



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
WE WROCLAWIU

ZAKŁAD NISKOEMISYJNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII I EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

dr hab. inż. Przemysław Bukowski, prof. UPWr
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii
i Efektywności Energetycznej

Wrocław, 26.08.2024 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Vishwajeet pt. „Hydrothermal carbonization and plasma gasification of sewage sludge” („Hydrotermalna karbonizacja i zgazowanie plazmowe osadów ściekowych”).

Recenzja została wykonana w związku z powołaniem na recenzenta zgodnie z Uchwałą Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 15 maja 2024 r. (Uchwała nr 970/42/RDND08/2021-2024).



Charakterystyka ogólna rozprawy

Praca doktorska została wykonana przez mgr inż. Vishwajeet w Katedrze Inżynierii Konwersji Energii pod kierunkiem Zastępcy Kierownika Katedry dr hab. inż. Tomasza Hardego, prof. uczelni. Promotorem pomocniczym był dr Amit Arora, NIT Hamirpur, India.

Recenzowana Rozprawa składa się z 6 rozdziałów (z czego ostatnie 2 to wykaz źródeł oraz wykaz artykułów), obejmuje 116 stron maszynopisu, streszczenie po polsku i angielsku, podziękowania oraz wykaz literatury zawierający 157 pozycji. Dobór bibliografii jest prawidłowy, oparty w przeważającej większości na aktualnych źródłach z recenzowanych czasopism naukowych. Nie recenzowano oryginalnych podziękowań na samym początku pracy, ale już po pierwszych zdaniach wstępu można zauważyć, że autor podaje informacje w sposób przemyślany i że jest ekspertem w tematyce swojej pracy. Potwierdzają to publikacje opracowane w ramach doktoratu (7 artykułów), 2 patenty w których doktorant był współautorem, oraz aktywny udział w 7 konferencjach.

Należy także wskazać, że cele pracy zostały jasno postawione i zrealizowane, ale zabrakło też lub hipotez oraz wyraźnie wyartykułowanych problemów naukowych, które autor postanowił rozwiązać. Wprawdzie problemy te pojawiają się w samej pracy, a zwłaszcza we wnioskach, ale powinny one być sformułowane już we wstępie.

Badania zaprezentowane w pracy są oryginalne i pomysłowe. Zarówno merytoryczna strona, zakres badań i infrastruktura badawcza użyta do analiz osadów ściekowych są najmocniejszą stroną tej pracy. Najsłabszą jest dość uboga analiza uzyskanych wyników, co sprawia wrażenie, że praca jest niedokończona. Dla przykładu autor wykonał obliczenia i wykresy dla energii aktywacji (str. 75÷79) ale w pracy nie ma próby wyjaśnienia różnic dla poszczególnych wariantów. Autor jedynie porównał same wartości, bez wyjaśnienia samego zjawiska. Szczegółowa recenzja samych badań i wniosków została podana w ocenie merytorycznej.



Ocena merytoryczna rozprawy

Poruszona w rozprawie tematyka jest istotnym i aktualnym obszarem badawczym obejmującym zagadnienia z zakresu energetyki, ale także ochrony środowiska i gospodarki odpadami.

Recenzowana praca doktorska składa się z czterech rozdziałów głównych (merytorycznych) i dwóch, które są wykazem źródeł, oraz osiągnięć doktoranta. We wstępie autor zawarł główne cele badań oraz opis swojego wkładu w wiedzę dotyczącą zrównoważonego rozwoju. W rozdziale tym wykonano także przegląd sposobów odzyskiwania energii i materiałów z osadów ściekowych oraz opisano znaczenie hydrotermalnej karbonizacji i zgazowania plazmowego. Autor poprawnie wskazał źródła prawne (w tym Dyrektywy Unijne) regulujące obszar jego badań, a także w sposób zwięzły i przemyślany scharakteryzował zarówno osady ściekowe jak i technologie ich utylizacji. Opisane w tym rozdziale cele naukowe są typowe dla badań laboratoryjnych. Tym niemniej zostały one sformułowane poprawnie, a później wykonane w sposób technicznie i merytorycznie prawidłowy (co wynika z dalszych rozdziałów). Na uwagę zasługuje także podrozdział 1.5, w którym autor bardzo wnikliwie zebrał zalety badanej technologii w różnych aspektach, w tym energetycznym, środowiskowym i ekonomicznym.

Rozdział 2 zawiera szczegółowy opis badanych materiałów, aparatury i metod wykorzystanych w badaniach eksperymentalnych. Cennym jest tu rys. 2.1, który (mimo małej czytelności) pozwala zorientować się w samej materii eksperymentu i w sposób klarowny pokazuje zakres i metodykę badań. Autor prezentuje tu także wstępne wyniki badań (jak ciepło spalania) oraz parametry procesu HTC. Cały rozdział napisany jest metodycznie poprawnie, a rysunki ze schematami poszczególnych urządzeń (rys. 2.2.1, 2.3.1, 2.5.1, 2.5.2) poprawiają zarówno wizualną stronę pracy jak i możliwość zrozumienia działania poszczególnych stanowisk badawczych. Trudno nie zwrócić uwagi, że infrastruktura badawcza użyta przez doktoranta jest imponująca. Zarówno stanowiska do analiz technicznych i elementarnych, jak i stanowiska do gazyfikacji, poprzez mikroskop elektronowy ze spektrometrem pokazują bardzo dobrą infrastrukturę laboratoryjną i dobry pomysł na jej użycie. Cennym elementem pracy jest opis



innowacyjności proponowanego stanowiska badawczego (str. 42 i 43), oraz analizy wpływu czynnika zgazowującego na finalne produkty, w tym popioł. Innowacyjne są także opisane w tym rozdziale sposoby zagospodarowania popiołów na produkcję płytek, a także dalsze pogłębione analizy tych płytek, od projektu formy poprzez badania naprężeń ściskających czy hydrofobowości (tutaj – absorpcji wody).

W rozdziale 3 doktorant przedstawił i omówił wyniki prac wykonanych w ramach studiów doktorskich. We wszystkich podrozdziałach uwagę zwraca duża ilość pomysłowych badań, i dość lapidarne wyjaśnienie różnic w wynikach.

W podrozdziale 3.1 wykonano charakterystyki osadów ściekowych przy pomocy analiz elementarnych, termograwimetrycznych (wykonanych dla różnych parametrów: temperatur i czasów) i technicznych. Określono także energię aktywacji, choć zabrakło próby wyjaśnienia różnic dla poszczególnych wariantów.

Podrozdział 3.2 obejmuje wyniki analiz odwadniania po hydrotermalnej karbonizacji. Autor pokazuje graficzne przebiegi zawartości wilgoci oraz słusznie wskazuje parametry mające wpływ na sam proces (jak porowatość). Podobnie jak w poprzednim punkcie zabrakło analizy jak różnica temperatury lub czasu przetrzymania wpływa na sam proces.

Podrozdział 3.3 zawiera opis i analizę wyników zgazowania plazmowego osadów ściekowych. Sama analiza jest ciekawa i merytorycznie poprawna, ale brakuje porównania poszczególnych charakterystyk. Dlatego doktorant zostanie poproszony o uzupełnienie informacji z tego podrozdziału podczas obrony.

Podrozdział 3.4 obejmuje analizę elementarną popiołu przed i po zgazowaniu plazmowym. Tutaj autor porównał poszczególne popioły z różnych lokalizacji.

Podrozdział 3.5 zawiera analizę SEM/EDX w której pokazano zarówno zdjęcia w różnym powiększeniu oraz rozkłady poszczególnych pierwiastków. Analiza wyników w formie graficznej lub tabelarycznej jest poprawna, ale dość uboga. Brakuje wyraźnych odniesień do poszczególnych rysunków przy formułowaniu wniosków.



Ostatni podrozdział (3.6) zawiera analizę płytek wykonanych z popiołu (o zmiennym udziale) i gliny w różnych temperaturach i w różnym czasie. Tutaj także zabrakło analizy, która skończyłaby się rekomendacją – jakie parametry są optymalne.

Rozdział 4 zamyka część merytoryczną pracy doktorskiej, zawierając ogólne wnioski końcowe oraz zalecenia dotyczące przyszłych badań. Ten rozdział sprawia wrażenie pisanego w pośpiechu. Po pierwsze poprawność językowa jest tu wyraźnie gorsza (np. str. 99 „By Dewatering I can understand, how much water is separated and in which sewage sludge type the tendency of dewatering good as compared to others.”). Niestety takich trywialnych zdań w tym rozdziale jest najwięcej, co jest dużą stratą, bo badania są ciekawe, pomysły innowacyjne, ale podsumowanie (także kierunki dalszych prac) są lapidarne.

Uwagi te jednak nie dyskryminują pracy jako całości, są jedynie wskazówkami na przyszłość.



Uwagi szczegółowe

Str. 2 – pierwsze zdanie podziękowań – błąd językowy – powinno być „gratitude (...) for his guidance and support (...)” ponieważ promotor jest mężczyzną.

Str. 9 – pierwsze zdanie ostatniego akapitu – powinno być „produced gas” a nie „producer gas”.

Str. 18 – rozdział nie powinien zaczynać się od rysunku. Wskazane byłoby chociaż jedno zdanie wprowadzenia. Sam rysunek (rys. 2.1 jest mało czytelny).

Str. 19, tab. 2.1.1 – sama informacja „Calorific value” jest nieprecyzyjna. Należy wyraźnie wskazać, że jest to ciepło spalania lub wartość opałowa.

Str. 21 – pierwsze zdanie ostatniego akapitu – jednostka objętości 4000-cc jest niepoprawna.

Str. 76÷79 – na rysunkach z graficzną ilustracją energii aktywacji trendy liniowe powinny być opisane przy zmiennych ze wzorów użytych do obliczeń, a nie jako X i Y.

Str. 90, podrozdział 3.4 powinien kończyć się podsumowaniem w którym autor porównuje wpływ zgazowania na zawartość Fe. Rozdział sprawia wrażenie niedokończonego.

Dodatkowo:

- w pracy brakuje spisu rysunków, tabel i wykazu skrótów (takich jak np. SEM, HTC, SS, EDS), co utrudnia analizę dokumentu. Jednorazowe podanie rozwinięcia skrótu w tekście jest niewystarczające,
- autor stosuje niepoprawny zapis jednostek, np. MJ/m³, powinno być MJ·m⁻³. Taki zapis jest czytelny i zgodny z obowiązującymi zasadami,
- brak konsekwencji przy cytowaniach: raz pozycje bibliograficzne zapisane są jako [90] [91] [92] (np. str. 8) a innym razem jako [43-46] (np. str. 9).



- autor niepoprawnie stosuje zapisy w drugiej osobie liczby pojedynczej (np. drugi akapit na str. 11) lub pierwszej osoby liczby mnogiej (np. str. 92, przedostatni akapit) zamiast strony biernej (formy bezosobowej),
- tabele i rysunki własnego autorstwa powinny być odpowiednio opisane (źródło: opracowanie własne, badania własne itp.).

Pytania szczegółowe (Detailed questions for the defense)

1. Proszę wyjaśnić czym różni się ciepło spalania od wartości opałowej, oraz która z tych wielkości była mierzona w trakcie badań.

Please explain the difference between the LCV and HCV (Lower and Higher Caloryfic Value), and specify which of these quantities was measured during the research..

2. Proszę wyjaśnić przyczyny różnic przebiegów charakterystyk pokazanych na rys. 3.3.1 i 3.3.2.

Please explain the reasons for the differences in the characteristics shown in figures 3.3.1 and 3.3.2.

3. Proszę podać rekomendację – który wariant płytek (z podanych w tab. 3.6.1) jest optymalny?

Please provide a recommendation: which tile variant (from those listed in Table 3.6.1) is optimal?



Wnioski końcowe

Temat rozprawy doktorskiej oraz jej wybór nie budzi zastrzeżeń zarówno merytorycznych jak i formalnych. Zaprezentowany w pracy przegląd aktualnego stanu wiedzy wskazuje na dobre przygotowanie doktoranta dotyczące wykonywania badań laboratoryjnych, opracowania wyników i formułowania celów. Wytyczony obszar badań jest logiczny, uzasadniony w aspekcie poznawczym i praktycznym. Podjęte badania uważam za wartościowe, a otrzymane wyniki i przeprowadzona ich analiza uzupełnia wiedzę naukową. Wiedza ta może być zastosowana w praktyce w celu zagospodarowania osadów ściekowych. Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemu badawczego, zaproponował właściwe metody jego rozwiązania, poprawnie przedstawił i zinterpretował uzyskane wyniki analiz. Sformułowane przez doktoranta wnioski znajdują oparcie w prezentowanych danych. Daje to przekonanie, że postawiony cel badań został osiągnięty, potwierdza jednocześnie umiejętność **samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**.

Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, którym jest przedstawienie sposobu analizy procesu karbonizacji i gazyfikacji osadów ściekowych oraz zależności parametrów wejściowych (jak skład elementarny) na finalne produkty (popiół i gaz syntezowy). Także propozycję utylizacji popiołów ze zgazowania uważam za oryginalną i innowacyjną.

Najmocniejszym elementem pracy jest jej wartość merytoryczna, a zwłaszcza pomysł na badania wykonane obszernie na wysokiej klasy stanowiskach laboratoryjnych i innowacyjne zagospodarowanie odpadów. Najslabszym elementem pracy jest brak podsumowań po poszczególnych analizach i zestawieniach. Często podrozdziały kończą się wykresami bez słowa komentarza, a autor nie zawsze próbuje wyjaśnić przyczyny zaobserwowanych przez siebie różnic w wynikach dla różnych parametrów procesów. Dlatego w recenzji podano 3 pytania szczegółowe, które mają na celu uzupełnienie i pogłębienie prezentowanych w doktoracie wniosków.



Reasumując stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Vishwajeet pt. „Hydrothermal carbonization and plasma gasification of sewage sludge” spełnia wymagania wynikające z art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.) i zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z wnioskiem o dopuszczenie mgr inż. Vishwajeet do dalszego toku przewodu doktorskiego.

Kierownik Zakładu

Niskoemisyjnych Źródeł Energii

i Efektywności Energetycznej

dr hab. inż. Przemysław Bukowski, prof. UPWr