

Poznań, 27.11.2025 r.

Prof. UPP dr hab. inż. Małgorzata Makowska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej
ul. Piątkowska 94A
60-649 Poznań

RECENZJA

rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego
w przewodzie habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-
technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska
Górnictwo i Energetyka
dr Małgorzaty Worwą,
adiunkta w Katedrze Sieci i Instalacji Sanitarnych
na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej

I. Podstawa opracowania

Recenzja dorobku naukowego dr Małgorzaty Worwą została wykonana na prośbę Prodziekana Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej, prof. PCz dr hab. inż. Pawła Mirka, zawartą w piśmie z dn. 6.10.2025 r., zgodnie z ustawą z dn. 20 lipca 2028 (z późn. zm.) – *Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce* (Dz.U. 2024 poz. 1571).

Podstawą opracowania recenzji były:

- autoreferat dotyczący osiągnięć w pracy naukowo-badawczej,
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny, w tym monografia naukowa oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych,
- wykaz aktywności naukowej oraz dane naukometryczne,
- wykaz elementów współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym,
- monografia naukowa wydana przez Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej,
- kopie publikacji wchodzących w skład jednotematycznego cyklu wraz z oświadczeniami współautorów,
- informacje o działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej.

II. Sylwetka Habilitantki

Dr Małgorzata Worwąg ukończyła w roku 2004 studia licencjackie na kierunku Biotechnologia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Częstochowie (obecnie Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych), gdzie obroniła pracę licencjacką pt. „Znaczenie biologii molekularnej w badaniach nad filogenezą i ewolucją”, wykonaną pod opieką dr Cezarego Gębickiego. Następnie w roku 2006 ukończyła studia magisterskie na kierunku Biologia (specjalność: Biotechnologia roślin i mikroorganizmów) na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (obecnie Wydział Nauk Przyrodniczych), gdzie obroniła pracę magisterską pt. „Test alleliczności mutantów karłowych *Hordeum vulgare L.* i analiza polimorfizmu DNA”, wykonaną pod opieką prof. dr hab. Mirosława Małuszyńskiego. W roku 2010 uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej, na podstawie obronionej z wyróżnieniem pracy doktorskiej pt. „Intensyfikacja stabilizacji beztlenowej wybranych osadów ściekowych”. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. January Bień. W tym samym roku rozpoczęła pracę jako adiunkt w Zakładzie Inżynierii i Chemii Środowiska, w Instytucie Inżynierii Środowiska (obecnie Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych) Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej. Od roku 2021 do 2024 pełniła funkcję Zastępcy Kierownika Katedry Sieci i Instalacji Sanitarnych, a obecnie pełni funkcję Prodziekana ds. dydaktycznych na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.

Wniosek do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka dr Małgorzata Worwąg złożyła 28 maja 2025 r. Jako załączniki złożyła: dane wnioskodawcy, kopię dyplomu nadania stopnia doktora nauk technicznych, autoreferat i wykaz osiągnięć naukowych.

III. Osiągnięcia naukowe przedstawione jako podstawa do uzyskania stopnia doktora habilitowanego

Dr Małgorzata Worwąg jako osiągnięcia naukowe przedstawiła monografię naukową pt.: „Zastosowanie biopreparatów do intensyfikacji kofermentacji metanowej osadów ściekowych i odpadów” oraz cykl powiązanych tematycznie publikacji pt.: „Ocena właściwości nawozowych fosforanu magnezowo-amonowego w środowisku glebowym”.

Przedstawiona do oceny **monografia naukowa** dotyczy fermentacji metanowej osadów ściekowych z dodatkiem kosubstratu w postaci odpadów tłuszczowych oraz z zastosowaniem biopreparatów jako czynników wspomagających proces. Część badawczą Autorka poprzedziła szerokim przeglądem literatury przedmiotu, zawierającym w sumie 245 pozycji (zgodnie z wykazem źródeł), wykorzystując w nim liczne pozycje literatury polskiej i światowej oraz wskazując na naukowe i uytylitarne znaczenie przeprowadzonych przez siebie badań. Autorka określiła fermentację metanową jako jeden z istotnych procesów przy utylizacji zanieczyszczeń i odpadów biologicznych. Wskazała na konieczność zwiększenia efektywności procesu fermentacji w celu skutecznego pozyskiwania biogazu oraz na problemy, jakie występują w trakcie jego prowadzenia. Jako element umożliwiający zwiększenie podatności substratów na rozkład oraz stabilność procesu fermentacji w warunkach zmiennego obciążenia wskazała biopreparaty.

Cele naukowe pracy Habilitantka zrealizowała poprzez:

- 1) przeprowadzenie w czasie 10 dni procesu kofermentacji metanowej osadów ściekowych w układzie okresowym, z dodatkiem odpadów tłuszczowych oraz biopreparatów i ocenę jego przebiegu poprzez określenie wpływu dawki i rodzaju biopreparatu na efektywność kofermentacji;
- 2) przeprowadzenie w czasie 25 dni procesu kofermentacji osadów ściekowych w układzie okresowym, z dodatkiem odpadów tłuszczowych i biopreparatów i ocenę wpływu biopreparatów na stopień przefermentowania i produkcję biogazu;
- 3) przeprowadzenie procesu kofermentacji w układzie półciągłym w czasie 10 dni (przy czym rozruch reaktora trwał 25 dni), przy zmiennym obciążeniu reaktora odpadami tłuszczowymi i ustalenie sposobu dawkowania biopreparatów.

Wszystkie eksperymenty zostały przeprowadzone w skali laboratoryjnej, w warunkach mezofilnych. Kosubstrat w postaci odpadów tłuszczowych był dodawany do osadów ściekowych w różnej ilości, od 5 do 30% smo. osadów; w celu poprawienia efektywności procesu dawkowano 3 różne biopreparaty – dwa komercyjne o różnych właściwościach i przeznaczeniu i jeden własny oraz drożdże *Saccharomeces cerevisiae*, w ilości od 1 do 5 g/dm³.

Habilitantka przyjęła 3 tezy pracy, zakładając, że:

- 1) dodatek biopreparatów wpływa na poprawę efektywności procesu fermentacji,
- 2) wpływ biopreparatów zależy od ich rodzaju i dawki,
- 3) sposób dawkowania biopreparatu przy zmiennym obciążeniu reaktora wpływa na ilość i skład powstającego biogazu.

W pierwszym etapie badań Habilitantka wykazała, że dodatek odpadów tłuszczowych niekorzystnie wpływa na efekt fermentacji, mierzony zmianą suchej masy substratu oraz ChZT w mieszaninie w trakcie prowadzenia procesu. Wraz ze wzrostem ilości kosubstratu zmniejszał się stopień przefermentowania mieszanki. Poprawę efektywności zaobserwowała po dodaniu biopreparatów. Stopień przefermentowania w tym przypadku zwiększał się wraz ze zwiększaniem dawki biopreparatu dla każdego wariantu udziału kosubstratu. Etap ten pozwolił (jak wynika z tekstu pracy, chociaż nie wskazano tego wprost) na wybór biopreparatów i ich dawek do eksperymentu przeprowadzonego w drugim etapie badań. Wybrano jeden z biopreparatów komercyjnych oraz biopreparat własny, w maksymalnych dawkach spośród zastosowanych w pierwszym etapie badań.

W drugim etapie badań habilitantka analizowała dobową i sumaryczną produkcję biogazu w procesie fermentacji, w ustalonych na podstawie wyników etapu pierwszego wariantach eksperymentu. Autorka stwierdziła, że ilość produkowanego biogazu jest większa przy dodatku biopreparatu, który pozwala na wykorzystanie potencjału kosubstratu, zwiększając wydajność procesu. Jednak maksymalne zastosowane dawki odpadów tłuszczowych spowodowały załamanie procesu i zmniejszenie stopnia przefermentowania mieszanki.

W trzecim etapie badań zasilanie reaktora wybranymi dawkami odpadów było poprzedzone 25-cio dniowym wpracowaniem reaktora. Wybrano udział odpadów w ilości 10, 20 i 30 % smo., dawkowanych w kilkudniowych odstępach czasu. Przez kilka dni dawkowano biopreparat własny w ilości 5g/m³. Po dodaniu

dawki kosubstratu obserwowano chwilowe obniżenie efektywności procesu, po czym obserwowano wzrost ilości biogazu, ale z mniejszą zawartością metanu. Zmianom ulegała również zawartość LKT oraz ChZT mieszanki. Zastosowany sposób dawkowania substratów miał symulować procesy zachodzące w warunkach rzeczywistych, a biopreparaty stabilizować przebieg procesu fermentacji. Zwykle destabilizację pracy komór fermentacyjnych obserwuje się przy zmiennych obciążeniach i zróżnicowanym substracie, dlatego habilitantka wskazała na duże znaczenie dawek substratów oraz odpowiednio dobrane dodatki w postaci biopreparatów.

Przedstawiony do oceny **cykl powiązanych tematycznie publikacji** składa się z czterech artykułów naukowych dotyczących wpływu struwitu na jakość gleby i dostępność fosforu dla roślin. Autorka postawiła sobie w trakcie badań trzy cele:

- ocenę wpływu dodatku fosforanu magnezowo-amonowego na wzrost roślin oraz parametry gleby,
- analizę migracji fosforu w profilu glebowym po nawożeniu fosforanem magnezowo-amonowym,
- ocenę skuteczności odzysku związków fosforu w postaci fosforanu magnezowo-amonowego z przefermentowanych osadów ściekowych oraz popiołów z przefermentowanych osadów ściekowych.

Przeprowadzono eksperyment wazonowy polegający na hodowli gorczycy białej na glebie ogrodowej z dodatkiem 0,1 g, 0,5 g, 1 g struwitu na 250 g gleby. W dalszej części wykonano eksperyment w kolumnach lizymetrycznych z wykorzystaniem mieszanek o tym samym składzie. Struwit wykorzystany do badań był przygotowany w laboratorium z roztworów na bazie wody destylowanej. Ostatnią część badań dotyczyła uzyskiwania fosforu z przefermentowanych osadów ściekowych oraz wpływu mikrozanieczyszczeń na krystalizację struwitu. Na podstawie badań Habilitantka ustaliła najkorzystniejszą dla rozwoju roślin dawkę struwitu oraz określiła wpływ struwitu na migrację fosforu w glebie. Ustaliła również konfigurację składników przy maksymalnej ilości struwitu wytrącanego z wody nadosadowej i popiołów oraz potwierdziła negatywny wpływ mikrozanieczyszczeń w postaci metali ciężkich.

Podsumowanie

Dr Małgorzata Worwąg w zwięzły sposób przedstawiła w monografii przebieg i wyniki przeprowadzonych badań procesu fermentacji osadów z dodatkiem odpadów tłuszczowych. Opisane eksperymenty były przeprowadzone prawidłowo pod względem merytorycznym i metodycznym oraz ukierunkowane na ocenę prowadzonych procesów pod względem teoretycznym i praktycznym. Do badań wykorzystano standardowe metody analityczne, a do obliczenia parametrów technologicznych powszechnie stosowane zależności. Badania procesu fermentacji zostały przeprowadzone z wykorzystaniem specyficznego kosubstratu i wykazały jego limitujący wpływ na efektywność procesu. Ponieważ utrzymanie stabilnej pracy reaktora jest trudne, istotnym sposobem wspomagania procesu fermentacji i jednocześnie sposobem na uzyskanie większej efektywności procesu są biopreparaty. Habilitantka wykazała istotność doboru biopreparatu oraz jego dawki, wskazała również na sposób dawkowania biopreparatu. Badania zostały przeprowadzone wielowariantowo, co było bezsprzecznie zadaniem trudnym, umożliwiło też szczegółową interpretację wyników. Dużym osiągnięciem jest przeanalizowanie procesu fermentacji metanowej osadów ściekowych z dodatkiem kosubstratu, wspomaganą biopreparatami w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, gdzie jednym z wariantów był układ symulujący warunki techniczne oraz sformułowanie zaleceń mogących poprawić efekt eksploatacji urządzeń. Przedstawiona praca stanowi istotny wkład w badania procesu fermentacji substratów o specyficznym składzie oraz wskazuje na praktyczne zastosowanie uzyskanych wyników. Pewien niedosyt pozostawia statystyczne opracowanie wyników. Metody analizy statystycznej zastosowano jedynie do wyników trzeciego etapu badań i rozważania te opisano dosyć skrótowo, natomiast nie podjęto próby oceny statystycznej wyników badań uzyskanych w pierwszym i drugim etapie. Ciekawym zagadnieniem może być również – jako zadanie na przyszłość - wyjaśnienie kinetyki procesów biochemicznych zachodzących w trakcie fermentacji specyficznych substratów, zwłaszcza, że jak stwierdziła Autorka, istotnym elementem całości okazuje się być etap ich hydrolizy.

Cykl przedstawionych artykułów naukowych dotyczy innej tematyki, niż poruszana w monografii, co świadczy o szerokich zainteresowaniach Habilitantki. Monografia traktuje o zastosowaniu biopreparatów w kofermentacji metanowej

osadów i odpadów, natomiast cykl publikacji zawiera opis badań nad zastosowaniem struwitu jako źródła fosforu w hodowli roślin oraz odzysku fosforu z osadów po fermentacji (co jest jedynym elementem wspólnym z tematyką ocenianej monografii).

Zgodnie z Ustawą Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. 2024, poz. 1571), kandydat ubiegający się o stopień doktora habilitowanego przedstawia monografię **lub** cykl jednotematycznych publikacji oraz wykazuje się istotną aktywnością naukową. Przedstawiony cykl publikacji ma dużą wartość naukową, jednak w myśl przywołanej ustawy, może być traktowany jako element dodatkowy, należący do pozostałego dorobku naukowego habilitantki. Przedstawiona monografia, oceniona jako wnosząca istotny wkład w badania fermentacji mieszanek osadów ściekowych z kosubstratem, jest wystarczająca jako podstawa do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

IV. Pozostała działalność naukowa Habilitantki

Dr Małgorzata Worwąg posiada bogaty dorobek publikacyjny. W sumie opublikowała 54 prace, w tym 34 z bazy JCR, 1 monografię, 11 rozdziałów w monografiach i 20 publikacji w materiałach konferencyjnych. Sumaryczny IF wynosi 43,927, a liczba punktów wg MNiSW – 1870. Jej działalność naukowa była ściśle związana z unieszkodliwianiem osadów ściekowych i odpadów, zwłaszcza w procesie kompostowania i fermentacji metanowej. Po uzyskaniu stopnia doktora kontynuowała podjętą wcześniej tematykę; zajmowała się również biologicznym oczyszczaniem ścieków, kompostowaniem osadów, unieszkodliwianiem odpadów, odzyskiwaniem związków fosforu i ich dostępnością dla roślin oraz koncentrowała się na problemach związanych z rozwiązaniami technologicznymi poprawiającymi efektywność procesu stabilizacji osadów ściekowych. Z tą tematyką związane były projekty badawcze oraz współpraca międzynarodowa. Wkład Habilitantki w opublikowane prace wynosił od 10 do 100%. Liczba cytowań i IH wg bazy Scopus wynoszą odpowiednio 840 i 10. Prace prowadzone w ściśle określonym kierunku umożliwiły systematyczne pogłębianie wiedzy związanej z przedmiotem badań oraz specjalizację w zakresie procesów fermentacji metanowej oraz unieszkodliwiania odpadów. Do obszaru zainteresowań naukowych Habilitantki należą również zagadnienia związane z odzyskiem wody z procesu oczyszczania ścieków w

gospodarce o obiegu zamkniętym oraz problematyka odorów przy utylizacji odpadów. Habilitantka współpracuje również z podmiotami gospodarczymi, takimi jak oczyszczalnia ścieków w Gdańsku, Brzegu Dolnym czy Częstochowie.

Dr Małgorzata Worwąg uczestniczyła w 9 projektach badawczych krajowych i międzynarodowych, dwukrotnie odbyła staż w zagranicznych jednostkach naukowych, uczestniczyła w 20 krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych (dwukrotnie była członkiem komitetu organizacyjnego). Wykonała 35 recenzji artykułów dla czasopism naukowych oraz 4 ekspertyzy naukowe.

Za działalność naukową została pięciokrotnie wyróżniona Nagrodą Rektora Politechniki Częstochowskiej.

V. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska

W ramach działalności dydaktycznej dr Małgorzata Worwąg:

- prowadziła lub prowadzi zajęcia z ponad 20 przedmiotów związanych z biologią, ekologią, biochemią, mikrobiologią i ochroną roślin, na kierunkach inżynieria środowiska, ochrona środowiska, biotechnologia i architektura krajobrazu,
- uczestniczyła w opracowaniu programów kształcenia dla kierunku Biotechnologia oraz w dostosowaniu programów kształcenia do zmieniających się standardów nauczania,
- brała udział w przygotowaniu 2 stanowisk dydaktycznych,
- była promotorem 25 prac dyplomowych,
- wykonała 17 recenzji prac dyplomowych,
- w ramach programu ERASMUS+ prowadziła zajęcia w Kownie na Litwie,
- jest promotorem pomocniczym w trzech przewodach doktorskich.

W ramach działalności organizacyjnej dr Małgorzata Worwąg aktywnie uczestniczy w pracach Wydziału, w tym:

- jest Prodziekanem ds. dydaktycznych,
- jest członkiem Senatu Politechniki Częstochowskiej,
- jest koordynatorem czterech zespołów badawczych,
- jest członkiem Rady Społeczno-Gospodarczej na Wydziale Infrastruktury i Środowiska,
- jest przewodniczącą Rady Programowej na Wydziale Infrastruktury i Środowiska,
- jest członkiem Komisji ds. dydaktycznych i ds. imprez masowych,

- jest założycielką i opiekunem Studenckiego Koła naukowego,
- odbyła liczne kursy i szkolenia w celu doskonalenia warsztatu badawczego i dydaktycznego,
- uczestniczyła w realizacji zadań w ramach „Akademickiej Częstochowy”,
- prowadziła warsztaty dla szkół średnich w ramach Częstochowskiego Uniwersytetu Młodzieżowego.

Za działalność organizacyjną została pięciokrotnie wyróżniona Nagrodą Rektora Politechniki Częstochowskiej.

W ramach działalności popularyzującej naukę dr Małgorzata Worwąg:

- prowadziła kursy przygotowawcze do matury z biologii dla licealistów,
- brała udział w festiwalu nauki,
- brała udział w Dniach Otwartych Politechniki Częstochowskiej,
- prowadziła warsztaty laboratoryjne dla szkół średnich,
- zorganizowała webinarium on-line: „Żywność genetycznie modyfikowana” (2022),
- uczestniczyła w organizacji Seminarium Architektury Krajobrazu dla studentów i uczniów szkół średnich,
- ze studentami z koła naukowego brała udział w konferencji „Rozwiązania i technologie XXI wieku” (2024),
- jest członkiem zespołu projektu EKOdetektywi na szlaku jurajskim,
- należy do zespołu ds. promocji Wydziału.

VI. Podsumowanie i wnioski końcowe

Dr Małgorzata Worwąg swoją działalność naukową skupiła przede wszystkim na unieszkodliwianiu odpadów, w tym osadów ściekowych, w procesie fermentacji metanowej. Przedstawiona do oceny monografia dowodzi umiejętności prowadzenia kompleksowych badań oraz szczegółowej analizy uzyskanych wyników. Istotnym elementem jest wykorzystanie w procesie fermentacji substratu specyficznego oraz próba wspomaganie procesu przy pomocy biopreparatów, wśród których istotny pod względem uzyskanych efektów okazał się biopreparat przygotowany przez Habilitantkę.

Biorąc pod uwagę pozostały dorobek naukowy Habilitantki, wysoki poziom naukowy opublikowanych prac, liczbę uzyskanych punktów, liczbę cytowań oraz dużą aktywność nie tylko naukową, ale również dydaktyczną, organizacyjną i

popularyzatorską oraz doświadczenie w tej działalności stwierdzam, że przedstawiony przez dr Małgorzatę Worwą dorobek spełnia wymagania stawiane przez Ustawę Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. 2024, poz. 1571) z dn. 20 lipca 2018 r. (z późn.zm.) kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego. W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria środowiska Górnictwo i Energetyka Politechniki Częstochowskiej o podjęcie dalszych czynności w postępowaniu o nadanie dr Małgorzacie Worwą stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka.

Prof. UPP dr hab. inż. Małgorzata Makowska