



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Katedra Techniki Ciepłej i Ochrony Środowiska

Prof. dr hab. Aneta Magdziarz

Kraków, 12 listopada 2025 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgr inż. Hamzy Mumtaza

pt.: „*Experimental analysis of the waste hydrothermal treatment process*”

wykonanej pod opieką naukową

prof. dr hab. inż. Sebastiana Werle oraz dr inż. Szymona Sobka

na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki

Politechniki Śląskiej w Gliwicach

1. Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Hamzy Mumtaza została opracowana w ramach umowy z dnia 8 października 2025 r. z Politechniką Śląską reprezentowaną przez prof. dr. hab. inż. Mariusza Dudziaka, której podstawą była uchwała nr 218/2025 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dn. 25 września 2025 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów.

2. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój gospodarczy, w tym odnawialnych źródeł energii oraz gwałtowny wzrost zapotrzebowania na zaawansowane materiały polimerowe, staje przed wyzwaniem rosnącej ilości odpadów pochodzących z nowoczesnych technologii oraz produktów codziennego użytku. Transformacja energetyczna oparta na odnawialnych źródłach energii, istotna ze względu na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, niestety jest źródłem nowego rodzaju odpadów, które wymagają opracowania innowacyjnych i zrównoważonych metod ich recyklingu z możliwością odzysku surowców. Działania takie mają szczególne znaczenie w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

Do tego typu odpadów należą m.in. zużyte łopaty turbin wiatrowych i odpady z paneli fotowoltaicznych. Szacuje się, że w kolejnych latach zostanie wycofanych z eksploatacji setki tysięcy ton łopat turbin wiatrowych, ze względu na starzenie się materiałów kompozytowych oraz postęp technologiczny w ich konstrukcji. Łopaty zawierające włókna szklane, żywice epoksydowe oraz inne polimery, dlatego są trudne do utylizacji tradycyjnymi metodami mechanicznymi lub termicznymi. Ich składowanie jest kosztowne i obciążające środowisko, natomiast spalanie może

prorowadzić do emisji toksycznych substancji. Z tego względu prowadzone są badania nad procesami chemicznymi takimi jak oksydatywne upłynnianie (ang. *oxidative liquefaction*) czy solwoliza, które umożliwiają rozkład struktury polimerowej i odzysk wartościowych związków organicznych. Jednocześnie badania nad innowacyjnymi technologiami odzysku surowców z paneli PV (będących źródłem m.in. szkła, aluminium, krzemu, żywic polimerowych), w tym metodami termiczno-chemicznymi, stanowią kluczowy element zrównoważonego zarządzania odpadami.

Istotnym wyzwaniem stały się także odpady z sektora ochrony zdrowia, zwłaszcza środki ochrony osobistej (PPE), takie jak maseczki, fartuchy i rękawiczki. Pandemia COVID-19 uwidoczniła skalę tego problemu, powodując gwałtowny wzrost ilości odpadów polimerowych jednokrotnego użytku. Odpady tego typu mogą być przetwarzane w celu wytwarzania produktów o wysokiej wartości dodanej, takich jak związki tlenowe czy paliwa syntetyczne. Coraz większym wyzwaniem środowiskowym staje się rosnąca ilość odpadów komunalnych, których skład jest bardzo zróżnicowany i w związku z tym trudny do przetwarzania. Odpady komunalne zawierają znaczne ilości tworzyw sztucznych, tekstyliów oraz odpadów wielomateriałowych, co utrudnia ich efektywny recykling. W tym obszarze również rozwijane są nowe technologie, których celem jest jednocześnie zmniejszenie objętości odpadów i przekształcenie w cenne surowce chemiczne lub energetyczne, dzięki czemu możliwa jest redukcja emisji, odzysk surowców i minimalizacja negatywnego wpływu na środowisko.

Wszystkie wymienione rodzaje odpadów mają strukturę polimerową, przez co ich przetwarzanie metodami mechaniczno-termicznymi napotyka na liczne ograniczenia i problemy, ale z drugiej strony mogą one stanowić cenne źródło surowców dla przemysłu chemicznego i materiałowego.

Zastosowanie procesów opartych na procesach oksydacyjnych, hydrotermalnych oraz solwolizy otwiera nowe możliwości w zakresie przetwarzania ww. odpadów. Z perspektywy gospodarki o obiegu zamkniętym, badania nad tymi procesami mają nie tylko znaczenie technologiczne, ale także strategiczne i środowiskowe. Umożliwiają bowiem odzysk zasobów, produkcję wartościowych chemikaliów i redukcję ilości odpadów składowanych na wysypiskach, przy jednoczesnym obniżeniu śladu węglowego całego procesu. Tym samym stanowią one fundament dla dalszych prac badawczych nad zintegrowanymi systemami przetwarzania odpadów, które łączą aspekty technologiczne, ekonomiczne i ekologiczne.

W związku z powyższym należy podkreślić, że rozprawa doktorska Pana Hamzy Mumtaza podejmuje niezwykle aktualny i ważny temat badawczy dotyczący nowoczesnych metod przetwarzania odpadów polimerowych pochodzących z różnych sektorów gospodarki, takich jak energetyka wiatrowa, fotowoltaika, sektor medyczny i gospodarka komunalna. W obliczu globalnych wyzwań środowiskowych, narastającego problemu zagospodarowania odpadów kompozytowych oraz potrzeby stosowania odnawialnych źródeł energii przedstawione wyniki badań stanowią znaczący wkład w rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym i technologii zrównoważonego recyklingu. Doktorant w sposób kompleksowy przeanalizował możliwości odzysku surowców z odpadów o złożonej strukturze polimerowej poprzez zastosowanie innowacyjnych procesów chemicznych, w szczególności oksydatywnego upłynniania, hydrotermalnego przetwarzania oraz solwolizy. W badaniach zastosował zaawansowane techniki analityczne (m.in. spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), skaningową mikroskopię elektronową (SEM) oraz analizę termogravimetryczną, (TGA), chromatografię gazową z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC-FID), przeprowadził analizę kinetyczną oraz termodynamiczną procesów oraz dokonał analizy środowiskowej metodą LCA, co świadczy o szerokim, interdyscyplinarnym podejściu do problemu.

Stwierdzam, że podejmowana tematyka badawcza ma wysoką wartość naukową i aplikacyjną, a zakres prowadzonych analiz jest w pełni uzasadniony i zgodny z aktualnymi trendami światowymi w dziedzinie recyklingu materiałów kompozytowych i polimerowych. Moim zadaniem rozprawa doktorska mgr inż. Hamzy Mumtaza pt. ang. „*Experimental analysis of the waste hydrothermal treatment process*” stanowi przykład nowoczesnego, przemyślanego i praktycznie ukierunkowanego podejścia do problemu gospodarki odpadami, łączącego zaawansowaną wiedzę z obszaru chemii, inżynierii procesowej i ochrony środowiska. Wyniki badań dostarczają cennych danych wspierających rozwój technologii odzysku surowców i wdrażanie zasad gospodarki cyrkularnej, co ma istotne znaczenie dla gospodarki odpadami w sektorze odnawialnych źródeł energii i ochrony zdrowia.

3. Ocena tematu rozprawy i jej zakres

Rozprawa doktorska mgr inż. Hamzy Mumtaza została zrealizowana w ramach projektu badawczego NCN (OPUS-21) pt. „Oksydatywne upłynnianie odpadowych tworzyw sztucznych. Badania eksperymentalne wraz z wielowymiarową analizą danych z wykorzystaniem metod chemometrycznych” oraz powstała dodatkowo w ramach konsorcjum *European University on Responsible Consumption and Production, EURECA-PRO*.

Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana w formie pracy złożonej z artykułów naukowych (ang. *article-based thesis*). Obejmuje siedem publikacji naukowych, opublikowanych w renomowanych czasopismach z listy JCR o wysokich współczynnikach wpływu, dotyczących zastosowania procesów oksydacyjnego upłynniania i hydrotermalnego przetwarzania odpadów. Praca składa się z dwóch zasadniczych części. Pierwszą część stanowi obszernie przedstawienie omawianego zagadnienia oraz najważniejsze wyniki badań (102 strony wraz z wykazem 132 pozycji literaturowych), natomiast część drugą stanowią wydruki artykułów naukowych składających się na przedmiotowy cykl.

W części wstępnej (przed rozdziałami głównymi) Doktorant zamieścił *Streszczenie*, w którym w zwięzły sposób przedstawił badaną problematykę uwzględniając znaczenie procesu oksydacyjnego upłynniania jako nowatorskiej metody chemicznego recyklingu odpadów polimerowych i komunalnych pozwalającej na odzysk wartościowych związków chemicznych. Następnie przedstawił w klarowny sposób strukturę rozprawy doktorskiej, ze szczególnym uwzględnieniem dorobku publikacyjnego. Dla publikacji wchodzących w skład cyklu Doktorant podał informację o zakresie merytorycznym jego wkładu w ich przygotowanie. Mgr inż. Hamza Mumtaz jest pierwszym i korespondencyjnym autorem we wszystkich 7 publikacjach, co jednoznacznie potwierdza jego wiodącą rolę w planowaniu, realizacji i interpretacji wyników badań oraz świadczy o samodzielności naukowej Doktoranta.

Należy podkreślić, że publikacje wchodzące w skład rozprawy zostały opublikowane w renomowanych, międzynarodowych czasopismach naukowych tj. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *Renewable Energy*, *Energy*, *Journal of Environmental Management* oraz *Clean Technologies and Environmental Policy*, a ich tematyka stanowi spójny, konsekwentnie rozwijany cykl badawczy.

Rozdział 1 *Informacje ogólne* został opracowany na podstawie artykułu nr 1 (Appendix A). Rozdział jest wprowadzeniem do tematyki badawczej i stanowi tło teoretyczne dla dalszych części rozprawy. Autor w sposób przemyślany i logiczny przedstawia kontekst problemu, uzasadnienie podjęcia badań oraz ich znaczenie w perspektywie gospodarki o obiegu zamkniętym i ochrony środowiska. Doktorant opisuje problem generowania odpadów polimerowych i kompozytowych, zwracając szczególną uwagę na odpady powstające w sektorach: energetyki wiatrowej (łopaty turbin), fotowoltaiki, medycyny (środki ochrony osobistej, PPE) oraz gospodarki komunalnej.

Autor przywołuje aktualne dane literaturowe dotyczące ilości tych odpadów oraz wskazuje na ich trudności w zagospodarowaniu tradycyjnymi metodami, takimi jak mechaniczny recykling czy spalanie. Następnie podaje opis dostępnych metod przetwarzania odpadów, takich jak piroliza, zgazowanie, solwoliza oraz procesy hydrotermicznego przetwarzania. Konkluzją tego rozdziału jest wskazanie przez Doktoranta luk badawczych, a następnie podanie celu pracy. Autor trafnie wskazuje, że istnieją luki badawcze w obszarze dotychczasowych prac dotyczących hydrotermicznego i oksydacyjnego przetwarzania odpadów. Wskazał na brak szczegółowej analizy parametrów procesu i jego optymalizacji, ograniczone zastosowanie technologii dla złożonych rodzajów odpadów, niedostateczne porównanie efektywności procesów w zależności od składu materiału oraz brak przemysłowych wdrożeń wynikający z barier techniczno-ekonomicznych. Oznacza to, że temat badań jest w pełni uzasadniony, gdyż odpowiada na realne luki w dotychczasowych badaniach i potrzeby w zakresie efektywnego przetwarzania odpadów złożonych. Ostatecznie Doktorant przedstawia główny cel pracy, którym były badania procesu oksydacyjnego upłynniania jako zaawansowanej metody zagospodarowania odpadów, takich jak łopaty turbin wiatrowych, środki ochrony osobistej, panele fotowoltaiczne oraz odpady komunalne, poprzez degradację ich organicznej matrycy w środowisku utleniającym, prowadzącą do powstawania związków wtórnych (np. związków tlenowych (OCCs)). Natomiast cele szczegółowe to: charakterystyka fizykochemiczna wybranych odpadów, identyfikacja kluczowych parametrów wpływających na efektywność procesu (temperatura, ciśnienie, stosunek reagentów, stężenie utleniacza), określenie mechanizmu reakcji i kinetyki rozkładu polimerów, analiza chemiczna otrzymanych produktów ciekłych oraz analiza statystyczna otrzymanych wyników.

W rozdziale 2 pt. *Materials and Methods* Autor przedstawił opis materiałów wykorzystanych w badaniach tj.: łopaty turbin wiatrowych (WTB – *wind turbine blades*), środki ochrony osobistej (PPE – *personal protective equipment*), odpady z paneli fotowoltaicznych (PV – *photovoltaic panels*) oraz odpady komunalne (MSW – *municipal solid waste*) oraz podał ich charakterystykę fizykochemiczną. W kolejnej części rozdziału opisano układ doświadczalny zastosowany w procesie oksydacyjnego upłynniania odpadów. Autor przedstawił schemat reaktora, w którym realizowano badania, w tym sposób dozowania reagentów, czas reakcji, stosunek ilości odpadów do cieczy oraz rodzaje użytych utleniaczy. Następnie zaprezentowano plan i strukturę eksperymentu, opracowaną z wykorzystaniem metod statystycznych, opisujących zależności pomiędzy parametrami reakcji a efektywnością procesu oraz identyfikację istotnych czynników wpływających na uzysk związków tlenowych (OCCs).

W rozdziale 3, opracowanym na podstawie artykułu „*An experimental investigation and process optimization of the oxidative liquefaction process as the recycling method of the end-of-life wind turbine blades*” (*Renewable Energy*, 2023, Appendix B), Doktorant przedstawia wyniki badań dotyczące zastosowania oksydacyjnego upłynniania zużytych łopat turbin wiatrowych. Autor zaprezentował wpływ kluczowych parametrów procesowych na wydajność i skład produktów reakcji, potwierdzając skuteczność tej technologii w rozkładzie materiałów kompozytowych i odzysku cennych związków tlenowych. Otrzymane wyniki, poparte analizą statystyczną, dowodzą, że proces może stanowić efektywną i zrównoważoną metodę zagospodarowania odpadów polimerowo-kompozytowych.

Rozdział 4 stanowi kontynuację i rozwinięcie wyników badań zaprezentowanych w poprzednim rozdziale, dotyczących zastosowania procesu oksydacyjnego upłynniania jako alternatywnej metody recyklingu zużytych łopat turbin wiatrowych. Rozdział ten opracowano na podstawie publikacji „*Oxidative liquefaction as an alternative method of recycling and the pyrolysis kinetics of wind turbine blades*” (*Energy*, 2023, Appendix C). W pracy tej Autor rozszerzył analizę

o badania kinetyczne i termiczne materiałów kompozytowych. Zastosowanie metod TGA i analizy statystycznej świadczy o wysokim stopniu zaawansowania badań oraz umiejętności łączenia badań eksperymentalnych z obliczeniowymi.

Wyniki badań oksydacyjnego upłynniania odpadów polimerowych pochodzących z sektora medycznego (PPE) przedstawiono o artykule opublikowanym w *Journal of Environmental Management* (Appendix D). Na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie metod: *Central Composite Face-Centered Design* (CCF) oraz *Central Composition Design with Fractional Factorial Design*, umożliwiające precyzyjną ocenę wpływu parametrów takich jak temperatura (250–350°C), ciśnienie (20–40 bar), czas przebywania (30–90 min), stężenie H₂O₂ (15–45%) oraz stosunek odpad–ciecz (5–25%) na efektywność procesu. Analiza statystyczna (ANOVA) pozwoliła określić warunki zapewniające maksymalną redukcję odpadów oraz największy uzysk produktów ciekłych.

W artykule opublikowanym w *Clean Technologies and Environmental Policy* (Appendix E) Autor koncentruje się na analizie potencjału technologii *Waste Wet Oxidation* jako alternatywnej metody odzysku surowców i produkcji związków chemicznych z odpadów komunalnych. Opracowanie ma charakter przeglądowo-analityczny i pokazuje, że technologia *Waste Wet Oxidation* stanowi realną alternatywę dla tradycyjnych metod utylizacji odpadów i może przyczynić się do rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym w Polsce.

Porównanie badań procesu oksydacyjnego upłynniania odpadów komunalnych (MSW) i środków ochrony osobistej (PPE) przedstawiono w artykule opublikowanym w *Renewable Energy* (Appendix F). W pracy wykazano, że wyższa zawartość węgla i części lotnych w próbkach PPE, wskazuje na większy potencjał tych odpadów do konwersji w wtórne związki. Z kolei wysoka zawartość frakcji nieorganicznej w odpadach komunalnych (MSW) może ograniczać efektywność procesu. Potwierdzono, że niższe temperatury i niższe stężenie utleniacza dla PPE oraz umiarkowane dla MSW i niski stosunek odpad–ciecz, zapewniają efektywny przebieg procesu przy minimalnym zużyciu energii i maksymalnym odzysku surowców

Badania dotyczące recyklingu zużytych paneli fotowoltaicznych (PV) przedstawiono w artykule pt. „*Innovative recycling of end-of-life photovoltaic panels with the aim of polymer degradation and valuable chemical production*”, opublikowanym w czasopiśmie *Renewable Energy* (Appendix F). Publikacja ta stanowi zwieńczenie części eksperymentalnej rozprawy i przedstawia wyniki badań przetwarzania zużytych PV, które wskazują, że przetwarzanie zużytych paneli fotowoltaicznych (PV) stanowi istotne wyzwanie, głównie z powodu ich złożonego składu materiałowego i wielowarstwowej struktury, jednak zastosowanie procesu oksydacyjnego upłynniania pozwala na redukcję ilości odpadów oraz otrzymanie wartościowych związków chemicznych.

3. Ocena rozprawy

Rozprawę doktorską mgr inż. Hamzy Mumtaza pt. „*Experimental analysis of the waste hydrothermal treatment process*” oceniam pozytywnie. Stanowi ona istotny wkład w rozwój wiedzy naukowej w obszarze nowoczesnych metod przetwarzania różnorodnych strumieni odpadów – w tym łopat turbin wiatrowych, środków ochrony osobistej, paneli fotowoltaicznych oraz odpadów komunalnych. Realizacja badań o tak szerokim zakresie wymagała szerokiej wiedzy interdyscyplinarnej, obejmującej zagadnienia z zakresu inżynierii środowiska, inżynierii chemicznej, inżynierii materiałowej oraz ochrony środowiska. Praca ma charakter eksperymentalny, a jej wykonanie wymagało umiejętności prowadzenia złożonych doświadczeń w reaktorach wysokociśnieniowych, precyzyjnego opracowania planów eksperymentalnych oraz interpretacji uzyskanych wyników przy wykorzystaniu zaawansowanych technik analitycznych –

takich jak TGA, FTIR, GC-FID, GC-MS, SEM-EDS. Doktorant udowodnił, że posiada wysokie kompetencje badawcze, a także zdolność samodzielnego prowadzenia i interpretowania uzyskanych wyników badań. Opracowane przez Doktoranta rozwiązania badawcze przyczyniły się do pogłębienia wiedzy w zakresie optymalizacji procesu oksydacyjnego upłynniania i wskazują realne możliwości ich wdrożenia w praktyce przemysłowej.

Za główne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- Zastosowanie metody oksydacyjnego upłynniania do przetwarzania trudnych strumieni odpadów (łopaty turbin wiatrowych, środki ochrony osobistej, panele fotowoltaiczne, odpady komunalne).
- Wykorzystanie metod statystycznych do projektowania i optymalizacji procesów (opracował matrycę umożliwiającą analizę wpływu temperatury, ciśnienia, stężenia utleniacza, czasu reakcji i stosunku odpad–ciecz na efektywność procesu).
- Zastosowanie zaawansowanych technik analitycznych do charakterystyki surowców i produktów procesu (zastosował m.in. TGA, FTIR, GC-FID, GC-MS, SEM), zidentyfikował główne grupy związków organicznych powstałych w procesie oksydacyjnego upłynniania.
- Wykazanie potencjału procesie oksydacyjnego upłynniania w ograniczaniu ilości odpadów i emisji zanieczyszczeń.
- Wykazanie umiejętności prowadzenia badań interdyscyplinarnych.

Podczas analizy rozprawy doktorskiej nasunęło mi się kilka spostrzeżeń i pytań, które mogą stanowić punkt wyjścia do dalszej dyskusji naukowej z Autorem. Oto najważniejsze z nich:

- a) w podrozdziale 1.2.2 Doktorant opisuje metody przetwarzania odpadów. Wspomina o rozkładzie włókiem biomasowych tj. celulozy, hemicelulozy i ligniny. Czy w badanych przez Doktoranta materiałach odpadowych można znaleźć analogię do biomasy lignocelulozowej?
- b) na stronie 29, w Tabeli 2.2 Doktorant przedstawia analizę techniczną i składu chemicznego badanych odpadów. Szczególną uwagę zwraca duża zawartość popiołu w WTB i PV. Czy Doktorant badał skład chemiczny popiołów? Czy/jaki jest wpływ składu chemicznego popiołu na proces oksydacyjnego upłynniania? Czy niektóre metale zawarte w fazie mineralnej odpadu mogą mieć działanie katalityczne?
- c) czy w procesie oksydacyjnego upłynniania można zastosować katalizator, szczególnie w przypadku materiałów o ograniczonej podatności na rozkład?
- d) wybór parametrów procesu oksydacyjnego upłynniania (np. Tabela 2.3): czy na podstawie uzyskanych wyników badań Doktorant może zdefiniować, który parametr wpływa na największą wydajność wartościowych związków organicznych np. estry, kwasy karboksylowe?
- e) co z pozostałościami stałą po procesie oksydacyjnego upłynniania? Ile pozostałości stałej pozostaje po procesie? Czy Doktorant analizował skład chemiczny fazy stałej? Czy możliwe jest wykorzystanie tej frakcji?
- f) proszę o usystematyzowanie jakie produkty (związki organiczne) można otrzymać z badanych przez Doktoranta materiałów odpadowych,
- g) czy możliwe jest połączenie oksydacyjnego upłynniania z innymi istniejącymi w skali przemysłowej metodami przetwarzania odpadów?

Pragnę podkreślić, że powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny, nie umniejszają wartości naukowej recenzowanej pracy i mam nadzieję, że będą punktem wyjścia do dyskusji podczas jej publicznej obrony oraz będą motywacją do przyszłych badań naukowych Doktoranta.

5. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Hamzy Mumtaza pt. „*Experimental Analysis of the Waste Hydrothermal Treatment Process*” stanowi odpowiedź na wyzwanie naukowe, jakim jest opracowanie skutecznych i zrównoważonych metod przetwarzania odpadów polimerowych i kompozytowych. Tematyka pracy doskonale wpisuje się w aktualne kierunki badań związane z gospodarką o obiegu zamkniętym, ograniczaniem emisji i odzyskiem surowców z odpadów trudnych do przetworzenia. Doktorant wykazał się dojrzałością naukową i wysokim poziomem kompetencji badawczych, formułując cele pracy oraz konsekwentnie realizując złożony plan badań eksperymentalnych. W rozprawie zastosowano innowacyjne podejście badawcze, oparte na procesie oksydacyjnego upłynniania i mokrego utleniania, które są alternatywą dla klasycznych metod termochemicznego przetwarzania odpadów.

Mgr inż. Hamza Mumtaz udowodnił, że posiada gruntowną wiedzę teoretyczną z zakresu inżynierii środowiska, inżynierii chemicznej oraz ochrony środowiska chemicznej, a także umiejętności praktyczne w zakresie prowadzenia zaawansowanych eksperymentów i interpretacji wyników. Zastosowanie nowoczesnych metod analitycznych (TGA, FTIR, GC-MS, SEM-EDS) oraz precyzyjne opracowanie wyników potwierdzają jego kompetencje badawcze i samodzielność naukową.

Należy również podkreślić imponujący dorobek publikacyjny Doktoranta, obejmujący kilkanaście artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku wpływu (*Renewable Energy*, *Energy*, *Journal of Environmental Management*, *Journal of Cleaner Production*, *Energies*). Publikacje te stanowią integralne części rozprawy i tworzą logiczną, spójną całość naukową.

Reasumując, rozprawa doktorska mgr inż. Hamzy Mumtaza jest oryginalnym, wartościowym i nowatorskim opracowaniem naukowym, które wnosi istotny wkład w rozwój technologii zrównoważonego przetwarzania odpadów i gospodarki cyrkularnej.

Jestem przekonana, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Hamzy Mumtaza pt. „*Experimental analysis of the waste hydrothermal treatment process*” spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. **Wobec powyższego stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Doktoranta do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.**

Dodatkowo, **wnoszę o uznanie rozprawy za wyróżniającą się.** Wniosek uzasadniam następująco:

- praca dotyczy kluczowych wyzwań współczesnej gospodarki i energetyki – zagospodarowania odpadów z nowoczesnych technologii (łopaty turbin wiatrowych, panele fotowoltaiczne, środki ochrony osobistej, odpady komunalne),
- Doktorant opracował i udoskonalił metodę oksydacyjnego upłynniania jako alternatywę dla klasycznych procesów termicznego recyklingu.
- zakres przeprowadzonych badań jest bardzo kompleksowy, a uzyskane wyniki są bardzo obszerne i merytorycznie zróżnicowane;

- publikacje naukowe wchodzące w cykl zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku oddziaływania,
- wskaźniki bibliometryczne Doktoranta są na bardzo wysokim poziomie, wg bazy Web of Science: całkowita liczba publikacji to 13, liczba cytowań wynosi 130, a wskaźnik indeksu Hirsch'a ma wartość 6, co zasługuje na podkreślenie i świadczy o uznaniu prowadzonych badań przez środowisko naukowe.

Podpisała Aneta Magdziarz