

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
Katedra Inżynierii Środowiska  
Prof. dr hab. inż. Barbara Tora

Kraków, 9 grudnia 2025r

### **Recenzja**

**w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego**

**pani dr inż. Małgorzacie WORWAŁ**

Podstawa formalna

Podstawą formalną wykonania niniejszej recenzji jest pismo Prodziekana ds. Nauki Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej zawierające informacje o powołaniu mnie przez Radę Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Częstochowskiej na recenzenta w przewodzie habilitacyjnym **dr inż. Małgorzaty WORWAŁ**

Recenzja jest sporządzona zgodnie z zapisami w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U.2024 poz. 1571).

#### **Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie,**

*a. data uzyskania stopnia doktora oraz nazwa jednostki organizacyjnej, w której był ten stopień nadany;*

*b. informacja, czy kandydat ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w tym – o ile wynika to z dokumentacji sprawy – informacja o przebiegu i zakończeniu wcześniejszego postępowania;*

*c. przebieg pracy naukowo-zawodowej (miejsce pracy, zajmowane stanowiska);*

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe Dr Małgorzaty Worwał

– z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

**2004 licencjat:** Kierunek: biotechnologia

Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Częstochowie, Wydział Matematyczno- Przyrodniczy (Obecnie Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych);

**2006 magister biologii** Kierunek: biologia, specjalność: Biotechnologia roślin i mikroorganizmów; Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, (Obecnie Wydział Nauk Przyrodniczych);

**2010 Doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska**

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska;

Praca doktorska pt. „Intensyfikacja stabilizacji beztlenowej wybranych osadów ściekowych” (praca obroniona z wyróżnieniem),

promotor: prof. dr hab. inż. January Bień, recenzenci: dr hab. inż. Tadeusz Marcinkowski, dr hab. inż. Lidia Wolny, prof. PCz

#### **Zatrudnienie Dr Małgorzaty Worwąg**

11.2010 – 08.2020 adiunkt, Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska (obecnie Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych), Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechnika Częstochowska

09.2021 – 08.2024 adiunkt, Zastępca Kierownika Katedry Sieci i Instalacji Sanitarnych, Wydział Infrastruktury i Środowiska, Politechniki Częstochowskiej

09.2024 – obecnie, adiunkt, Prodziekan ds. dydaktycznych na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej

#### **Przedstawienie informacji o ocenianych osiągnięciach naukowych kandydatki**

Osiągnięciem naukowym, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego są wyniki zawarte w monografii Małgorzaty Worwąg pt.: „**Zastosowanie biopreparatów do intensyfikacji kofermentacji metanowej osadów ściekowych i odpadów tłuszczowych**”, monografia została wydana przez Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, w 2024, ISBN: 978-83-65976-04-8, e-ISBN 978-83-65976-05-5, DOI: 10.17512/CUT/9788365976055 s. 1-133. Recenzentami monografii byli dr hab. inż. Dariusz Boruszko, prof. PB oraz prof. dr hab. inż. Ewa Wojciechowska. Recenzje były pozytywne, co pozwoliło na opublikowanie pracy.

Monografia liczy 133 strony, spis powołanych źródeł literaturowych zawiera 245 pozycji i mieści się na 16 stronach tekstu. Zgodnie z brzemieniem tytułu Autorka przedstawiła w monografii wyniki własnych badań nad wpływem dodatku biopreparatów na proces fermentacji osadów ściekowych z odpadami tłuszczowymi.

Badania nad przetwarzaniem odpadów organicznych, zwłaszcza odpadów tłuszczowych, w procesie fermentacji metanowej wraz z osadami ściekowymi są ogólnie znane i skoncentrowane na zwiększeniu ilości przetworzonych odpadów oraz poprawie efektywności procesu. Brakuje opracowań prezentujących szczegółowy wpływ zastosowania biopreparatów do intensyfikacji procesu kofermentacji odpadów tłuszczowych z osadami ściekowymi, przy zmiennym obciążeniu kosubstratu na efektywność procesu.

Przedstawione w monografii habilitacyjnej wyniki dotyczą zastosowania biopreparatów do poprawy efektywności procesu fermentacji metanowej i oceny ich skuteczności. W badaniach własnych procesowi fermentacji metanowej Habilitantka poddała mieszane osady ściekowe wraz z odpadami tłuszczowymi, wspomaganymi biopreparatami. Zastosowałam dodatek odpadów tłuszczowych (w określonych proporcjach) i osadów ściekowych. Do badań zastosowałam biopreparaty komercyjne: DBC Plus Typ L oraz DBC Plus Typ R5, szczep PCM 2567-FY *Saccharomyces cerevisiae* oraz biopreparat własny.

Za oryginalne osiągnięcie Autorki możnaby uznać propozycję biopreparatu (nazywany przez Autorkę *biopreparat własny*) – mikroorganizmy wyizolowane z fermentowanych osadów ściekowych. Niestety Autorka nie podaje charakterystyki tak uzyskanego biopreparatu, trudno zatem o jego porównanie z biopreparatami komercyjnymi zastosowanymi przez Autorkę (preparaty DBC Plus Typ 1 i Typ R5), mimo zapisu na 46 stronie monografii o konieczności podawania takich charakterystyk, przez ich dostawców. Istotą publikacji naukowych jest takie przedstawienie wyników badań, aby badania mogły zostać powtórzone w innym laboratorium.

Habilitantka wykazała, że zastosowanie biopreparatów pozwala wykorzystać potencjał odpadów tłuszczowych jako kosubstratów zwiększających wydajność procesu produkcji biogazu w procesie kofermentacji. Odpady organiczne stanowią cenny substrat, który może być wykorzystany do biokonwersji w biogaz. Jednak aby uzyskać wysoką wydajność procesu fermentacji metanowej osadów ściekowych z większymi dodatkami odpadów tłuszczowych, konieczne jest wspomaganie przez dodatek odpowiedniej mikroflory lub enzymów.

Ustalenie skutecznej strategii dawkowania biopreparatu jest kluczowe dla uzyskania poprawy efektywności procesu przy zmianie obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń komór fermentacyjnych. Zaburzenia pracy komór fermentacyjnych obserwuje się nie tylko podczas niewłaściwie prowadzonych prac rozruchowych, związanych z zbyt szybkim rozpoczęciem zasilania komór fermentacyjnych z OT w dużych dawkach. Takie działania zwykle prowadzą do wydłużenia adaptacji mikroorganizmów oraz

niestabilnego układu wymagającego dodatkowych działań (korekta pH), wydłużenie czasów zatrzymania. Również destabilizację pracy komór fermentacyjnych obserwuje się podczas dużych obciążeń, którym towarzyszy zakłócenie metanogenezy i spadek zawartości metanu w biogazie. Jest to związane z zbyt wysokim obciążeniem reaktorów ładunkiem organicznym oraz nagromadzenie się produktów pośrednich, blokujących kolejne fazy fermentacji metanowej (spadek wartości pH).

W przeprowadzonych badaniach Autorka zastosowała pulsacyjne dawkowanie OT, które miało na celu symulację procesów zachodzących w warunkach rzeczywistych a dodatek biopreparatów miał za zadanie w jak najkrótszym czasie ustabilizować przebieg procesu fermentacji metanowej. Dotychczasowe badania dotyczące fermentacji osadów ściekowych z odpadami tłuszczowymi, opierały się na ustaleniu maksymalnej dawki odpadów tłuszczowych dla której nie obserwowano zakłócenia prawidłowości procesu oraz obniżenia jego efektywności. Wysokie udziały kosubstratu osiągnęto poprzez stopniową adaptację w celu uzyskania maksymalnej dawki odpadów tłuszczowych w mieszaninie wprowadzanej do reaktora. W warunkach rzeczywistych utrzymanie stabilnej pracy komór fermentacyjnych z dużym udziałem kosubstratu w mieszaninie wymagają stałego źródła odpadów o jednakowej charakterystyce.

Stężenie tłuszczu w osadach ściekowych jest na ogół niskie, a zatem wprowadzenie odpadów tłuszczowych do reaktora beztlenowego z osadami ściekowymi może zmienić aktywność biochemiczną różnych grup mikroorganizmów beztlenowych. Dodanie niewielkiej ilości odpadów może wspomagać aklimatyzację osadów do nowego substratu, co prowadzi do powstania nowej populacji bakterii, która może różnić się od kultury macierzystej lub przynajmniej skutkować nowym rozmieszczeniem bakterii w populacji.

Jako drugie (II) osiągnięcie Autorka przedstawiła cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR), które zatytułowała „**Ocena właściwości nawozowych fosforanu magnezowo-amonowego w środowisku glebowym**” i zaliczyła do niego cztery publikacje, które ukazały się w latach 2018 i 2019.

**P1. WORWAĞ** Małgorzata, Assessment of the Effect of Struvite on the Growth of *Sinapis alba*, Rocznik Ochrona Środowiska, Vol.20, **2018**, ISSN 1506-218X,

**P2. WORWAĞ** Małgorzata, SOBIK-SZOŁTYSEK Jolanta, The Influence of Soil Fertilization with Struvite on Water Efficiency - Lysymetric Columns, Rocznik Ochrona Środowiska, Vol.21, nr 2, 2019;

**P3. WORWAĞ** Małgorzata, SOBIK-SZOŁTYSEK Jolanta, Analysis of Phosphorus Migration into Soil Profiles Fertilized with Struvite, E3S Web of Conferences, Vol.86,

2019; (w:) I International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering 2018, Kraków, Polska.

**P4. WORWAĞ** Małgorzata, (2018) Recovery of Phosphorus as Struvite from Sewage Sludge and Sewage Sludge Ash, Desalination and Water Treatment, Vol.134.

Przedstawione przez Habilitantkę osiągnięcie naukowe dotyczy oceny zastosowania fosforanu magnezowo-amonowego do nawożenia gleby. Wyniki badań pozwoliły na zaproponowanie bardziej zrównoważonej strategii nawożenia fosforanem magnezowo-amonowym jako alternatywnego źródła fosforu w rolnictwie.

### **Pozostała aktywność naukowo-badawcza**

Swoją aktywność naukową i jej rezultaty w postaci publikacji dr Małgorzata Worwąg przedstawiła w zestawieniu (przygotowanym przez Bibliotekę Politechniki Częstochowskiej). Według zestawienia Habilitantka jest autorką bądź współautorką 129 publikacji (w tym 25 są to streszczenia). Indeks Hirscha dr Małgorzaty Worwąg wynosi 10. Należy zwrócić uwagę na ogromną ilość cytowań (635) publikacji w czasopiśmie *Environmental Research*, z 2017 roku (pt: Sewage Sludge Disposal Strategies for Sustainable Development, powstałej we współpracy z dwoma Uniwersytetami w Norwegii).

Ciekawa wydaje się uwaga Biblioteki zapisana przy każdej publikacji (zarówno przy artykułach jak i streszczeniach) *autopsja* – czy ma to oznaczać z własnego doświadczenia?

Zainteresowania naukowe Habilitantki dotyczą unieszkodliwiania osadów ściekowych oraz odpadów. Realizowała je w sześciu projektach badawczych w których była wykonawcą, warto podkreślić uczestnictwo w projektach międzynarodowych: *Biotenmare* w ramach współpracy polsko norweskiej oraz *InnoCO2sorbent* we współpracy z Litwą. W ramach współpracy z zagranicą– poza udziałem w projekcie polsko-norweskim, wspomnianym wcześniej, Habilitantka odbyła krótki staż w Instytucie Technologicznym w Sligo w Irlandii oraz wyjazd dydaktyczny w ramach programu Erasmus.

Habilitantka brała udział (jako wykonawca) w dziewięciu projektach badawczych, w tym w trzech zagranicznych. W ramach tych projektów współpracowała z firmami – oczyszczalnie ścieków oraz Eco Invest.

### **Działalność dydaktyczna**

Dr Małgorzata Warwąg wykazuje szerokie spektrum działalności dydaktycznej realizowanej na Politechnice Częstochowskiej. Obejmuje ono

prowadzenie wykładów i ćwiczeń na kierunkach ochrona środowiska i inżynieria środowiska, biotechnologia, architektura krajobrazu.

Habilitantka jest autorką programów kształcenia i sylabusów dla kierunku Architektura Krajobrazu. Jest promotorem 25 prac magisterskich i inżynierskich. W ramach programu Erasmus+ prowadziła wykład w Kauno Kolegija Higher Education Institution (Litwa). Habilitantka wykazuje ogromną aktywność organizacyjną – aktualnie jest członkiem Senatu Politechniki Częstochowskiej i Prodziekanem na Wydziale Infrastruktury i Środowiska. Była i jest koordynatorem zespołów badawczych na PCz, opiekunem Studenckiego Koła Naukowego EnviBioTeam. Za działalność organizacyjną Habilitantka została uhonorowana pięciokrotnie Nagrodą Rektora Politechniki Częstochowskiej.

#### **Nagrody i wyróżnienia**

Dr Magdalena Warwąg jest laureatką 3 nagród Rektora Politechniki Częstochowskiej za działalność naukową (publikacyjną) oraz 5 za działalność organizacyjną.

#### **Ocena końcowa dorobku habilitacyjnego dr Małgorzaty Worwąg**

Dorobek naukowy Habilitantki mieści się w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Osiągnięcie naukowe dr Małgorzaty Worwąg stanowi wkład w rozwój dyscypliny i odpowiada wymogom określonym w par. 4 ustęp 1. pkt.2. ustawy.

Spośród trzech aspektów oceny dorobku habilitacyjnego: naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego najwyżej oceniam dorobek dr Małgorzaty Worwąg w zakresie organizacyjnym.

#### **Aspekt organizacyjny**

Dr Małgorzata Warwąg jest osobą niezwykle aktywną organizacyjnie, jest członkiem Senatu Politechniki Częstochowskiej oraz Prodziekanem Wydziału Infrastruktury i Środowiska. Jest członkiem komitetów sterujących kilku projektów badawczych. Jest aktywna w zakresie popularyzacji nauki i współpracy z otoczeniem społecznym.

#### **Aspekt dydaktyczny**

Dorobek dydaktyczny dr inż. Magdaleny Warwąg obejmuje prowadzenie zajęć dydaktycznych na Politechnice Częstochowskiej w ponad trzydziestu przedmiotach. Jest autorką programów nauczania i sylabusów dla kierunku

Inżynieria Krajobrazu. . Habilitantka jest promotorem 25 prac magisterskich i inżynierskich oraz promotorem pomocniczym w trzech przewodach doktorskich.

Aspekt naukowy

Jako osiągnięcie naukowe dr inż. Magdalena Worwąg monografię „Zastosowanie biopreparatów do intensyfikacji kofermentacji metanowej osadów ściekowych i odpadów tłuszczowych”

Jako drugie osiągnięcie Habilitantka wskazała cykl czterech publikacji pod wspólnym tytułem „Ocena właściwości nawozowych fosforanu magnezowo-amonowego w środowisku glebowym”. Oba osiągnięcia wnoszą elementy nowości w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Habilitantka opublikowała ponad 100 artykułów w czasopismach i monografiach.

Artykuły powstały w zespołach autorskich, składających się z grona współautorów polskich i zagranicznych. Opublikowane zostały w czasopismach z otwartym dostępem (open access) – co pozwoliło osiągnąć dużą liczbę cytowań, dało to skutek w postaci indeksu Hirscha równego 10.

**Przedstawiony do oceny dorobek dr Małgorzaty Worwąg stanowi wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Stwierdzam, że dr Małgorzata Worwąg spełnienia kryteria stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktor habilitowany.**

*Barbara Tota*