



Dr hab. Marzena Smol-Aruszanjan, prof. IGSMiE PAN
ul. Wybickiego 7a
31-261 Kraków

Kraków, 27.04.2026 r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Niny Kosińskiej,
pt. „Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową
– waloryzacja produktów dla zastosowań w energetyce”
wykonanej na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej

1. Podstawa prawna recenzji

Podstawą wykonania recenzji była Uchwała nr 385/18/RDND08/2024-2028 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 18 lutego 2025 r. przekazana wraz z Zawiadomieniem nr 04/02/D08/2026 o wyznaczeniu Recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora z dnia 20 lutego 2026r. Dokumentacja została dostarczona w dniu 9 marca 2026r. Promotorami pracy są prof. dr hab. inż. Renata Krzyżyńska (Politechnika Wrocławska) oraz prof. Hussam Jouhara (Brunel University of London).

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Niny Kosińskiej pt. „Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową – waloryzacja produktów dla zastosowań w energetyce” została wydana drukiem jako 63-stronicowe opracowanie przedstawiające opis cyklu powiązanych tematycznie artykułów składających się na rozprawę doktorską. W opracowaniu tym uwzględniono opis publikacji oraz załączono ich kopie [A, B, C, D, E]. Na cykl artykułów składają się cztery prace naukowe opublikowane w latach 2023-2025, w tym:

- [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, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127337> [IF 9.4];
- [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, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131456> [IF 9.4];



- [C] **Kossińska, N., Krzyżyńska, R., Grosser, A., Kwapińska, M., Ghazal, H., Jouhara, H., & Kwapiński, W. (2025).** Hydrothermal carbonisation products energy properties: The role of digested sludge type and operating conditions. *Thermal Science and Engineering Progress*, 61, 103461, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2025.103461> [IF 5.4];
- [D] **Kossińska, 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, <https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2025.100457>;

oraz wyniki zaprezentowane w jednej pracy złożonej do czasopisma:

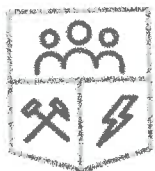
- [E] **Kossińska, N., Grosser, A., Ślęzak, R., Abdus, S., Ghazal, H., Jouhara, H., Krzyżyńska, R., Leahy, J., Kwapiński, W.** Products of Co-Hydrothermal Carbonization of Digested Sludge with Screening for Sustainable Energy Recovery.

Przedłożone prace są wieloautorskie. W wszystkich pracach mgr inż. Kossińska jest pierwszą autorką. W żadnej z tychże prac nie pełni roli autora do korespondencji. Trzy prace [A, B, C] ukazały się w czasopismach recenzowanych o wysokim współczynniku wpływu. Praca [D] ukazała się w czasopiśmie wycofanym w 2026 r. Brak informacji o pracy [E] – w jakim czasopiśmie praca została złożona do recenzji i czy została opublikowana. Spośród wskazanych pięciu prac, w trzech zawarto wyniki badań eksperymentalnych [B, C, E], praca [A] stanowi przegląd literatury, zaś praca [D] stanowi prezentację naukową - artykuł tekstowy (abstrakt i grafiki).

Rozprawa doktorska przedstawia zwarty opis cyklu publikacji, przygotowany w języku polskim, z kolei wszystkie prace wchodzące w skład cyklu opublikowane są w języku angielskim [A, B, C, D], tak jak praca złożona do druku [E]. W opisie cyklu publikacji uwzględniono następujące rozdziały: streszczenie w języku polskim (str. 2), streszczenie w języku angielskim (str. 3), wykaz prac wchodzących w cykl publikacji i inne aktywności (str. 4-5), spis treści (str. 5-6), spis rysunków (str. 7), spis tabel (str. 8), wykaz skrótów (str. 8-11), wstęp (str. 12-14), cele, hipotezy badawcze i zakres pracy (str. 15), metodyka badawcza (str. 15-21), wyniki i dyskusja (str. 22-56), wnioski (str. 57-59), podsumowanie (str. 59), kierunki dalszych badań (str. 60), literatura (str. 60-63). W literaturze znajduje się 69 pozycji, w tym niemal wszystkie stanowią pozycje literatury zagranicznej, opublikowane w ostatnich latach i są przytaczane także w publikacjach wchodzących w skład cyklu publikacji. Uwzględniając powyższe można stwierdzić, że układ pracy jest prawidłowy i zgodny z przyjętymi zasadami redagowania opisu cyklu powiązanych tematycznie artykułów.

Poza publikacjami składającymi się na rozprawę doktorską doktorantka realizowała inne aktywności naukowe, a w tym:

- Staż zagraniczny na Uniwersytecie w Limerick w Irlandii (10.2022–10.2025), obejmujący realizację badań zgodnych z Indywidualnym Planem Badawczym pracy doktorskiej w laboratorium wyposażonym w reaktory do hydrotermalnej karbonizacji.



- Udział w projekcie badawczym finansowanym przez rząd Irlandii na Uniwersytecie w Limerick pt. "Beyond Peat – potential peat alternatives for Irish horticulture" (04.2024–obecnie), w ramach którego prowadzone są badania procesów termochemicznych (hydrotermalna karbonizacja, piroliza) biomasy odpadowej z Irlandii w celu opracowania materiałów do bezglebowych upraw szklarniowych jako potencjalnych alternatyw dla torfu.
- Udział w międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym:
 - Kosińska, N., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., Jouhara, H., "Hydrothermal carbonisation (HTC) of anaerobic digested sludge", 8th International Conference on Material Science & Smart Materials (MSSM 2022), Brunel University London, Anglia, 13 lipca 2022 r.
 - Kosińska, N., Krzyżyńska, R., Ghazal, H., Jouhara, H., "Hydrothermal carbonization as a potential method of low-thermal utilization of sewage sludge towards energy product applications – a review", 14th International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection, Brunel University London, Anglia, 12–15 września 2022 r.
 - Kosińska, N., Grosser, A., Kwapińska, M., Kwapiński, W., Ghazal, H., Jouhara, H., Krzyżyńska, R., "Hydrothermal co-carbonization as a potential method of utilizing digested sludge and screenings from wastewater treatment plants towards energy application", 15th International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection (SEEP 2023), Brunel University London, Anglia, 25–28 lipca 2023 r.

Doktorantka wykazuje bardzo wysoki poziom aktywności naukowej, czego potwierdzeniem jest Jej udział we wskazanych konferencjach międzynarodowych, udział w projekcie badawczym o zasięgu międzynarodowym oraz odbywany staż zagraniczny.

Wg bazy Scopus, aktywność naukowa mgr inż. Niny Kosińskiej, w dn. 27 kwietnia 2026 r. to sześć publikacji naukowych, które zostały zacytowane 143 razy i są tematycznie powiązane z zakresem rozprawy doktorskiej, w tym cztery prace wskazane jako [A, B, C, D]. Indeks Hirscha Doktorantki wynosił 4. Wszystkie te prace ukazały się w czasopiśmie recenzowanych o wysokim współczynniku wpływu. W bazie Scopus aktualna afiliacja Doktorantki to Uniwersytet w Limerick, co zapewne jest związane z realizowanym tam projektem "Beyond Peat – potential peat alternatives for Irish horticulture".

3. Ocena szczegółowa rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Niny Kosińskiej, zatytułowana „*Integracja co-hydrotermalnej karbonizacji z fermentacją beztlenową – waloryzacja produktów dla zastosowań w energetyce*”, wpisuje się w kluczowe wyzwania związane z transformacją energetyczną, gospodarką odpadami oraz ograniczaniem emisji, które są wskazywane w dokumentach planistycznych Komisji Europejskiej w zakresie zielonej transformacji. Z punktu widzenia znaczenia zakresu



pracy dla dziedziny nauk inżynierjno – technicznych, dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, pracę oceniam pozytywnie.

Główny cel pracy – zbadanie potencjału współprzetwarzania osadów przefermentowanych (19 08 05) oraz skratek (19 08 01) w procesie co-hydrotermalnej karbonizacji – bezpośrednio odpowiada na jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej inżynierii środowiska, jakim jest efektywne zagospodarowanie odpadów pochodzących z różnych sektorów gospodarki. Odpady analizowane w rozprawie doktorskiej powstają w dużych ilościach w oczyszczalniach ścieków i stanowią problem technologiczny oraz środowiskowy. Ich przekształcenie w produkty o wartości energetycznej wpisuje się jednocześnie w cele energetyki, szczególnie w kontekście rozwoju odnawialnych źródeł energii, a także w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), w której odpady powinny być traktowane jako cenne źródło surowców i/lub energii.

We **Wstępie** Doktorantka wskazała na problematykę związaną z zagospodarowaniem produktów ubocznych, wytwarzanych podczas mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków. Wskazała na wyzwania dla oczyszczalni ścieków w tym zakresie, w szczególności zwracając uwagę na możliwe aspekty technologiczne, środowiskowe, a także ekonomiczne. W tej części Doktorantka wyprowadziła poprawnie lukę badawczą *„ocena możliwości wspólnego przetwarzania w procesie co-HTC dwóch strumieni z WWTP — osadów przefermentowanych (DS) i skratek (SC), które dotąd nie były badane łącznie. Celem jest sprawdzenie, czy takie współprzetwarzanie może stanowić strategię obniżania kosztów operacyjnych w WWTP planujących wdrożenie HTC, przy jednoczesnym zachowaniu jakości produktów (hydrochar i ciecz HTC) oraz poprawie bilansu masowo-energetycznego zintegrowanego układu co-HTC + co-AD na WWTPs”*. Warto tutaj nadmienić, iż ta część rozprawy doktorskiej została przygotowana głównie w oparciu o pracę [A], która stanowi bardzo rozbudowany przegląd literatury dotyczący procesu hydrotermalnej karbonizacji (HTC) jako metody przetwarzania osadów ściekowych w wartościowe paliwa. W pracy [A] oceniono wpływ parametrów procesu na właściwości powstających produktów, takich jak hydrochar, faza ciekła i gazowa, ze szczególnym uwzględnieniem ich potencjału energetycznego. W tejże pracy, technologia HTC została wskazana jako obiecujące rozwiązanie wspierające zrównoważoną gospodarkę odpadami i rozwój odnawialnych źródeł energii. Praca [A] stanowi wartościowy wkład w rozwój metod termochemicznego przetwarzania osadów ściekowych, jednak ma charakter głównie przeglądowy, przez co nie dostarcza pogłębionej weryfikacji eksperymentalnej integracji HTC z procesami biologicznymi, co uzasadnia potrzebę dalszych badań podjętych w niniejszej rozprawie doktorskiej.

W kolejnym rozdziale **Cele, hipotezy badawcze i zakres pracy** Doktorantka wymienia cel główny pracy, cele szczegółowe, hipotezy badawcze oraz zakres pracy. Głównym celem naukowym rozprawy doktorskiej było zbadanie potencjału współprzetwarzania dwóch odpadów powstających na oczyszczalni ścieków: osadów przefermentowanych (kod odpadu 19 08 05) oraz skratek (19 08 01) w procesie co-hydrotermalnej karbonizacji (co-HTC). Ponadto, jako cele szczegółowe Doktorantka wskazała:



- „zbadać i ocenić wpływ różnych proporcji skratek dodawanych do osadów przefermentowanych na jakość produktów stałych (co-hydrocharów) i ciekłych wykorzystywanych pod kątem energetycznym [B];
- zbadać potencjał termochemicznego (spalanie, piroliza, zgazowanie) wybranych co-hydrocharów w stosunku do hydrocharów i osadów przefermentowanych [E];
- weryfikację potencjału fermentacyjnego cieczy co-HTC w wybranych proporcjach w procesie co-fermentacji metanowej z osadami ściekowymi [E];
- ocenić opłacalność utylizacji skratek z DS w procesie co-HTC w warunkach WWTP s [E].”

Przedstawiony cel główny oraz cele szczegółowe zostały sformułowane w sposób spójny, logiczny i dobrze odzwierciedlający kompleksowy charakter podjętych badań.

Ponadto Doktorantka przedstawiła następujące hipotezy badawcze:

1. „Charakter skratek jako mieszaniny odpadów tekstylnych, żywnościowych, papieru, tworzyw sztucznych i innych odpadów organicznych (brak szkła i metalu) czyni ten odpad, obiecującym surowcem w przetwarzaniu w co-HTC z DS.
2. Dodatek skratek do DS w 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 SC może powodować, że cieczy co-HTC mają bardziej złożony profil chemiczny (w tym komponenty hamujące AD), co utrudnia predykcję ich BMP i może wymagać doboru proporcji/warunków procesu w celu stabilnej co-fermentacji.”

Zakres pracy realizowany był w trzech etapach – w pierwszej części Doktorantka dokonała przeglądu literatury, następnie realizowała badania wstępne, i na koniec - badania właściwe, co jest bardzo poprawnym podejściem do wykonywania prac doktorskich.

W tekście, w nawiasach kwadratowych Doktorantka wskazuje w których pracach były realizowane poszczególne cele szczegółowe, jednak wymienia tylko dwie [B, E] z prac eksperymentalnych (praca [A] stanowi przegląd literatury oraz praca [D] stanowi prezentację naukową). Podobne nieścisłości występują w przedstawionym zakresie pracy, w którym Doktorantka opisuje trzy części badawcze które realizowała, jednak wskazuje odniesienie tylko do dwóch prac eksperymentalnych [B, C] – innych niż te wskazane w celach szczegółowych. Wydaje mi się, że cele szczegółowe oraz zakres pracy mogły być ujęte na grafice przedstawiającej poszczególne części badawcze. Wpłynęłoby to pozytywnie na czytelność pracy oraz bardziej spójną prezentację poszczególnych etapów badawczych w odniesieniu do celu głównego i celów szczegółowych.

W trzecim rozdziale pt. **Metodyka badawcza** przedstawiono opis wykorzystywanych materiałów i metod. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła syntetyczny opis prac eksperymentalnych przedstawionych w publikacjach [B, C, E]. Opis zastosowanych metod analitycznych jest spójny z metodyką przedstawioną w cyklu powiązanych tematycznie



artykułów stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej. Pozytywnie należy ocenić trafny i dobrze uzasadniony dobór metod badawczych, które zostały starannie zaplanowane i umożliwiają pełną realizację założonych celów naukowych. Doktorantka w sposób bardzo staranny i kompetentny przedstawiła szeroki zakres metod oraz materiałów wykorzystanych na poszczególnych etapach badań. Dobór wskazanych materiałów i metod badawczych świadczy o dużej świadomości co do ich zastosowania oraz bardzo dobrej znajomości problematyki naukowej. Zastosowane podejście jest kompleksowe i dobrze dostosowane do charakteru analizowanych procesów. Całość wskazuje na wysoką jakość warsztatu badawczego oraz dojrzałość naukową Doktorantki.

Następnie Doktorantka opisuje **Wyniki badań wraz z dyskusją**. W pierwszym etapie Doktorantka przedstawia wpływ rodzaju przefermentowanych osadów (osad przed odwodnieniem, osad zagęszczony oraz osad po odwodnieniu) oraz parametrów procesu HTC na jakość stałego produktu (hydrocharu) i cieczy HTC. Wyniki badań wskazują, że przefermentowane osady ściekowe są trudnym substratem w warunkach HTC. Poprawa parametrów paliwowych produktu stałego HTC w stosunku do osadów przefermentowanych jest ograniczona, a głównym nośnikiem energii jest ciecz HTC, szczególnie w warunkach 200°C i 30 minut.

W drugim etapie Doktorantka oceniała co-HTC mieszanin przefermentowanych osadów ze skratkami (0–10% masowych, 200 °C, 30 minut). Wykazała, że dodatek skratek we wszystkich wariantach obniżał zawartość popiołu i metali ciężkich, zwiększał udział frakcji lotnej oraz wartość opałową stałego produktu oraz poprawiał jego odwadnialność, przy zachowaniu wyższego biochemicznego potencjału metanowego cieczy co-HTC w stosunku do cieczy HTC. Jako wariant docelowy w dalszych badaniach wybrano zagęszczone przefermentowane osady z 10% dodatkiem skratek, ponieważ co-hydrochary i ciecze co-HTC otrzymane z tego typu surowca były najkorzystniejsze z punktu widzenia energetyki.

W trzecim etapie Doktorantka szczegółowo scharakteryzowała zagęszczony przefermentowany osad, hydrochar oraz co-hydrochar otrzymany z osadu z 10% dodatkiem skratek, a także odpowiadające im ciecze procesowe po HTC i co-HTC. Badania strukturalne z wykorzystaniem spektroskopii fotoelektronów rentgenowskich, spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera, spektroskopii Ramana, oraz analizy termogravimetrycznej, a także spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą potwierdziły, że co-hydrochar stanowi korzystny kompromis pod względem właściwości paliwowych, reaktywności i składu nieorganicznego. Z kolei ciecze procesowe HTC i co-HTC, charakteryzujące się podobnym składem wykorzystano jako współsubstrat w pociągłym procesie co-fermentacji beztlenowej z osadami ściekowymi. Przy stopniowym zwiększaniu udziału cieczy HTC/co-HTC (1–10% masowych) w osadach ściekowych uzyskano stabilny proces i podobny wzrost jednostkowej wydajności metanu w stosunku do osadów ściekowych bez dodatku cieczy HTC/co-HTC. Doktorantka wskazała, że zintegrowany bilans masowo-energetyczny w oparciu o dane z etapu III dla jednej tony zagęszczonego przefermentowanego osadu ściekowego o zawartości suchej masy 12% wykazał, że wariant co- HTC mieszaniny



osadu ze skratkami (10% masowych) zapewnia wyższy odzysk energii netto oraz niższe koszty unieszkodliwiania odpadów w porównaniu z wariantem opartym wyłącznie na HTC przefermentowanych osadów ściekowych. Potwierdzono techniczną zasadność wspólnego przetwarzania przefermentowanych osadów ściekowych i skratek, przy jednoczesnym wskazaniu potrzeby dalszych badań.

Kolejny rozdział to **Wnioski** przedstawiające główne obserwacje z prowadzonych badań, w tym:

1. wskazanie, że kluczowe znaczenie dla interpretacji zmian zachodzących podczas procesu, oprócz parametrów procesowych HTC, ma miejsce poboru osadu w ciągu technologicznym oczyszczalni oraz jego wilgotność początkowa;
2. wskazanie, że przefermentowane osady stanowią trudniejszy substrat do hydrotermalnej karbonizacji niż surowe osady ściekowe;
3. wskazanie, że hydrotermalna co-karbonizacja przefermentowanych osadów z dodatkiem skratek (0–10% m/m) w łagodnych warunkach HTC (200 °C, 30 min) prowadzi do systematycznej poprawy jakości paliwowej hydrocharów w porównaniu z klasycznym HTC samych osadów;
4. wskazanie, że spośród badanych kombinacji co-HTC najbardziej obiecującym wariantem jest zagęszczony osad przefermentowany (TDS) z 10% dodatkiem skratek;
5. wykazanie, że HTC i co-HTC prowadzą przede wszystkim do przeorganizowania powierzchniowych grup funkcyjnych, a nie do kondensacji aromatycznej;
6. wykazanie, że analiza TGA w warunkach spalania wykazała wyraźny wzrost reaktywności HC i co-HC względem TDS;
7. analiza TGA w warunkach pirolizy z następczym zgazowaniem parowym wykazała, że TDS charakteryzuje się najwyższym indeksem odgazowania (co jest spójne z najwyższą zawartością części lotnych VM%) oraz największym odzyskiem energii w trakcie zgazowania (związany z najwyższą zawartością FC);
8. wskazanie, że ciecze HTC i co-HTC z TDS charakteryzowały się wysokimi stężeniami VFA (głównie kwasu octowego i propionowego), podwyższoną alkalicznością, lekko zasadowym pH oraz wysoką zawartością $N-NH_4^+$;
9. wskazanie, że długookresowe testy półciągłej co-fermentacji beztlenowej (co-AD) z narastającymi dawkami cieczy HTC lub co-HTC (1–10% v/v) wykazały, że przy stopniowej adaptacji mikrobioty układ zachowuje wysoką stabilność procesu;
10. wskazanie, że analiza statystyczna (test Kruskala–Wallisa oraz modele regresji) potwierdziła, że dodatek cieczy HTC i co-HTC istotnie zwiększa wydajność biogazu i metanu w stosunku do samej fermentacji osadów, przy porównywalnym wpływie obu typów cieczy;
11. w scenariuszu 2 (co-HTC osadów ze skratkami) uzyskano wyższy odzysk energii z metanu oraz większą energię chemiczną w co-HC;
12. scenariusz 2 (co-HTC osadów ze skratkami) okazał się korzystniejszy dla oczyszczalni ścieków od scenariusza 1 opartego na HTC samych osadów przefermentowanych.



Rozdział **Podsumowanie** przedstawia weryfikację zaproponowanych hipotez. Wszystkie hipotezy zostały zweryfikowane pozytywnie.

Doktorantka w sposób jasny i zwięzły wskazała także **kierunki dalszych badań**.

Ostatni rozdział to **Literatura**, zawierająca 69 pozycji.

Analizując treść pracy, opis wyników i wnioski można stwierdzić, że cele zostały osiągnięte i udokumentowane wynikami badań w [B, C, E]. Tematyka badań realizowanych w ramach rozprawy doktorskiej wpisuje się w obszar inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki, koncentrując się na zagadnieniach związanych z zagospodarowaniem odpadów pochodzących z oczyszczalni ścieków oraz ich przekształcania w nośniki energii. Przedstawiona do oceny rozprawa, oparta na cyklu powiązanych tematycznie publikacji [A–D] oraz pracy niepublikowanej [E], potwierdza bardzo dobrą znajomość zagadnień teoretycznych i praktycznych Doktorantki w omawianym obszarze badawczym. Zaprezentowane wyniki, obejmujące m.in. analizę procesu hydrotermalnej karbonizacji osadów ściekowych, współkarbonizacji różnych strumieni odpadów oraz ocenę właściwości energetycznych otrzymanych produktów, cechują się wysokim poziomem oryginalności i istotnym znaczeniem aplikacyjnym. W szczególności opracowane podejście do waloryzacji odpadów w kierunku ich wykorzystania energetycznego stanowi wartościowy wkład w rozwój zrównoważonych technologii przetwarzania biomasy odpadowej.

Na podstawie przedstawionych wyników można jednoznacznie stwierdzić, że cel oraz zakres rozprawy zostały w pełni zrealizowane. Uzyskane rezultaty wnoszą istotny wkład poznawczy do dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, w tym mają znaczenie praktyczne dla rozwoju technologii zagospodarowania odpadów i odzysku energii w systemach oczyszczania ścieków.

4. Uwagi merytoryczne i zagadnienia do wyjaśnienia

Wskazane w rozprawie doktorskiej cyrkularne zagospodarowanie odpadów w sektorze gospodarki wodno-ściekowej stanowi bardzo obiecującą metodę nie tylko dla unieszkodliwiania odpadów, ale także dla poprawy efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków. Wybór tematu rozprawy doktorskiej przez mgr inż. Ninę Kosińską oceniam bardzo pozytywnie. Przedstawione w pracy podejście do tego zagadnienia może wpływać na rozwój tzw. zrównoważonych technologii energetycznych, jednocześnie przyczyniając się do rozwiązywania problemów związanych z odpadami wytwarzanymi w oczyszczalniach ścieków. Wyzwania związane z kosztami i skalowaniem procesu będą jednak wymagały dalszych badań w tym zakresie.

Poniżej przedstawiam kilka zagadnień do wyjaśnienia przez Doktorantkę:

- Rozprawa doktorska powinna uwzględniać zarówno cele naukowe jak i użyteczne. Proszę Doktorantkę o wskazanie krótkiego, ale precyzyjnego uzasadnienia, w jaki sposób praca ta wypełnia lukę w istniejącej literaturze oraz jakie praktyczne i



teoretyczne korzyści mogą wynikać z przeprowadzonych badań. Proszę także w jasne rozróżnienie celów naukowych i utylitarnych.

- Proszę o wskazanie głównych ograniczeń procesu co-hydrotermalnej karbonizacji w kontekście skalowania technologii do warunków przemysłowych oczyszczalni ścieków i w jaki sposób można je przezwyciężyć?
- We Wstępie Doktorantka wskazuje, że bilans ekonomiczny rozwiązań opierających się na termicznym zagospodarowaniu odpadów wytwarzanych w oczyszczalniach ścieków „pozostaje niepewny”. Proszę o wyjaśnienie tego sformułowania, a także wskazanie źródeł literaturowych takiej tezy (czy prowadzone były analizy ekonomiczne?), jakie kryteria i metody badawcze były stosowane do wskazania takiego sformułowania.
- Ścieki oraz osady ściekowe charakteryzują się bardzo zróżnicowanym i zmiennym składem, zależnym od ich pochodzenia oraz warunków powstawania i eksploatacji systemów kanalizacyjnych i oczyszczalni. W jaki sposób zmienność składu osadów ściekowych i skratek wpływa na powtarzalność oraz stabilność uzyskiwanych produktów w procesie co-HTC? Proszę też o przytoczenie skali problematyki zagospodarowania tego typu odpadów, również uwzględniając dane statystyczne (w Polsce / na świecie).
- Doktorantka w pracy naprzemiennie stosuje wyrażenie „utyliczacja” oraz „unieszkodliwianie”. Proszę o doprecyzowanie oraz ujednolicenie stosowanej terminologii zgodnie z obowiązującą nomenklaturą.
- W pracy wskazano dalsze kierunki badań, z uwzględnieniem konieczności prowadzenia analiz środowiskowych i ekonomicznych (z wykorzystaniem metod LCA i LCCA). Proszę o wskazanie czy podjęta była próba wykonania szczegółowych analiz środowiskowych i ekonomicznych dla proponowanych rozwiązań, jeśli tak – to z wykorzystaniem jakich metod. Jakie kierunki dalszych badań są kluczowe dla rozwoju technologii integrujących procesy HTC i fermentacji beztlenowej z punktu widzenia wpływu na środowisko?
- Doktorantka wskazuje na konieczność prowadzenia różnych analiz mających na celu zagospodarowanie odpadów wytwarzanych w oczyszczalniach ścieków. Proszę o doprecyzowanie w których rekomendacjach / aktach prawnych / dokumentach planistycznych (na poziomie krajowym i międzynarodowym) wskazuje się na stosowanie metod hydrotermalnych.
- Proszę przedstawić dalsze możliwości wykorzystania rezultatów otrzymanych w niniejszej pracy w praktyce, w kontekście możliwej współpracy z obiektami zainteresowanymi wynikami badań.
- W prezentacji Doktorantki, podczas obrony, sugeruję zamieszczenie schematycznego przebiegu procedury badawczej (wraz z jego omówieniem), który zilustruje główne etapy pracy w odniesieniu do zakładanych celów (głównego i szczegółowych), etapów pracy i hipotez badawczych.



5. Uwagi redakcyjne i edycyjne

W odniesieniu do całości tekstu rękopisu rozprawy doktorskiej zauważyłam nieścisłości i niedopatrzenia, a w szczególności:

- Ogólny brak harmonizacji tekstu, w tym stosowanie niejednolitej czcionki, różnych akapitów, różnych odstępów między wierszami oraz akapitami, stosowanie różnych zakończeń zdań w kontekście cytowań. itp.
- Brak harmonizacji tekstu w zakresie merytorycznym, np. prace eksperymentalne wskazane w celach szczegółowych nie są tożsame z pracami eksperymentalnymi wskazanymi w zakresie pracy.
- Stosowanie niekonsekwentnych określeń w tekście, jak np. " co-hydrochary" lub „cohydrochary”.
- Pozostawione puste miejsca na stronach, które mogłyby być zagospodarowane tekstem, przy jednoczesnym przesunięciu rysunków (np. str. 25).

W pracy wstępuje sporo kolokwializmów oraz języka popularnonaukowego. Przykładem takiego nadużycia w rozprawie doktorskiej jest opisywanie substratu jako 'intrygujący' („W realiach WWTP szczególnie intrygującym co-substratem do co-HTC z DS wydają się być skratki (SC)...”, str. 14). Ponadto, wskazanie że idea pracy doktorskiej 'wyrasta' („Na tym gruncie wyrasta główna idea niniejszej rozprawy..”, str. 14) również nie powinno występować w tego typu opracowaniach. Dalej „Poniżej zarysowano elementy kluczowe dla zrozumienia dalszej części wynikowej” (str. 15) i wiele innych niespecjalistycznych określeń. W mojej ocenie rozprawa doktorska powinna cechować się konsekwentnie profesjonalnym i naukowym stylem wypowiedzi. Wskazane niedociągnięcia redakcyjne i edycyjne nie mają wpływu na ocenę zawartości merytorycznej rozprawy doktorskiej, jednakże obniżają komfort czytania pracy.

W pracy występuje bardzo duża liczba skrótów, które w większości są wyjaśnione na początku manuskryptu (str. 8-11). W niniejszej recenzji stosowane są te same skróty.

Publikacje naukowe [A, B, C, D] składające się na rozprawę doktorską są opublikowane w latach 2023-2025, zgodnie z wytycznymi redakcyjnymi i edycyjnymi czasopism *Energy*, *Thermal Science and Engineering Progress* oraz *Science Talks*. Z kolei wyniki pracy [E] zostały zaprezentowane w tekście rozprawy doktorskiej (praca nieopublikowana).

6. Wniosek końcowy

Podsumowując, należy stwierdzić, że recenzowana praca spełnia warunki prawne określone dla rozpraw doktorskich (Dz. U z 2018r. poz.1668). Recenzowaną pracę oceniam pozytywnie, Doktorantka wykazała się znajomością literatury przedmiotu, szczególnie w obszarze metod zagospodarowania odpadów wytwarzanych w oczyszczalniach ścieków, a także umiejętnością krytycznej analizy literatury przedmiotu i jej wykorzystania w kontekście badań własnych. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska, zawierająca syntetyczny opis prowadzonych prac badawczych, odpowiednio dobrane materiały i metody badawcze, a także przedstawione



wyniki i wnioski, wskazuje na samodzielność badawczą Doktorantki. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne i ważne osiągnięcie naukowe mgr inż. Niny Kosińskiej.

Warto także podkreślić wyróżniającą się aktywność naukową Doktorantki, w tym uczestnictwo w międzynarodowych projektach badawczych, konferencjach naukowych oraz stażu zagranicznym. Tego rodzaju zaangażowanie świadczy o Jej dużej otwartości na współpracę naukową, umiejętności funkcjonowania w środowisku międzynarodowym oraz konsekwentnym budowaniu własnego dorobku badawczego. Aktywność ta znacząco wzmacnia wartość naukową prowadzonych badań i potwierdza wysoką motywację oraz dojrzałość badawczą Doktorantki.

Podsumowując, wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie mgr inż. Niny Kosińskiej do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Ponadto z uwagi na dużą wartość zarówno teoretyczną, jak i praktyczną zaprezentowanych wyników badań, a także kompleksowość zrealizowanych prac eksperymentalnych, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Niny Kosińskiej.

Krzysztof Smol-Arcuszej

(podpis)