

Częstochowa 04.05.2026

Prof. dr hab. inż. Ewa Neczaj
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Katedra Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
Politechnika Częstochowska
ul. Dąbrowskiego 69
42-201 Częstochowa

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Niny Kosińskiej
pt. „Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową-waloryzacja
produktów do zastosowań w energetyce”**

Podstawa formalna opracowania recenzji

Formalną podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska Górnictwa i Energetyki Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Roberta Króla z dnia 18.02.2026 r. z prośbą o wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Niny Kosińskiej zatytułowanej „Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową - waloryzacja produktów do zastosowań w energetyce”. Recenzja została przygotowana na podstawie uchwały nr 385/18/RDND08/2024-2028 Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska Górnictwa i Energetyki Politechniki Wrocławskiej z dnia 18 lutego 2026 roku oraz dostarczonego egzemplarza pracy.

Ogólna charakterystyka rozprawy i sylwetka kandydatki

Powierzona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Niny Kosińskiej została wykonana na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej oraz Uniwersytecie Limerick w Irlandii. Opiekunami naukowymi pracy byli Pani prof. dr hab. inż. Renata Krzyżyńska z Politechniki Wrocławskiej oraz prof. Hussam Jouhara z Burnel Univeristy w Londynie. Biorąc pod uwagę, że wszystkie publikacje zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie zostały już pozytywnie ocenione przez recenzentów w procesie publikacyjnym i opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych o szerokim zasięgu

międzynarodowym i wysokim współczynnikiem oddziaływania, w swojej opinii skoncentruję się głównie na ocenie formalnej oraz merytorycznej dysertacji.

Doktorantka w trakcie swoich studiów doktorskich odbyła staż zagraniczny na Uniwersytecie w Limerick w Irlandii, w czasie którego realizowała badania naukowe dotyczące procesu hydrotermalnej karbonizacji zgodnie z harmonogramem określonym w Indywidualnym Planie Badawczym. W czasie swojego pobytu na Uniwersytecie w Limerick brała również udział w projekcie badawczym pt. „Beyond Peat – potential peat alternatives for Irish horticulture”, w ramach którego realizowane są badania nad procesami termicznego przetwarzania biomasy odpadowej w celu uzyskania materiałów do bezglebowych upraw szklarniowych oraz zastąpienia nimi torfu obecnie stosowanego w Irlandii.

Pani mgr inż. Nina Kosińska wzięła udział w międzynarodowych cyklicznych konferencjach naukowych organizowanych przez Brunel University London, w tym m.in. International Conference on Material Science & Smart Materials, International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection, gdzie zaprezentowała wyniki swoich badań nad hydrotermalną karbonizacją osadów ściekowych oraz ich co-hydrotermalnej karbonizacji ze skratkami z oczyszczalni ścieków.

Ocena istotności i celowości podjętego tematu

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Niny Kosińskiej dotyczy oceny możliwości wspólnego przetwarzania w procesie co-HTC dwóch strumieni odpadów generowanych w oczyszczalniach ścieków, tj. osadów ściekowych oraz skratek. Podjęta przez Doktorantkę tematyka badawcza stanowi niezwykle istotny i aktualny problem badawczy z uwagi na systematycznie rosnącą ilość odpadów generowanych w komunalnych oczyszczalniach ścieków oraz problemy i koszty związane z ich dalszym zagospodarowaniem.

Aktualnie wiodącymi kierunkami zagospodarowania osadów są: wykorzystanie na cele rolnicze oraz przekształcanie termiczne, np. spalanie i zgazowanie. W ostatnich latach obserwujemy ograniczenie możliwości rolniczej aplikacji osadów ściekowych wynikające z ich dużej ilości, możliwości jedynie sezonowego stosowania oraz ryzyka środowiskowego związanego z zawartością szerokiej grupy zanieczyszczeń fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych. W najbliższym czasie należy spodziewać się zmian legislacyjnych dotyczących stosowania osadów ściekowych w rolnictwie w związku z koniecznością ograniczania emisji mikrozanieczyszczeń (np. mikroplastiku, farmaceutyków, PFAS-ów, pestycydów) do matryc środowiskowych. Z tego względu rośnie zainteresowanie technologiami termicznymi, które pozwoliłyby zminimalizować ryzyko środowiskowe oraz umożliwić odzysk energetyczno-materiałowy surowców odpadowych, jakimi są osady ściekowe. Należy podkreślić, że technologie bazujące na wykorzystaniu surowców odpadowych zajmują uprzywilejowane miejsce w inżynierii środowiska, ponieważ wpisują się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym.

Barierą do stosowania większości metod termicznych jest jednak wysoki stopień uwodnienia osadów. Fakt ten mocno wpływa na efektywność energetyczną procesów termochemicznych. Technologia hydrotermalnej karbonizacji zastosowana w badaniach zrealizowanych przez Doktorantkę wydaje się być idealnym rozwiązaniem tego problemu, ponieważ proces HTC dobrze sprawdza się w przypadku przetwarzania materiałów o wysokiej wilgotności, jakimi są osady ściekowe, ponieważ jako medium reakcyjne stosuje się wodę. Proces HTC realizowany jest w zakresie temperatur 180-250°C, pod ciśnieniem wynikającym z równowagi fazowej wody i ukierunkowany jest na maksymalny uzysk hydrowęgla o potencjalnym wykorzystaniu na cele energetyczne lub materiałowe. Aczkolwiek zastosowanie procesu HTC do konwersji biomasy i odpadów, w tym osadów ściekowych, jest przedmiotem intensywnych prac badawczo-rozwojowych prowadzonych na świecie, wciąż niewiele jest przykładów wykorzystania tej technologii w pełnej skali w oczyszczalniach ścieków. Do nielicznych należy instalacja TerraNova®ultra w aglomeracji Mexico City. W Polsce obecnie trwają prace nad wdrożeniem tej technologii w gminie Solina. Wskazuje to na konieczność dalszych intensywnych prac badawczych obejmujących optymalizację składu mieszaniny wprowadzanej do reaktora HTC, parametrów procesowych oraz zagospodarowanie frakcji ciekłej i hydrowęgla, w celu poprawy bilansu energetycznego oczyszczalni i w efekcie poprawy wyniku ekonomicznego przedsiębiorstwa.

Ogólna charakterystyka i ocena

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Niny Kosińskiej pt. „Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową – waloryzacja produktów do zastosowań w energetyce”, stanowi cykl czterech publikacji spójnych tematycznie, opublikowanych w latach 2023–2025 oraz jednego artykułu będącego w trakcie procesu publikacyjnego.

W skład przedłożonego zbioru wchodzi następujące publikacje:

- [A] Kosińska, N., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., & Jouhara, H. (2023). Hydrothermal carbonisation of sewage sludge and resulting biofuels as a sustainable energy source. *Energy*, 275, 127337.
- [B] Kosińska, N., Grosser, A., Kwapińska, M., Kwapiński, W., Ghazal, H., Jouhara, H., & Krzyżyńska, R. (2024). Co-hydrothermal carbonization as a potential method of utilising digested sludge and screenings from wastewater treatment plants towards energy application. *Energy*, 299, 131456.
- [C] Kosińska, N., Krzyżyńska, R., Grosser, A., Kwapińska, M., Ghazal, H., Jouhara, H., & Kwapiński, W. (2025). Hydrothermal carbonization products energy properties: The role of digested sludge type and operating conditions. *Thermal Science and Engineering Progress*, 61, 103461.
- [D] Kosińska, N., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., Jouhara, H., Kwapińska, M., & Kwapiński, W. (2025). Hydrothermal carbonization of digested sludge from wastewater treatment plants: processes, potential and key challenges. *Science Talk*, Volume 14, 100457

[E] Kosińska, N., Grosser, A., Ślęzak, A., Abdus R., Ghazal S., Jouhara H., Krzyżyńska, R., Leahy R., Kwapiński J., Products of Co-hydrothermal Carbonization of Digested Sludge with Screening for Sustainable Energy Recovery (w trakcie procesu publikacyjnego).

W przypadku rozprawy doktorskiej opartej na współautorskim cyklu publikacji istotnym elementem recenzji jest ocena indywidualnego udziału doktoranta w poszczególnych publikacjach. W przedstawionej do recenzji rozprawie brak jest takiej informacji, dlatego będzie ona wymagała uzupełnienia przez Doktorantkę. Należy jednak podkreślić, że we wszystkich pięciu pracach Doktorantka jest pierwszym autorem, co może wskazywać na wiodącą rolę w prowadzeniu badań naukowych przedstawionych w rozprawie doktorskiej.

Trzy prace składające się na cykl zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z listy JCR o wysokich współczynnikach Impact Factor (IF) wynoszących odpowiednio dla czasopism: Energy IF= 9,4 (dwa artykuły) oraz Thermal Science and Engineering Progress IF=5,4. Należy podkreślić, że czasopismo Energy ma 200 punktów ministerialnych w aktualnym wykazie MNiSW. Z uwagi na brak informacji na temat czasopisma, do którego został złożony ostatni artykuł wchodzący w skład cyklu publikacji, nie można podać sumarycznych wartości IF oraz sumarycznej liczby punktów zgodnie z wykazem ministerialnym.

Przedstawioną do oceny rozprawę doktorską poprzedzają: streszczenia w j. polskim i angielskim, wykaz artykułów wchodzących w skład cyklu publikacyjnego oraz opis dodatkowych aktywności naukowych Doktorantki.

Część główna dysertacji obejmuje następujące rozdziały: *Wstęp; Cel, hipotezy badawcze i zakres pracy; Metodyka badawcza; Wyniki i dyskusja; Wnioski; Podsumowanie; Kierunki dalszych badań; Literatura* oraz *Aneks* zawierający artykuły wchodzące w skład ocenianego cyklu publikacji.

Celem recenzowanej pracy było zbadanie możliwości wspólnego przetwarzania w procesie co-hydrotermalnej karbonizacji osadów przefermentowanych oraz skratek. Cele szczegółowe obejmowały:

- Ocenę wpływu procentowego udziału skratek w mieszaninie poddawanej procesowi co-HTC na jakość stałych i ciekłych produktów końcowych,
- Zbadanie potencjału termochemicznego wybranych co-hydrocharów,
- Ocenę potencjału fermentacyjnego ciekłego produktu uzyskanego w procesie co-HTC,
- Analizę ekonomiczną utylizacji skratek i osadów przefermentowanych w procesie co-HTC na terenie oczyszczalni ścieków.

Na podstawie zdefiniowanych powyżej celów pracy Doktorantka w sposób prawidłowy sformułowała następujące zacytowane poniżej hipotezy badawcze:

1. Charakter skratek jako mieszaniny odpadów tekstylnych, żywnościowych, papieru, tworzyw sztucznych i innych odpadów organicznych czyni ten odpad obiecującym surowcem w przetwarzaniu w co-HTC z osadem przefermentowanym,
2. Dodatek skratek do osadów przefermentowanych w procesie co-HTC, dzięki potencjalnie lepszym parametrom energetycznym SC względem DS poprawia właściwości paliwowe co-hydrocharów (m.in. wyższą wartość opałową, niższy popiół i metale ciężkie, wyższą zawartość substancji lotnych i węgla stałego),
3. Zmienność składu skratek może powodować, że ciecze z co-HTC mają bardziej złożony profil chemiczny (w tym komponenty hamujące AD), co utrudnia predykcje BMP i może wymagać doboru proporcji/warunków procesu w celu stabilnej co-fermentacji.

Zrealizowane przez Doktorantkę badania podzielone zostały na trzy główne etapy. W pierwszym dokonano przeglądu literatury oraz przeprowadzono badania wstępne, których celem było określenie parametrów procesowych HTC oraz ich wpływu na jakość produktów końcowych. W części drugiej zbadano wpływ udziału poszczególnych frakcji odpadów w mieszaninie poddawanej hydrotermalnej karbonizacji oraz ich wilgotności na właściwości paliwowe co-hydrocharu i potencjał metanowy produktu ciekłego. Trzeci etap badań obejmował badania porównawcze struktury co-hydrocharu i hydrocharu, wraz z określeniem ich potencjału energetycznego, oraz co-fermentację frakcji ciekłych z komunalnymi osadami ściekowymi. W oparciu o uzyskane wyniki badań przeprowadzono bilans masowo-energetyczny oraz analizę ekonomiczną zaproponowanych rozwiązań.

W podsumowaniu omówionego rozdziału dysertacji pragnę podkreślić innowacyjny charakter badań zrealizowanych przez Doktorantkę. Wg mojej najlepszej wiedzy do tej pory nie były prowadzone badania nad możliwością wykorzystania skratek z oczyszczalni ścieków jako ko-substratu w hydrotermalnej karbonizacji. Uważam, że założony cel pracy oraz postawione hipotezy badawcze są poprawne, a zakres prac pozwalał na ich potwierdzenie lub odrzucenie.

Za bardzo dobre uważam zaplecze badawcze wykorzystane w pracy doktorskiej, którego kluczowe elementy zostały zaprezentowane w rozdziale 3 *Metodyka badawcza*. Zastosowane metody badawcze pozwoliły na pełną charakterystykę użytych substratów, ocenę ich potencjału energetycznego oraz ocenę możliwości potencjalnego zastosowania zaproponowanego rozwiązania w pełnej skali.

W rozdziale 4 *Wyniki i Dyskusja* Doktorantka przedstawiła wyniki uzyskanych badań w rozbiciu na następujące podrozdziały: *Wpływ rodzaju osadu przefermentowanego i warunków procesowych na właściwości produktów*; *Wpływ dodatku skratek na jakość produktów co-HTC*; *Waloryzacja energetyczna surowców oraz produktów HTC i co-HTC*.

Sposób przedstawienia wyników jest logiczny i spójny, chociaż uważam, że z uwagi na fakt, że dysertacja oparta jest na dołączonych do niej artykułach, rozdział ten mógłby być zdecydowanie krótszy.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań Doktorantka sformułowała dwanaście wniosków końcowych (Rozdział 5), które są jednoznaczne i rzeczowe.

Dysertację kończy krótkie podsumowanie, w którym Autorka potwierdza zweryfikowanie postawionych w pracy hipotez badawczych oraz wskazuje na kierunek dalszych badań niezbędnych do komercjalizacji zaproponowanego rozwiązania technologicznego.

Ocena formalna pracy i uwagi szczegółowe

Zgodnie z przyjętymi zasadami dysertacji opartymi na cyklu spójnych tematycznie artykułów, zbiór artykułów powinien zostać poprzedzony wprowadzeniem zawierającym spis treści, cel pracy, opis postawionych hipotez oraz uzasadnienie spójności serii artykułów. Recenzowana rozprawa jest poprawnie przygotowana pod względem formalnym i nie budzi zastrzeżeń jej strona edycyjna, układ oraz struktura. Moje zastrzeżenia dotyczą rozdziałów *Metodyka badawcza* oraz *Wyniki i dyskusja*. W części *Metodyka badawcza*, zamiast podawania szczegółowych informacji na temat zastosowanych metod analitycznych, np. norm ISO, APHA, rodzajów kolumn stosowanych w chromatografach itp., należało przedstawić schemat badań, który lepiej zobrazowałby przebieg prac badawczych. Podobnie rozdział *Wyniki i Dyskusja*, wg mnie, jest zbyt rozbudowany. Jest to powtórzenie wykresów i tabel, które znajdują się w opublikowanych artykułach.

Ponieważ prawie wszystkie prace składające się na cykl spójnych publikacji, które stanowią najważniejszą część rozprawy, zostały już opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, uwagi redakcyjne do dysertacji należy uznać za zbędne. W pracy zdarzają się liczne błędy językowe, skróty myślowe oraz zapożyczenia z j. angielskiego itp., które nie mają jednak wpływu na jej wysoką wartość merytoryczną.

Uzupełnia pod względem formalnym wymagają:

1. Szacunkowy procentowy udziału Doktorantki w każdym z artykułów wchodzących w cykl spójnych publikacji
2. Potwierdzenie przyjęcia do publikacji artykułu *Products of Co-hydrothermal Carbonization of Digested Sludge with Screening for Sustainable Energy Recovery*

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy nasunęło mi się kilka pytań do Doktorantki, które mogą stać się podstawą do rozpoczęcia dyskusji w trakcie publicznej obrony pracy:

1. Czy analizowano wpływ dodatku odcieków z procesów HTC i co-HTC na populację mikroorganizmów podczas fermentacji metanowej?
2. W bilansie masowym i energetycznym Doktorantka przedstawiła rozkład poszczególnych strumieni w zaproponowanych wariantach oraz wskazała w sekcji *Kierunki dalszych badań* konieczność opracowania i oceny zintegrowanych metod usuwania azotu amonowego z cieczy po odwodnieniu/zagęszczeniu osadów przefermentowanych. Czy ko-fermentacja osadów ściekowych z odpadową frakcją ciekłą z hydrotermalnej karbonizacji miała wpływ na wzrost obciążenia ładunkiem azotu amonowego w osadach przefermentowanych? Czy wzrost stężenia azotu amonowego w wodach odciekowych z węzła osadowego, w przypadku

zaproponowanego rozwiązania, może w istotny sposób wpłynąć na ładunek azotu amonowego dopływający do części biologicznej oczyszczalni ścieków i pogorszyć efektywność oczyszczania ścieków?

3. Przedstawione w pracy wyniki badań jasno wskazują, że zastosowanie procesu hydrotermalnej karbonizacji ma uzasadnienie ekonomiczne w przypadku oczyszczalni ścieków, w których realizowany jest proces fermentacji metanowej osadów ściekowych. Czy oznacza to, że w mniejszych oczyszczalniach szansa na wdrożenie tej technologii jest niewielka? Jakie rozwiązania zaproponowałaby Doktorantka dla takich oczyszczalni, aby umożliwić wdrożenie hydrotermalnej karbonizacji?
4. Głównym produktem generowanym w procesie hydrotermalnej karbonizacji jest frakcja ciekła. Jakie są wg Doktorantki inne możliwości i ograniczenia zagospodarowania tej frakcji poza wykorzystaniem jako ko-substrat w procesie fermentacji metanowej?

Podsumowanie i wniosek końcowy

Za bardzo mocne strony recenzowanej rozprawy uznaję:

1. Holistyczne podejście do możliwości wspólnego przetwarzania dwóch grup odpadów generowanych w oczyszczalniach ścieków w procesie karbonizacji hydrotermalnej. W bardzo dobry sposób Doktorantka wykorzystwała literaturę przedmiotu oraz przeprowadziła dogłębne badania i analizy na potrzeby dysertacji.
2. Bardzo dobre opanowanie warsztatu naukowego oraz krytyczną analizę uzyskanych wyników badań.
3. Prawidłowe sformułowanie oraz udowodnienie postawionych hipotez badawczych.
4. Spójność artykułów przedstawionych w dysertacji, w których Doktorantka jest pierwszą autorką.
5. Podjęcie przez Doktorantkę aktualnego i ważnego problemu zagospodarowania strumieni odpadów generowanych w oczyszczalniach ścieków komunalnych.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Niny Kosińskiej pt. "Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową – waloryzacja produktów do zastosowań w energetyce" stanowi samodzielne rozwiązanie istotnego problemu badawczego, wykorzystując bardzo dobrą i adekwatną metodologię badawczą, która, wg mojej oceny, przewyższa wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a uzyskane rezultaty badań wnoszą istotny wkład w obszar badań nad możliwością wykorzystania produktów uzyskanych w procesie hydrotermalnej karbonizacji odpadów generowanych w oczyszczalniach ścieków i mogą przyczynić się do wykorzystania zaproponowanych rozwiązań w pełnej skali.

Przedstawiony spójny cykl prac stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej przedstawionej do oceny spełnia wszystkie ustawowe wymogi i kryteria nadania stopnia doktora zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023 poz.742 z późniejszymi zmianami). Wobec powyższego zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej

Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Niny Kosińskiej do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Jednocześnie stwierdzam, że wyniki badań w powierzanej mi do recenzji pracy charakteryzują się wysoką jakością merytoryczną i świadczą o dojrzałości naukowej Doktorantki, umiejętności twórczej dyskusji, pracy w zespole oraz interpretacji uzyskanych wyników. W związku z powyższym, stawiam wniosek i proszę Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka o wyróżnienie recenzowanej pracy.

Ewa Nenaj