycznej pracy oraz bardziej jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników.

Należy podkreślić, że przeprowadzone badania w znacznym stopniu realizują powyższe zależności na poziomie eksperymentalnym, jednak ich formalne ujęcie w postaci precyzyjnie zdefiniowanych hipotez zwiększyłoby wartość naukową rozprawy oraz ułatwiłoby jednoznaczną ocenę stopnia ich weryfikacji.

Wskazane uwagi mają charakter porządkujący i nie podważają zasadności podjętego tematu ani wartości uzyskanych wyników, które – szczególnie w części wdrożeniowej – stanowią istotny wkład w rozwój technologii wykorzystania biomasy w energetyce małej skali.

4. Układ i struktura pracy

Struktura pracy jest formalnie poprawna i odpowiada klasycznemu układowi rozprawy doktorskiej. Obejmuje przegląd literatury, część metodyczną, prezentację wyników badań oraz element wdrożeniowy. Układ ten jest czytelny i zgodny z przyjętymi standardami opracowań naukowych.

Jednocześnie analiza struktury pracy pozwala wskazać na pewne uchybienia o charakterze kompozycyjnym. W szczególności widoczna jest nierównowaga pomiędzy częścią literaturową a badawczą – przegląd literatury jest rozbudowany i miejscami zawiera treści o charakterze podstawowym, które mają charakter bardziej podręcznikowy niż analityczny. W efekcie część ta nie w pełni prowadzi do jednoznacznego zdefiniowania luki badawczej. Dodatkowo, jak wskazano wcześniej, część treści o charakterze przeglądowym została rozproszona również w kolejnych rozdziałach pracy, co powoduje zaburzenie logicznej sekwencji: przegląd literatury – identyfikacja problemu – cel – badania - dyskusja i wnioskowanie. Tego typu układ utrudnia jednoznaczne oddzielenie wiedzy literaturowej od wyników badań własnych oraz osłabia przejrzystość struktury pracy.

Istotną kwestią jest również obecność dwóch równoległych wątków badawczych:

- optymalizacji składu mieszanek biomasy i procesu spalania,
- analizy właściwości popiołów oraz ich potencjalnego wykorzystania, m.in. w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym.

Oba te wątki są merytorycznie uzasadnione i wartościowe, jednak ich powiązanie metodologiczne nie zostało w pracy dostatecznie wyeksponowane. W szczególności analiza

popiołów – mimo, że wykonana w sposób stosunkowo kompletny – ma charakter uzupełniający i nie została jednoznacznie włączona do głównego toku rozumowania prowadzącego od celu pracy do weryfikacji hipotez.
Powoduje to pewne wrażenie niespójności tematycznej rozprawy, polegające nie na braku związku pomiędzy poszczególnymi elementami, lecz na niewystarczającym ich zintegrowaniu w ramach jednej, jasno zdefiniowanej koncepcji badawczej. Bardziej jednoznaczne powiązanie analizy popiołów z głównym problemem badawczym – np. poprzez uwzględnienie ich właściwości jako jednego z kryteriów optymalizacji mieszanek paliwowych – pozwoliłoby na zwiększenie spójności pracy.
Podsumowując, układ pracy jest poprawny formalnie, jednak wymagałby lepszego uporządkowania treści oraz silniejszego powiązania poszczególnych elementów w ramach jednej, spójnej koncepcji badawczej. Wskazane uwagi mają charakter strukturalny i nie podważają wartości merytorycznej rozprawy, jednak ich uwzględnienie przyczyniłoby się do wyraźniejszego wyeksponowania wkładu naukowego autora.

5. Przegląd literatury – ocena merytoryczna i strukturalna

Przegląd literatury przedstawiony w pracy ma charakter obszerny i obejmuje szeroki zakres zagadnień związanych z wykorzystaniem biomasy, jej konwersją energetyczną oraz aspektami środowiskowymi. Do jego mocnych stron należy zaliczyć szeroki zakres tematyczny oraz uwzględnienie literatury zagranicznej, co świadczy o dobrej orientacji Autora w podejmowanej problematyce. Jednocześnie analiza tej części pracy wskazuje, że przegląd literatury ma w dużej mierze charakter opisowy, a w ograniczonym stopniu krytyczny. Przedstawiane treści koncentrują się głównie na prezentacji znanych zależności i ujęć literaturowych, natomiast w mniejszym stopniu zawierają ich analizę porównawczą, wskazanie rozbieżności czy identyfikację luk badawczych. W efekcie przegląd nie prowadzi w sposób dostatecznie jednoznaczny do wyodrębnienia problemu badawczego oraz uzasadnienia przyjętego celu pracy.

Na tym tle pozytywnie wyróżnia się część przeglądu literatury poświęcona zagadnieniu zagospodarowania popiołów ze spalania biomasy (str. 35–50), która została opracowana w sposób bardziej uporządkowany i pogłębiony. Autor przedstawia nie tylko ogólne kierunki wykorzystania popiołów, ale również odnosi się do ich składu chemicznego oraz potencjalnych zastosowań w rolnictwie i rekultywacji gleb. W szczególności zwraca uwagę na zawartość składników mineralnych, takich jak potas, wapń czy fosfor, oraz ich znaczenie w kontekście nawożenia i poprawy właściwości fizykochemicznych gleb. Przegląd ten uwzględnia również aspekty środowiskowe i regulacyjne związane z wykorzystaniem popiołów, co wskazuje na jego większą dojrzałość analityczną w porównaniu do pozostałych części przeglądu literatury.

W pracy występują również fragmenty o charakterze podstawowym, odnoszące się do zagadnień ogólnych (np. procesów biologicznych czy ogólnych zasad funkcjonowania biomasy jako źródła energii), które – choć poprawne merytorycznie – nie są w pełni adekwatne do poziomu pracy doktorskiej i mogłyby zostać ograniczone na rzecz bardziej pogłębionej analizy zagadnień specjalistycznych.

Analizując strukturę pracy, należy ponadto zwrócić uwagę na sposób rozmieszczenia treści o charakterze przeglądowym. W rozdziałach następujących po sformułowaniu celu pracy znajdują się liczne podrozdziały dotyczące właściwości biomasy, charakterystyki paliw oraz podstaw procesów spalania, które mają charakter syntetycznego ujęcia aktualnej wiedzy naukowej i branżowej. Treści te są poprawne merytorycznie i stanowią wartościowe wprowadzenie do tematyki, jednak z punktu widzenia metodologii pracy naukowej zasadne byłoby ich skoncentrowanie w jednym, spójnym rozdziale przeglądu literatury.

Obecne ich rozmieszczenie powoduje rozproszenie części teoretycznej oraz utrudnia jednoznaczne oddzielenie wiedzy literaturowej od wyników badań własnych. W konsekwencji struktura pracy traci częściowo na przejrzystości, a wkład własny autora nie jest zawsze jednoznacznie wyeksponowany na tle przedstawionych informacji ogólnych. Bardziej uporządkowane ujęcie tej części pozwoliłoby na wyraźniejsze zarysowanie luki badawczej oraz lepsze uzasadnienie przyjętego celu pracy.

Szczególnej uwagi wymaga również sposób przedstawienia dostępności surowców biomasowych, zwłaszcza w rozdziale 2.2. Autor podejmuje próbę ilościowej charakterystyki dostępnych strumieni biomasy, jednak w wielu przypadkach nie wskazano jednoznacznie źródeł danych, okresu, którego dotyczą prezentowane wartości, ani metod ich pozyskania. Brakuje również odniesienia do wiarygodności i aktualności wykorzystanych danych statystycznych oraz ewentualnej zmienności w czasie.

Z punktu widzenia poprawności naukowej i możliwości interpretacji wyników badań, zasadne byłoby jednoznaczne określenie:

- źródeł danych (np. statystyki publiczne, raporty branżowe, dane przedsiębiorstw),
- zakresu czasowego analizowanych informacji,
- sposobu ich przetwarzania i uśredniania,
- oraz ewentualnych ograniczeń wynikających z dostępności danych.

Brak tych informacji powoduje, że przedstawiona charakterystyka potencjału surowcowego ma charakter przybliżony i utrudnia ocenę realności przyjętych założeń badawczych, szczególnie w kontekście ich odniesienia do warunków przemysłowych.

Analizując sposób przedstawienia poszczególnych surowców biomasowych należy stwierdzić, że ich charakterystyka jest zróżnicowana pod względem kompletności opisu. W przypadku zrębki drzewnej, stanowiącej podstawowe paliwo instalacji, Autor odnosi się zarówno do jej właściwości fizycznych, jak i wpływu na pracę układu, co pozwala uznać ten surowiec za dobrze osadzony w realiach eksploatacyjnych. Podobnie pestki śliwek oraz wysłodki buraczane zostały przedstawione jako produkty uboczne konkretnych procesów przemysłowych, co w sposób pośredni uzasadnia ich dostępność, choć w ich przypadku również można wskazać na ograniczone odniesienie do aspektów logistycznych i technologicznych. Na tym tle szczególnie wyróżnia się sposób przedstawienia rdzeni kolb kukurydzy, które – pomimo poprawnej charakterystyki właściwości energetycznych – nie zostały jednoznacznie osadzone w kontekście ich rzeczywistej dostępności oraz technologii pozyskania. W przeciwieństwie do pozostałych surowców, w pracy nie wskazano ich źródła ani formy występowania w praktyce gospodarczej, co utrudnia ocenę możliwości ich zastosowania w warunkach rzeczywistych.

Podsumowując, przegląd literatury stanowi wartościową i szeroką podstawę

teoretyczną pracy, jednak wymagałby większego uporządkowania strukturalnego oraz pogłębienia analizy krytycznej. W szczególności zasadne byłoby wyraźniejsze powiązanie przedstawionych treści z problemem badawczym, uzupełnienie informacji dotyczących źródeł i wiarygodności danych surowcowych oraz bardziej jednoznaczne oddzielenie wiedzy literaturowej od wyników badań własnych. Wskazane uwagi mają charakter porządkujący i nie podważają wartości merytorycznej tej części pracy, jednak ich uwzględnienie istotnie wzmocniłoby jej poziom naukowy.

6. Metodyka badań

Materiał badawczy oraz metodyka badań zostały w pracy wyodrębnione jako osobny element i obejmują charakterystykę badanych paliw biomasowych, opis zastosowanych analiz chemicznych oraz odniesienie do badań eksploatacyjnych instalacji energetycznej. Układ tej części pracy należy uznać za formalnie poprawny, jednak jego struktura ma w dużej mierze charakter opisowy i nie w pełni odzwierciedla logiczny tok postępowania badawczego.

W szczególności brakuje jednoznacznego powiązania pomiędzy przyjętymi metodami a sformułowanymi hipotezami badawczymi. Nie przedstawiono również schematu przebiegu badań, który w sposób syntetyczny ilustrowałby kolejne etapy: od przygotowania próbek, poprzez analizy laboratoryjne, aż do badań eksploatacyjnych instalacji oraz oceny wykorzystania produktów spalania w uprawach roślin i nietylko. Powoduje to, że metodyka jest czytelna na poziomie poszczególnych procedur, lecz mniej przejrzysta w ujęciu całościowym.

Do mocnych stron pracy należy zaliczyć zastosowanie metod badawczych opartych na obowiązujących normach, w szczególności w zakresie oznaczania wilgotności, zawartości popiołu, składu pierwiastkowego oraz parametrów energetycznych paliw. Wskazanie konkretnych norm świadczy o poprawnym doborze metod analitycznych oraz zgodności z praktyką badawczą w zakresie oceny paliw biomasowych. Jednocześnie opis metodyki nie zawiera pełnych informacji dotyczących aparatury badawczej oraz szczegółowych procedur pomiarowych. Brakuje m.in. danych dotyczących zastosowanych urządzeń (np. analizatora CHNS), sposobu kalibracji, liczby powtórzeń pomiarów czy oceny niepewności wyników. Ogranicza to możliwość pełnej oceny powtarzalności i dokładności przeprowadzonych badań.

W pracy poprawnie wprowadzono rozróżnienie pomiędzy stanem roboczym, analitycznym i suchym próbek paliwowych, co stanowi istotny element metodologii badań paliw stałych. Jednak sposób przygotowania próbek oraz uzyskania stanu analitycznego nie został opisany w sposób wystarczająco jednoznaczny. W szczególności nie wskazano warunków prowadzenia procesu podsuszania (temperatury, czasu, sposobu suszenia), co utrudnia ocenę, czy uzyskany stan odpowiada klasycznemu stanowi analitycznemu (air-dry), czy też stanowi zbliżonemu do stanu suchego. Wątpliwości te wynikają również z wartości wilgotności próbek w stanie analitycznym, które w przedstawionych wynikach kształtują się na poziomie około 2–4%. Tak niski zakres wilgotności jest relatywnie rzadko spotykany dla stanu analitycznego biomasy i może wskazywać na bardziej intensywne przygotowanie

próbek. Z tego względu zasadne byłoby doprecyzowanie tej części metodyki, co pozwoliłoby na jednoznaczną interpretację wyników oraz poprawne odniesienie ich do standardowych stanów paliwa. Na szczególną uwagę zasługuje sposób wyznaczania parametrów energetycznych paliw. Autor wskazuje, że ciepło spalania zostało obliczone na podstawie analizy elementarnej CHNS z wykorzystaniem wzoru Dulonga, natomiast wartość opałową wyznaczono w oparciu o normę PN-EN ISO 18125. Takie podejście wymaga doprecyzowania, ponieważ norma ta odnosi się do bezpośredniego pomiaru ciepła spalania w kalorymetrze, podczas gdy w pracy zastosowano metodę obliczeniową. Nie wskazano jednoznacznie, czy wykonywano pomiary eksperymentalne, czy wyłącznie obliczenia, co utrudnia ocenę wiarygodności uzyskanych wyników. Należy również zauważyć, że metoda Dulonga ma charakter przybliżony i jej stosowanie w odniesieniu do biomasy, jako paliwa o zmiennym i złożonym składzie, może prowadzić do rozbieżności w stosunku do wyników pomiarowych. W związku z tym zasadne byłoby uzupełnienie opisu metodyki o jednoznaczne określenie przyjętej procedury wyznaczania parametrów energetycznych oraz wskazanie jej ograniczeń.

Istotnym elementem, który nie został w sposób jednoznaczny przedstawiony w części metodycznej, jest również opis postępowania badawczego w zakresie badań przemysłowych realizowanych na kotle biomasowym. Badania te stanowią kluczowy komponent pracy, gdyż to właśnie na ich podstawie weryfikowane są przyjęte założenia dotyczące optymalizacji mieszanek paliwowych oraz stabilności pracy instalacji. Jednocześnie sposób prowadzenia tych badań, w tym procedura wprowadzania poszczególnych paliw, zakres zmienności parametrów pracy kotła, czas trwania poszczególnych etapów eksperymentu oraz kryteria oceny stabilności procesu, nie zostały w sposób systematyczny opisane w rozdziale metodycznym. Informacje te pojawiają się dopiero w części wynikowej, co powoduje, że metodyka badań musi być odtwarzana na podstawie opisu rezultatów.

Z punktu widzenia poprawności metodologicznej zasadne byłoby wyraźne wyodrębnienie tej części badań oraz przedstawienie ich w formie uporządkowanego schematu eksperymentalnego, obejmującego m.in. warunki prowadzenia badań, zakres zmiennych procesowych, sposób monitorowania parametrów instalacji oraz przyjęte kryteria oceny efektów. W szczególności istotne byłoby określenie takich elementów jak obciążenie kotła, sposób regulacji powietrza spalania, skład mieszanek paliwowych oraz sposób rejestracji parametrów eksploatacyjnych.

Brak jednoznacznego opisu tych elementów nie wynika z braku przeprowadzenia badań, lecz z ich niepełnego ujęcia w strukturze pracy. Zakres przeprowadzonych analiz wskazuje bowiem, że Autor dysponuje odpowiednią wiedzą i doświadczeniem w prowadzeniu badań w warunkach przemysłowych, jednak ich formalne przedstawienie w części metodycznej wymagałoby uzupełnienia.

Podobnie opis badań dotyczący właściwości oraz możliwości zagospodarowania popiołów powstających w procesie spalania biomasy też nie został w sposób spójny ujęty w rozdziale metodycznym. Zakres tych badań, przedstawiony w dalszej części pracy (rozdział wynikowy, str. 157–196), jest merytorycznie poprawny, szczegółowy i świadczy o dobrym przygotowaniu Autora w zakresie planowania i realizacji badań doświadczalnych. Jednocześnie ich opis nie został w sposób jednoznaczny wyodrębniony i przedstawiony w

części poświęconej materiałowi badawczemu i metodyce badań, co powoduje pewną niespójność strukturalną pracy.

Podsumowując, metodyka badań została oparta na poprawnych podstawach analitycznych i obejmuje istotne parametry charakteryzujące badane paliwa oraz proces spalania. Jednocześnie wymaga ona uzupełnienia w zakresie spójności opisu, powiązania z hipotezami badawczymi, jednoznacznego przedstawienia toku badań oraz doprecyzowania procedur przygotowania próbek i wyznaczania kluczowych parametrów energetycznych. W szczególności zasadne jest wyraźne wyodrębnienie i opisanie metodyki badań przemysłowych na kotle biomasowym oraz tych dotyczących popiołów, które stanowią istotny i wartościowy element pracy. Wskazane uwagi mają charakter porządkujący i ich uwzględnienie przyczyniłoby się do zwiększenia przejrzystości oraz rygoru naukowego przedstawionej metodyki, bez podważania wartości przeprowadzonych badań.

7. Wyniki badań – analiza i ocena merytoryczna

Przedstawione w pracy wyniki badań obejmują zarówno analizę właściwości fizykochemicznych paliw biomasowych, jak i ocenę ich wpływu na pracę instalacji energetycznej małej mocy w warunkach rzeczywistych. Zakres przeprowadzonych badań należy uznać za szeroki i dobrze dostosowany do postawionego celu pracy, a szczególną wartością jest ich realizacja w obiekcie przemysłowym, co nadaje uzyskanym wynikom istotny wymiar aplikacyjny.

Do mocnych stron tej części pracy należy zaliczyć zebranie obszernego materiału badawczego oraz jego przedstawienie w formie tabelarycznej i opisowej. Autor analizuje m.in. wilgotność, zawartość popiołu, skład pierwiastkowy oraz parametry energetyczne paliw, a także odnosi uzyskane wyniki do pracy kotła, w tym do takich parametrów jak stabilność procesu czy zmienność parametrów pary. Na pozytywną ocenę zasługuje również fakt, że w części zestawień wyników (m.in. w tabelach obejmujących właściwości paliw) uwzględniono odchylenia standardowe, co świadczy o uwzględnieniu zmienności badanych parametrów i stanowi istotny element poprawnej prezentacji danych eksperymentalnych.

Jednocześnie analiza tej części pracy wskazuje, że sposób prezentacji i interpretacji wyników ma w dużej mierze charakter opisowy. Wyniki są zestawiane i komentowane, jednak w ograniczonym stopniu poddawane pogłębionej analizie ilościowej. Brakuje wyraźnego wykorzystania narzędzi analitycznych pozwalających na określenie zależności pomiędzy parametrami paliwa a przebiegiem procesu spalania, takich jak analiza korelacji, modele regresyjne czy próby uogólnienia wyników w postaci zależności funkcyjnych.

W konsekwencji uzyskane wyniki, mimo że wartościowe, nie zostały w pełni wykorzystane pod kątem ich potencjału poznawczego. W szczególności nie przedstawiono jednoznacznych zależności ilościowych, które pozwalałyby na prognozowanie zachowania układu w funkcji zmiennych parametrów paliwa, co byłoby naturalnym rozwinięciem podjętej tematyki badawczej.

Z punktu widzenia spójności badań należy również zwrócić uwagę na zakres i charakter stosowanych paliw w części eksperymentalnej realizowanej na kotle. W pracy pojawiają się różne rodzaje paliw, takie jak zrębka agro, zrębka przemysłowa czy pelet z

łusek słonecznika, które są wprowadzane w ramach testów eksploatacyjnych. Autor wskazuje, że są one elementem działań mających na celu dywersyfikację źródeł paliwa oraz ocenę możliwości ich współspalania ze zrębką drzewną. Jednocześnie ich charakterystyka w pracy nie jest w pełni spójna z wcześniejszą częścią dotyczącą materiału badawczego. W szczególności:

- nie wszystkie paliwa stosowane w badaniach kotłowych zostały jednoznacznie zdefiniowane pod względem pochodzenia i właściwości,
- część danych (np. dla peletu z łusek słonecznika czy rdzeni kolb kukurydzy) opiera się na specyfikacjach producentów, a nie na własnych analizach laboratoryjnych,
- brak jest pogłębionego uzasadnienia doboru tych paliw oraz ich reprezentatywności względem analizowanego rynku biomasy.

Wprowadza to pewną niespójność pomiędzy częścią materiałową pracy a badaniami eksploatacyjnymi, co może utrudniać jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników oraz ich odniesienie do przyjętych założeń badawczych.

Z punktu widzenia poprawności naukowej istotnym elementem, który wymagałby uzupełnienia, jest również brak pełnej analizy niepewności pomiarowej oraz powtarzalności wyników w całym zakresie badań. Choć w części zestawień uwzględniono odchylenia standardowe, nie towarzyszy im szersza interpretacja statystyczna ani odniesienie do liczby powtórzeń, co ogranicza możliwość oceny wiarygodności uzyskanych danych.

Na szczególnie wysoką ocenę zasługuje część pracy poświęcona analizie właściwości popiołów powstających w procesie spalania badanych mieszanek biomasy. Wyniki te zostały przedstawione w sposób ilościowy oraz poddane analizie statystycznej, co świadczy o wysokim poziomie metodycznym tej części badań. Autor dokonuje nie tylko charakterystyki składu popiołów, lecz również podejmuje próbę ich interpretacji w kontekście potencjalnych kierunków zagospodarowania. W szczególności zwraca uwagę na zawartość składników mineralnych o znaczeniu nawozowym (m.in. potasu, wapnia i fosforu), co pozwala na ocenę możliwości ich wykorzystania w rolnictwie oraz wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym. Ta część pracy stanowi spójne i dobrze opracowane rozwinięcie wątku środowiskowego oraz należy ją uznać za jeden z istotniejszych wkładów naukowych rozprawy.

W pracy brakuje również jednoznacznego odniesienia wyników badań do sformułowanych hipotez badawczych. Nie wskazano w sposób systematyczny, które z hipotez zostały potwierdzone, a które wymagają dalszej weryfikacji, co powoduje, że proces wnioskowania ma charakter bardziej opisowy niż analityczny.

Na szczególną uwagę zasługuje natomiast praktyczny aspekt przeprowadzonych badań, polegający na ich realizacji w warunkach rzeczywistej pracy instalacji przemysłowej. Uzyskane wyniki mają bezpośrednie znaczenie dla oceny możliwości wykorzystania biomasy odpadowej w układach energetycznych małej mocy, a przedstawione obserwacje dotyczące wpływu składu paliwa na stabilność procesu stanowią cenny wkład aplikacyjny.

Podsumowując, wyniki badań przedstawione w pracy stanowią wartościowy materiał empiryczny i zostały uzyskane w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, co należy ocenić bardzo pozytywnie. Jednocześnie sposób ich opracowania i interpretacji wymagałby pogłębienia w kierunku analizy ilościowej, wyraźnego powiązania z hipotezami badawczymi

oraz ujednolicenia opisu stosowanych paliw. Uwzględnienie tych elementów pozwoliłoby na pełniejsze wykorzystanie potencjału zgromadzonych danych oraz wzmocnienie naukowego charakteru pracy.

8. Dyskusja wyników – ocena merytoryczna

Dyskusja wyników została w pracy przeprowadzona i stanowi logiczne uzupełnienie części prezentującej rezultaty badań. Autor podejmuje próbę interpretacji uzyskanych wyników oraz odniesienia ich do praktyki eksploatacyjnej instalacji, co należy ocenić pozytywnie, szczególnie w kontekście aplikacyjnego charakteru rozprawy.

Jednocześnie analiza tej części pracy wskazuje, że dyskusja ma w dużej mierze charakter opisowy, a w ograniczonym stopniu krytyczny. Interpretacja wyników koncentruje się głównie na ich omówieniu i potwierdzeniu przyjętych założeń, natomiast w mniejszym stopniu obejmuje analizę alternatywnych wyjaśnień obserwowanych zjawisk czy identyfikację potencjalnych rozbieżności.

W niewystarczającym stopniu wykorzystano również odniesienia do wyników badań innych autorów. Choć w pracy obecne są odwołania literaturowe, nie zawsze mają one charakter porównawczy. Brakuje szerszego zestawienia uzyskanych rezultatów z danymi literaturowymi, w tym wskazania zgodności lub różnic w odniesieniu do badań prowadzonych w podobnych warunkach technologicznych. Tego typu analiza pozwoliłaby na lepsze osadzenie wyników pracy w aktualnym stanie wiedzy oraz jednoznaczne określenie jej wkładu naukowego.

Z punktu widzenia poprawności metodologicznej istotnym elementem, który nie został dostatecznie rozwinięty, jest identyfikacja ograniczeń przeprowadzonych badań. W pracy nie wskazano w sposób systematyczny czynników, które mogą wpływać na interpretację wyników, takich jak zmienność jakości paliwa, ograniczenia aparaturowe, przyjęte uproszczenia czy specyfika badanego obiektu przemysłowego. Uwzględnienie tych aspektów pozwoliłoby na bardziej krytyczne i jednocześnie bardziej wiarygodne przedstawienie rezultatów badań. Warto podkreślić, że charakter prowadzonych badań – realizowanych w warunkach rzeczywistej pracy instalacji – w naturalny sposób ogranicza możliwość pełnej kontroli wszystkich zmiennych procesu. Tym bardziej zasadne byłoby wyraźne wskazanie tych ograniczeń oraz ich wpływu na uzyskane wyniki.

Na szczególne podkreślenie zasługuje część dyskusji dotycząca właściwości popiołów powstających w procesie spalania biomasy, która wyróżnia się wyższym poziomem analizy w porównaniu do pozostałych wątków. Autor odnosi się do wyników ilościowych oraz ich zmienności, wskazując na zależności pomiędzy składem paliwa a właściwościami uzyskiwanych popiołów. W szczególności analiza zawartości podstawowych składników mineralnych (m.in. K, Ca, Mg, P) pozwala na ocenę potencjału nawozowego popiołów oraz ich przydatności w zastosowaniach rolniczych.

Istotnym i wartościowym rozwinięciem tego wątku są przeprowadzone w pracy badania obejmujące wykorzystanie popiołów w uprawie roślin, a następnie analizę jakości surowca roślinnego w kontekście jego dalszego przetwarzania technologicznego. Autor podejmuje próbę zamknięcia obiegu materiałowego poprzez powiązanie etapu spalania

biomasy z etapem produkcji roślinnej oraz dalszym wykorzystaniem uzyskanego surowca w procesie przygotowania zacierów. Takie podejście ma istotne znaczenie poznawcze i aplikacyjne, gdyż wykracza poza standardową ocenę właściwości popiołów i obejmuje ich rzeczywisty wpływ na jakość produktów końcowych w łańcuchu technologii rolno-spożywczej. W szczególności analiza parametrów zacierów przygotowanych z surowca roślinnego pochodzącego z upraw nawożonych popiołami pozwala na ocenę wpływu tego typu nawożenia na właściwości technologiczne biomasy, takie jak skład chemiczny, podatność na przetwarzanie czy efektywność procesów konwersji. Wprowadzenie tego typu badań stanowi istotne rozszerzenie klasycznego podejścia do zagospodarowania popiołów, przenosząc analizę z poziomu materiałowego na poziom całego systemu produkcyjnego.

Z punktu widzenia aktualnych kierunków badań oraz wymagań gospodarki o obiegu zamkniętym, takie ujęcie należy uznać za szczególnie wartościowe. Autor nie ogranicza się bowiem do oceny możliwości wykorzystania popiołów jako nawozu, lecz podejmuje próbę weryfikacji ich wpływu na jakość surowca przeznaczonego do dalszego przetwarzania przemysłowego, co stanowi istotny wkład w rozwój zintegrowanych systemów bioenergetyczno-rolniczych. W konsekwencji część dotycząca popiołów należy uznać za jedną z najlepiej opracowanych części rozprawy, łączącą aspekt technologiczny z analizą środowiskową oraz wpisującą się w aktualne kierunki badań związanych z gospodarką o obiegu zamkniętym.

Podsumowując, dyskusja wyników stanowi poprawny element pracy i pozwala na ogólną interpretację uzyskanych rezultatów, jednak jej wartość naukowa w części dt. spalania biomasy w kotle biomasowym mogłaby zostać istotnie wzmocniona poprzez pogłębienie analizy krytycznej, szersze odniesienie do literatury oraz jednoznaczne wskazanie ograniczeń przeprowadzonych badań. Na szczególne podkreślenie zasługuje natomiast część dotycząca analizy popiołów, która stanowi wartościowy wkład naukowy i aplikacyjny pracy oraz istotnie wzmacnia jej znaczenie w kontekście współczesnych wyzwań związanych z efektywnym zagospodarowaniem produktów ubocznych procesu spalania biomasy.

9. Ocena osiągnięcia naukowego

Rozprawa doktorska ma wyraźnie zaznaczony charakter aplikacyjno-wdrożeniowy, co znajduje odzwierciedlenie zarówno w przyjętym zakresie badań, jak i w sposobie ich realizacji. Autor koncentruje się na rozwiązaniu konkretnego problemu technicznego, związanego z optymalizacją składu mieszanek biomasy w instalacji energetycznej funkcjonującej w warunkach rzeczywistych.

Wkład naukowy pracy należy ocenić jako zróżnicowany. W warstwie teoretycznej ma on charakter umiarkowany, co wynika z dominującego, opisowego charakteru przeglądu literatury oraz ograniczonego wykorzystania narzędzi analizy ilościowej w interpretacji wyników. W pracy nie przedstawiono uogólnionych modeli matematycznych ani zależności funkcyjnych, które pozwalałyby na szersze wykorzystanie uzyskanych rezultatów poza analizowanym obiektem.

Jednocześnie w warstwie aplikacyjnej wkład pracy jest wyraźny i dobrze

udokumentowany. Autor opracował podejście umożliwiające dobór mieszanek biomasy z uwzględnieniem zmienności właściwości paliwa oraz wymagań technologicznych instalacji, a następnie przeprowadził jego weryfikację w warunkach przemysłowych. Szczególnie istotne jest to, że zaproponowane rozwiązania zostały przetestowane w rzeczywistym układzie technologicznym, co pozwoliło na ocenę ich skuteczności w warunkach eksploatacyjnych.

Za najważniejsze osiągnięcie pracy należy uznać opracowanie i wdrożenie rozwiązania umożliwiającego optymalizację składu mieszanek paliwowych w oparciu o rzeczywiste właściwości dostępnych surowców oraz wymagania procesu spalania. Rozwiązanie to ma istotne znaczenie praktyczne, ponieważ odnosi się do jednego z kluczowych problemów współczesnej energetyki rozproszonej, jakim jest zmienność jakości biomasy oraz konieczność zapewnienia stabilnej pracy instalacji.

Istotnym uzupełnieniem części badawczej są również analizy dotyczące produktów spalania, w szczególności popiołów, których wyniki zostały przedstawione w dalszych częściach pracy (m.in. w tabelach 21 i kolejnych). Zakres przeprowadzonych badań w tym obszarze należy ocenić jako szeroki i dobrze udokumentowany, a uzyskane wyniki stanowią wartościowe rozszerzenie głównego nurtu badań. Analiza właściwości popiołów pozwala na ocenę ich potencjalnego zagospodarowania, co wpisuje się w aktualne założenia gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oraz minimalizacji strumieni odpadowych.

Należy przy tym zauważyć, że wątek ten – mimo swojej wartości merytorycznej – nie został w pełni wyeksponowany na poziomie tytułu pracy ani w celu pracy. Powoduje to pewną niespójność pomiędzy rzeczywistym zakresem badań a ich formalnym ujęciem, choć nie umniejsza znaczenia uzyskanych wyników.

Podsumowując, rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój zagadnień związanych z wykorzystaniem biomasy w energetyce małej mocy, przede wszystkim w wymiarze aplikacyjnym. Pomimo pewnych ograniczeń w warstwie teoretycznej, uzyskane wyniki oraz zaproponowane rozwiązania mają realne znaczenie dla praktyki przemysłowej i wpisują się w aktualne kierunki rozwoju sektora energetycznego, w tym w szczególności w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym.

10. Uwagi szczegółowe

W pracy występują drobne uchybienia redakcyjne, terminologiczne oraz niespójności w prezentacji danych, które nie wpływają na jej ogólną wartość merytoryczną, jednak ich usunięcie przyczyniłoby się do poprawy przejrzystości oraz poprawności formalnej opracowania (np. zamienne stosowanie określeń „palety" zamiast „pelety"). Zwraca również uwagę brak pełnej konsekwencji w stosowaniu terminologii technicznej. W niektórych fragmentach pracy pojawia się określenie „energia cieplna", które w języku naukowym powinno być zastępowane pojęciem „ciepło". Wskazane byłoby ujednolicenie terminologii w całym tekście.

W pracy stosowany jest zamiennie zapis jednostek fizycznych w formie klasycznego ułamka (np. kJ/kg) oraz w formie zapisu inżynierskiego z wykorzystaniem potęg (np. $kJ \cdot kg^{-1}$), co obniża spójność formalną opracowania. Z punktu widzenia standardów publikacyjnych wskazane byłoby ujednolicenie sposobu zapisu jednostek i konsekwentne stosowanie

jednego formatu. W pracach naukowych, szczególnie w obszarze nauk technicznych, preferowany jest zapis inżynierski zgodny z zasadami SI (np. $MJ \cdot kg^{-1}$, $kg \cdot m^{-3}$). Podobnie występują niespójności w stosowaniu indeksów dolnych i górnych, szczególnie w zapisie oznaczeń chemicznych oraz parametrów analitycznych (np. CO_2, CH_4, s.m., d, ar), które nie zawsze są prezentowane w sposób jednolity. Dodatkowo można zauważyć brak pełnej konsekwencji w definiowaniu skrótów i oznaczeń stosowanych w pracy – nie wszystkie zostały jednoznacznie wyjaśnione przy pierwszym użyciu. Wskazane byłoby wprowadzenie zestawienia stosowanych oznaczeń i jednostek.

W części metodycznej odczuwalny jest brak syntetycznego schematu przebiegu badań, który w sposób graficzny lub tabelaryczny porządkowałby kolejne etapy postępowania badawczego – od przygotowania próbek, poprzez analizy laboratoryjne, aż do badań eksploatacyjnych. Jego wprowadzenie poprawiłoby czytelność pracy oraz ułatwiło interpretację przyjętej metodyki.

W tym samym rozdziale brak jest również jednoznacznego przedstawienia sposobu wyznaczania parametrów energetycznych paliw, w szczególności ciepła spalania oraz wartości opałowej. Choć z treści pracy można wnioskować, że wykorzystano zależności empiryczne oparte na analizie elementarnej (CHNS), nie przedstawiono wprost stosowanych równań ani nie określono jednoznacznie stanu odniesienia danych wejściowych. Z punktu widzenia poprawności metodologicznej wskazane byłoby umieszczenie stosowanych zależności obliczeniowych oraz jednoznaczne określenie, czy skład pierwiastkowy oraz parametry energetyczne odnoszą się do stanu suchego, analitycznego czy suchego bezpopiołowego, co ma istotne znaczenie dla przejrzystości pracy oraz możliwości weryfikacji uzyskanych wyników.

W odniesieniu do badań prowadzonych w warunkach przemysłowych należy zwrócić uwagę na sposób wprowadzania dodatkowych paliw (np. zrębka agro, zrębka przemysłowa, pelet z łusek słonecznika). Choć ich zastosowanie można interpretować jako próbę dywersyfikacji paliwowej, w pracy nie przedstawiono w sposób wystarczająco jednoznaczny ich charakterystyki, źródła pochodzenia ani uzasadnienia ich włączenia do badań w kontekście wcześniej zdefiniowanego materiału badawczego. W szczególności dotyczy to takich paliw jak „zrębka agro", dla których brak jest jednoznacznego opisu surowcowego i technologicznego.

W zakresie charakterystyki paliw można wskazać na nieścisłości dotyczące parametrów fizycznych. Przykładowo, wskazywanie wilgotności peletu z łusek słonecznika na poziomie przekraczającym 20% budzi wątpliwości technologiczne, ponieważ przy takiej wilgotności materiał nie spełnia kryteriów jakościowych dla peletu jako paliwa zagęszczonego i w praktyce występuje w formie materiału sypkiego.

Na uwagę zasługuje sposób prezentacji wyników w tabeli 11, gdzie występuje niespójność pomiędzy deklarowanym stanem paliwa a jednostkami, w których przedstawiono wyniki. Pojawiają się zapisy odnoszące się do stanu roboczego paliwa przy jednoczesnym zastosowaniu jednostek właściwych dla suchej masy (np. % s.m. lub kJ/kg s.m.). Takie zestawienie jest metodologicznie niejednoznaczne, ponieważ stan roboczy i stan suchy stanowią odmienne układy odniesienia, a ich łączenie utrudnia poprawną interpretację wyników, szczególnie w odniesieniu do parametrów takich jak zawartość popiołu czy wartość

opałowa. Wskazana jest korekta i ujednolicenie sposobu prezentacji tych danych. W kontekście danych przedstawionych w tabeli 11 należy również zwrócić uwagę na wyniki dotyczące wywaru gorzelnianego. Wartości wilgotności w stanie roboczym i analitycznym zostały przedstawione na zbliżonym poziomie, podczas gdy odpowiadające im parametry zależne, takie jak zawartość popiołu czy wartość opałowa, wykazują istotne różnice. Może to wskazywać na niejednoznaczność w sposobie prezentacji danych lub potencjalną pomyłkę przy ich opracowaniu (np. w zakresie wilgotności w stanie analitycznym), co wymagałoby weryfikacji i ewentualnej korekty.
W tabeli 11 zwracają uwagę wyniki dotyczące pestek śliwek. Przy relatywnie wysokiej zawartości popiołu (7,86% w stanie roboczym i 10,1% w stanie analitycznym) przedstawione wartości opałowe pozostają bardzo wysokie. Tego typu konfiguracja parametrów nie jest niemożliwa, jednak wymagałaby szerszego komentarza oraz odniesienia do danych literaturowych, gdyż wzrost zawartości części mineralnej zazwyczaj wiąże się z obniżeniem parametrów energetycznych paliwa. W obecnej formie dane te budzą wątpliwości interpretacyjne i powinny zostać dodatkowo wyjaśnione.

W pracy brakuje również jednoznacznego opisu sposobu przygotowania i wprowadzania mieszanek paliwowych do badań prowadzonych w warunkach przemysłowych. Choć Autor odnosi się do systemów podawania paliwa, nie przedstawiono w sposób wystarczająco precyzyjny procedury sporządzania mieszanek, w szczególności w zakresie sposobu ich homogenizacji oraz miejsca i sposobu dozowania do układu spalania. Z punktu widzenia technologii spalania biomasy jest to zagadnienie kluczowe, ponieważ sposób przygotowania mieszanki oraz jej jednorodność mają bezpośredni wpływ na stabilność procesu spalania, równomierność podawania paliwa oraz powtarzalność uzyskiwanych wyników. Brak tych informacji utrudnia ocenę warunków prowadzenia badań oraz ogranicza możliwość ich odtworzenia w innych instalacjach.

Pytania do doktoranta:

- Czy na podstawie uzyskanych wyników widzi Pan możliwość opracowania modelu opisującego wpływ składu paliwa na parametry pracy kotła? Jeśli tak – jakie zmienne byłyby kluczowe?
- Na jakiej podstawie dobierano dodatkowe paliwa w badaniach kotłowych (np. zrębka agro, pelet z łusek słonecznika) i czy uważa Pan, że są one reprezentatywne dla analizowanego rynku biomasy?
- Jak przygotowywane były mieszanki paliwowe w badaniach przemysłowych – w szczególności sposób homogenizacji, dozowania oraz kontroli udziałów poszczególnych komponentów.

11. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Ściubaka pt. „Optymalizacja składu mieszanek biomasy i biomasy odpadowej dla procesu spalania w kotle instalacji energetycznej małej mocy" mieści się w dyscyplinie technologia żywności i żywienia oraz spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 ze zm.).

Rozprawa stanowi zarówno oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jak i oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej, co znajduje odzwierciedlenie w przeprowadzonych badaniach oraz we wdrożeniu ich wyników w warunkach rzeczywistego obiektu przemysłowego.

Pomimo wskazanych w recenzji uwag o charakterze uzupełniającym i porządkującym, rozprawa stanowi wartościowe opracowanie o istotnym znaczeniu aplikacyjnym i naukowym oraz może stanowić podstawę do nadania stopnia doktora.

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Recenzent:
dr hab. inż. Krzysztof Mudryk, prof. URK

Data: 07.04.2026 r.

Podpis: