

Dr hab. inż. Tomasz Ciesielczuk, prof. UO
Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii
Wydział Przyrodniczo-Techniczny
Uniwersytet Opolski

Opole, dn. 08.09.2026 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr Katarzyny Wojtowicz
pt. ”Efektywność technik modyfikujących procesy
biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w gruncie z
terenu dołu urobkowego”

1. Podstawa recenzji

Recenzja przedmiotowej rozprawy doktorskiej powstała na wniosek Pana prof. dr hab. Krzysztofa Labusa Przewodniczącego Rady Naukowej dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej, w którym powołuje mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr Katarzyny Wojtowicz.

2. Uwagi ogólne

Praca została napisana na Politechnice Śląskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Teresy Steligi, prof. INiG-PIB – jako promotora w postępowaniu doktorskim.

Tematyka recenzowanej pracy, dotycząca procesów biodegradacji związków ropopochodnych znajduje się w obszarze moich zainteresowań naukowych.

Uznaję, że praca wnosi wkład w rozwój teorii i praktyki w dyscyplinie nauk inżynierii środowiska.

Wybór Autorki odnośnie do tematyki badawczej należy uznać za trafny, aktualny i istotny ze względów praktycznych, nie tylko z punktu widzenia jakości poszczególnych komponentów środowiska, w tym głównie gleby, ale także z uwagi na kontekst ekonomiczny i społeczny. Wzbogacanie wiedzy w obszarze możliwości wspomagania procesów biodegradacji związków ropopochodnych, przyczynia się bowiem w zasadniczy sposób do zaproponowania nowych metod lub wykluczenia niektórych nieefektywnych, szkodliwych lub nieekonomicznych. Autorka przeprowadziła badania kluczowe z punktu widzenia efektywności procesów biodegradacji przebiegających w warunkach laboratoryjnych oraz prowadzonych w skali półtechnicznej, wzbogacając je o własne modyfikacje, co jest istotnym

elementem nowości w rozpatrywanym kontekście – możliwości wspomagania procesów rozkładu, a co za tym idzie bezpieczeństwa środowiskowego oraz zdrowotnego w gospodarowaniu gruntami i glebami zaolejonymi.

3. Tytuł, zasadnicze aspekty metodologiczne i ogólna charakterystyka pracy

Tytuł pracy – „Efektywność technik modyfikujących procesy biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w gruncie z terenu dołu urobkowego” bezpośrednio nawiązuje do podjętego w pracy problemu badawczego i jest spójny zawartością treściową całej rozprawy.

Tezę pracy sformułowano w postaci stwierdzenia: „głębsze doczyszczenie gruntów z dołów urobkowych można będzie osiągnąć poprzez modyfikację istniejących technik bioremediacyjnych i opracowanie zintegrowanych strategii zwiększających efektywność biodegradacji węglowodorów ropopochodnych”.

Głównym celem naukowym rozprawy była identyfikacja i analiza kluczowych parametrów umożliwiających kompleksową ocenę efektywności zaproponowanych strategii bioremediacji gruntów z dołów urobkowych.

Celem użytkowym było opracowanie skutecznych i przyjaznych dla środowiska metod oczyszczania gleb zanieczyszczonych węglowodorami ropopochodnymi, umożliwiających przywrócenie właściwości użytkowych terenów zdegradowanych.

Struktura dysertacji została oparta na 7 publikacjach anglojęzycznych (tzw. składka publikacji spójnych stanowiąca osiągnięcie naukowe) oraz 9 rozdziałów zawierających szczegółowe omówienie treści zawartych w artykułach (wprowadzenie do tematyki badawczej, cel i hipotezy, charakterystykę badanych gruntów oraz metodykę, weryfikację hipotez badawczych i wnioski. Ponadto w skład rozprawy weszły następujące części: bibliografia, streszczenia (polskie i angielskie), i spis literatury.

Część pierwsza rozprawy to charakterystyka zanieczyszczeń oraz stosowanych technik bioremediacji. Rozdział zawiera także charakterystykę gruntów z dołów urobkowych oraz tezę i cele pracy. Należy zaznaczyć, że grunty te były zanieczyszczone w stopniu znacznym, przekraczającym nawet 340g TPH/kg, co w eksperymentach bioremediacyjnych spotyka się bardzo rzadko. W części drugiej Autorka opisuje materiały metody badawcze.

W rozdziale 2 przedstawiono nie tylko zastosowane metody badań, ale także szczegółowo opisano przygotowanie prób gleby poprzez wzbogacanie w biogeny i regulację odczynu. Zastosowane biopreparaty były w większości pozyskane z kolekcji własnych. Do modyfikacji podłoża zastosowano biosurfaktanty dostępne komercyjnie, ale także – co jest cenne - uzyskane samodzielnie. Do badań fitoremediacyjnych zastosowano rośliny uprawne odpowiednie do takich działań, ale także dzikie pozyskane z terenu zanieczyszczonego produktami ropopochodnymi - a zatem przystosowanymi do niekorzystnych warunków glebowych. Do oceny toksyczności zastosowano sprawdzone i stosowane do celów naukowych testy Phytotoxkit™, Ostracodtoxkit™, Microtox® oraz test toksyczności chronicznej MARA. Badanie węglowodorów przeprowadzono wykorzystując techniki GC-FID, GC-ECD oraz HPLC.

W rozdziałach 3-8 zamieszczono opis prac prezentowanych w artykułach będących podstawą osiągnięcia naukowego. Ciekawym i nowatorskim podejściem jest zwrócenie uwagi na możliwość wspomagania procesów bioremediacji poprzez zastosowanie nanomateriałów w tym opartych o tlenek grafenu oraz wspomaganie działania biopreparatów poprzez dodatek biosurfaktantów. Ciekawym rozwiązaniem jest również testowanie roślin dziko rosnących (sitowie leśne *Scirpus sylvaticus* i ostrożeń warzywny *Cirsium oleraceum*) na terenach zaolejonych do procesu fitoremediacji

Rozdział ostatni zawiera spis literatury. Spis ten obejmuje 254 pozycje.

Osobną część pracy stanowią artykuły naukowe stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego. W 6 na 7 publikacji Pani mgr Katarzyna Wojtowicz jest Autorem wiodącym (pierwszym). Autorka posiada sumaryczne wartości wskaźników bibliometrycznych – H-index 7, współczynnika wpływu (wskaźnik IF) wynoszącego 33,237 przy liczbie cytowań 241.

Cele szczegółowe dysertacji obejmowały:

- wpływ dodatków γ -PGA i biosurfaktantów na przyspieszenie biodegradacji, co zostało potwierdzone (Artykuł 1) na podstawie porównania tempa przemian po zastosowaniu biopreparatu oraz biopreparatu zawierającego dodatek γ -PGA. Ponadto w Artykule 2 wykazano wzrost efektywności biodegradacji poprzez zastosowanie biosurfaktantów.
- Wpływ zastosowania grzybów jako elementu biopreparatu do degradacji ropopochodnych. Cel został zrealizowany na podstawie porównania tempa biodegradacji preparatu bakteryjnego i bakteryjno grzybowego, także w odniesieniu do WWA.
- Ocenę biodegradacji za pomocą roślin uprawnych w połączeniu z bioaugmentacją. Cel potwierdzono na podstawie badań z wykorzystaniem kukurydzy i jeżówki purpurowej wspomaganych preparatami bakteryjnymi także w modyfikacji dodatkiem γ -PGA.
- Ocenę biodegradacji za pomocą dzikich roślin (sitowie leśne *Scirpus sylvaticus* i ostrożeń warzywny *Cirsium oleraceum*) pozyskanych z terenów zanieczyszczonych związkami ropopochodnymi, przez co były one już zaadaptowane do niekorzystnie przekształconego podłoża. Cel ten potwierdzono m.in. badaniami toksykologicznymi i chromatograficznymi.
- Oceny wpływu dwóch nanomateriałów w kombinacji z biopreparatem na efektywność degradacji zanieczyszczeń w tym poprzez obecność życia trwałej. Cel potwierdzono w przypadku obu zastosowanych nanomateriałów, c potwierdzono analizami chromatograficznymi oraz na podstawie oceny wzrostu biomasy roślin.
- Oceny wpływu związków z grupy PCB na tempo biodegradacji. Autorka nie wykazała wpływu niskich stężeń PCB na tempo biodegradacji TPH a ponadto zanotowano znaczną degradację PCB potwierdzoną wynikami testu mutagenności Ames.

Należy stwierdzić, iż wszystkie założenia postawione na początku pracy znalazły odzwierciedlenie w przedstawionych wynikach i wnioskach.

Analizując uzyskane przez Autorkę pracy wyniki, należy stwierdzić, że zarówno przeprowadzone analizy chromatograficzne (tj. określenie stężeń TPH, alkanów łańcuchowych oraz WWA), badania respirometryczne, analizy toksyczności wykonane za pomocą testów Phytotoxkit™, Ostracodokit™, Microtox® oraz test toksyczności chronicznej MARA (ten ostatni szczególnie istotny w przypadku PCB), wskazują jednoznacznie na efektywność zaproponowanych metod – w tym zastosowanie modyfikowanych biopreparatów, roślin oraz nanomateriałów. Co ważne, badania przeprowadzone w skali laboratoryjnej, zostały potwierdzone w testach prowadzonych w skali półtechnicznej, dla których uzyskano porównywalne wyniki spadku stężeń węglowodorów, co wskazuje na możliwość skalowania zaproponowanych przez Autorkę metod. Kluczowymi wynikami są oznaczenia wskazujące na spadek zawartości substancji ropopochodnych w badanych glebach oraz wykazujące spadek toksyczności prób po przeprowadzonych przez Autorkę procesach.

Na podstawie wyciągniętych przez Autorkę wniosków, stwierdzam, iż uzyskane wyniki zostały prawidłowo zinterpretowane, w tym w oparciu o analizę statystyczną danych (m.in. jednoczynnikowa analiza wariacji raz test Tukeya), wykazując jednoznacznie wysoką efektywność zastosowanych - bardzo zróżnicowanych metod – doczyszczania gruntu z substancji ropopochodnych w tym z substancji stosunkowo opornych na biodegradację takich jak WWA i PCB.

Uwagi krytyczne i sugestie

Pomimo, że pracę tę oceniam wysoko, moją uwagę zwróciły następujące drobne mankamenty:

- 1) Autorka zamiennie stosuje terminy gleba oraz grunt w odniesieniu do materiału objętego badaniami. Wydaje się, że określenie grunt jest tu właściwe, co także sugeruje tytuł rozprawy.
- 2) Niektóre z zamieszczonych rycin mają legendę wydrukowaną nieco zbyt drobną czcionką, co wymusza u czytelnika napiętą uwagę.
- 3) Nazwy łacińskie roślin zastosowanych w testach mogłyby być uzupełnione o nazwy polskie, dla szybszej identyfikacji przez czytelnika nie będącego botanikiem.
- 5) Forma edytorska jest doskonała, a warstwa językowa tej pracy zasługuje na ocenę bardzo dobrą – Autorka nie uniknęła jednak nielicznych błędów interpunkcji/literówek, co oczywiście nie wpływa na jakość pracy.

Wnioski końcowe

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Katarzyny Wojtowicz posiada następujące cechy:

- 1) Powstała na znaczącej bazie artykułów naukowych opublikowanych w istotnych czasopiśmie sygnowanych wysokimi wskaźnikami IF. Wybór publikacji spójnych jest właściwy, co sprawia, że praca jako całość pozostała przejrzysta i komplementarna.

2) W opisanych pracach zastosowano odpowiednią konwencję prowadzącą w logiczny sposób do zaprojektowania i przeprowadzenia niezbędnych badań.

3) Autorka biegle posługuje się odpowiednimi metodami zarówno analizy prób, jak i interpretacji uzyskanych wyników.

4) Pomimo swojej złożoności, praca jest starannie opracowana edytorsko, a w rozdziałach i załączonych artykułach naukowych ilustrowana tabelami i wykresami, co ułatwia i przyspiesza zapoznanie się czytelnika z zawartością naukową.

5) Autorka posługuje się dobrą polszczyzną. Opisowa część rozprawy podana jest w sposób atrakcyjny i zrozumiały, dostępny nawet dla czytelnika spoza obszaru wiedzy omawianego w dysertacji, pomimo że w wielu fragmentach konieczne było zastosowanie specyficznej terminologii.

Nieliczne wskazane w tej recenzji krytyczne uwagi szczegółowe, nie zmieniają mojej wysokiej oceny rozprawy jako całości.

Recenzowana praca doktorska Pani mgr Katarzyny Wojtowicz jest samodzielnym, oryginalnym rozwiązaniem zaprezentowanego w niej celu naukowego. Autorka podjęła bardzo aktualny temat, który ma istotne znaczenie z punktu widzenia praktycznego. Trafnie określiła założenia dotyczące analizy problemu i z sukcesem zastosowała właściwe metody badawcze.

Doktorantka wykazała się odpowiednią ogólną wiedzą z zakresu gospodarki odpadami niebezpiecznymi (grunt zaolejony) w odniesieniu do problematyki biodegradacji związków ropopochodnych w warunkach laboratoryjnych oraz w skali półtechnicznej, a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Oceniając wartość naukową przedstawionych zagadnień oraz dużą wiedzę Autorki i znaczny nakład pracy, wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy doktorskiej.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr Katarzyny Wojtowicz spełnia warunki zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.) i niniejszym wnoszę o dopuszczenie jej do dalszych etapów procedury ubiegania się o stopień naukowy doktora.

Podpisał Tomasz Ciesielczuk