

Puławy, dn. 30.09.2026 r.

prof. dr hab. Anna Gałązka
Zakład Mikrobiologii IUNG-PIB

RECENZJA

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

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr Katarzyny Wojtowicz została wykonana w Zakładzie Technologii Eksploatacji Płynów Złożowych Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego w Krakowie. Promotorem rozprawy doktorskiej była dr hab. inż. Teresa Steliga, prof. INiG-PIB. Recenzję rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Wojtowicz przygotowano na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej prof. dr hab. Krzysztofa Labusa.

1. Uwagi ogólne i znaczenie podjętej tematyki badań.

Problematyka omawianej rozprawy doktorskiej dotyczy bardzo aktualnej tematyki zanieczyszczenia gleb substancjami ropopochodnymi, w tym wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi (WWA) oraz porównania efektywności technik modyfikujących procesy biodegradacji tych zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia tego typu stanowią poważne zagrożenie dla właściwości fizykochemicznych i biologicznych środowiska glebowego, a ich usuwanie lub ograniczanie wymaga zastosowania skutecznych i możliwie przyjaznych środowisku metod. Szczególne znaczenie w tym zakresie mają technologie wykorzystujące naturalne procesy biodegradacji, których efektywność może być zwiększana poprzez odpowiednią modyfikację warunków środowiskowych. Ocena wpływu zastosowanych technik na przebieg biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych pozwala na określenie ich przydatności w praktycznych działaniach remediacyjnych. Praca odnosi się zatem do zagadnienia o znaczeniu zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Trwałe zanieczyszczenia organiczne emitowane są do środowiska głównie ze źródeł antropogenicznych i charakteryzują się wysoką toksycznością, trwałością i zdolnością do bioakumulacji. Biologiczny rozkład substancji organicznych przez mikroorganizmy wykazujące często działanie synergistyczne, jest jednym z najefektywniejszych i najbezpieczniejszych sposobów usuwania ich ze środowiska a zarazem procesem długotrwałym i wieloetapowym. Zagrożenie takie widoczne jest szczególnie na glebach poddanych długoletniej i silnej antropopresji przemysłowej. Ważny jest tu oczywiście rodzaj emisji i jej natężenie oraz depozycja w glebie, ale również należy brać pod uwagę sposób użytkowania przestrzeni wraz z jej naturalnymi cechami, takimi jak rodzaj i właściwości gleb, czy też warunki klimatyczne oraz bioróżnorodność mikrobiologiczną środowiska glebowego. Badanie tych procesów powinno mieć charakter interdyscyplinarny. Doktorantka w swojej rozprawie podjęła bardzo szerokie badania obejmujące zarówno wpływ biosurfaktantów, γ -PGA, wyselekcjonowanych mikroorganizmów, nanomateriałów oraz roślin dziko rosnących na efektywność biodegradacji i fitoremediacji gleb zanieczyszczonych. Dobór technik oraz metod badawczych uważam za bardzo szeroki i odpowiednio dobrany. Stąd też zastosowanie wybranych technik w celu zwiększenia biodegradacji i fitoremediacji gleb skażonych uważam za bardzo ciekawy i nowatorski pomysł Doktorantki.

Gleba jest siedliskiem życia różnych organizmów i nie powinna stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz stanu środowiska (bioróżnorodności). Stąd też wszelkie próby podjęcia badań dotyczących rekultywacji terenów skażonych uważam za bardzo cenne i potrzebne. W ten nurt wpisuje się tematyka pracy doktorskiej mgr Katarzyny Wojtowicz. Należy również dodać, że pomimo bardzo licznych publikacji na powyższy temat, metody badań dotyczące zastosowania wybranych technik remediacyjnych wydają się być ciągle niedostatecznie i słabo poznane, szczególnie w warunkach *in situ* tj. realnego zanieczyszczenia gleb tymi związkami. W powyższym kontekście problematyka ocenianej pracy doktorskiej **ma znaczenie praktyczne** ze względu na możliwości wdrażania osiągniętych wyników badań do praktyki.

Recenzowana rozprawa doktorska opiera się zarówno na laboratoryjnych metodach podstawowych jak i metodykach doświadczalnych z udziałem roślin. Warte podkreślenia są bardzo szerokie i szczegółowe badania obejmujące całość rozprawy doktorskiej.

2. Ocena formalna i merytoryczna rozprawy doktorskiej

Opiniowana rozprawa doktorska ma postać spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.). W skład rozprawy doktorskiej wchodzi aż siedem publikacji naukowo-badawczych oraz sześć publikacji wspomagających. Są to oryginalne prace naukowe. W każdej z nich Doktorantka jest pierwszym autorem, co świadczy o Jej znaczącym udziale w powstawaniu tych prac. Do dokumentacji zostały dołączone oświadczenia pozostałych autorów publikacji, w tym Doktorantki w powstawanie pracy. Zbiór publikacji stanowiących osiągnięcie stanowi spójne omówienie rezultatów badań zawartych w następujących publikacjach:

1. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, T. Skalski, Evaluation of the Effectiveness of the Biopreparation in Combination with the Polymer γ -PGA for the Biodegradation of Petroleum Contaminants in Soil, Materials, Volume 15(2), 400, 2022. DOI: 10.3390/ma15020400 (IF2022 = 3,4); 28 cytowań
2. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, T. Skalski, P., Kapusta, Influence of Biosurfactants on the Efficiency of Petroleum Hydrocarbons Biodegradation in Soil, Sustainability, Volume 17(14), 6520, 2025. DOI: 10.3390/su17146520 (IF2025 = 3,3); 5 cytowań
3. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, Oil-Contaminate Soil Remediation with Biodegradation by Autochthonous Microorganisms and Phytoremediation by Maize (*Zea mays*), Molecules, Volume 28(16), 6104, 2023. DOI: 10.3390/molecules28166104 (IF2023 = 4,2); 29 cytowań
4. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, P., Kapusta, Evaluation of the Effectiveness of Bioaugmentation-Assisted Phytoremediation of Soils Contaminated with Petroleum Hydrocarbons Using *Echinacea purpurea*, Applied Sciences (Basel), Volume 13(24), 13077, 2023. DOI: 10.3390/app132413077 (IF2023 = 2,5); 14 cytowań
5. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, J. Brzeszcz, J. Fyda, T. Skalski, P., Kapusta, Phytoremediation of soil contaminated with petroleum hydrocarbons using the wild plants *Scirpus sylvaticus* and *Cirsium oleraceum*, supported by bioaugmentation, International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 206, 106217, 2026. DOI: 10.1016/j.ibiod.2025.106217 (IF2025 = 4,1); 6 cytowań
6. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, P., Kapusta, J. Brzeszcz, The Role of Graphene Oxide and Zinc Oxide Nanoparticles in Enhancing the Effectiveness of Phytoremediation of Petroleum

Hydrocarbon-Contaminated Soils Using *Lolium perenne*, *Molecules*, Volume 31(5), 890, 2026. DOI: 10.3390/molecules31050890

(IF2026 = 4,6); 0 cytowań

7. T. Steliga, Katarzyna Wojtowicz, P., Kapusta, J. Brzeszcz, Assessment of Biodegradation Efficiency of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Soil Using Three Individual Bacterial Strains and Their Mixed Culture, *Molecules*, Volume 25(3), 709, 2020. DOI 10.3390/molecules25030709 (IF2020 = 4,927); 69 cytowań

Publikacje dodatkowe:

1. Katarzyna Wojtowicz, T. Steliga, Wpływ mieszaniny biosurfaktantów na efektywność bioremediacji gruntu zanieczyszczonego węglowodorami ropopochodnymi, 80(5), 269- 278, 2024. DOI: 10.18668/ng.2024.05.02
2. Katarzyna Wojtowicz, Opracowanie metodyki oznaczania BTEX w próbkach gleb z wykorzystaniem chromatografii gazowej z przystawką headspace, *Nafta-Gaz*, 74(3), 201-207, 2018. DOI: 10.18668/NG.2018.03.03
3. Katarzyna Wojtowicz, Opracowanie metodyki oznaczania polichlorowanych bifenyli w próbkach gleb, *Nafta-Gaz*, 75(7), 420-429, 2019. DOI: 10.18668/NG.2019.07.06
4. Katarzyna Wojtowicz, Piotr Jakubowicz, Opracowanie metodyki oznaczania WWA w próbkach gleb z wykorzystaniem chromatografii cieczowej HPLC, *Nafta-Gaz*, 78(2), 141-153, 2022, DOI: 10.18668/ng.2022.02.06
5. T. Steliga, P. Jakubowicz, P. Kapusta, Katarzyna Wojtowicz, Efektywność biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych w zesterzonym odpadzie z dołu urobkowego, *Nafta-Gaz*, 74(10), 752-758, 2018. DOI: 10.18668/NG.2018.10.07
6. T. Steliga, P. Jakubowicz, Katarzyna Wojtowicz, D. Kluk, Zastosowanie testów toksykologicznych w przemyśle naftowym, *Nafta-Gaz*, 74(9), 684-689, 2018. DOI: 10.18668/NG.2018.09.07

Załączone do dysertacji publikacje zostały poprzedzone bardzo szczegółowym opracowaniem zawierającym opis poszczególnych prac wraz z ich wynikami. Należy także podkreślić, iż publikacje główne stanowiące rozprawę doktorską charakteryzują się wysoką cytowalnością, co potwierdza ich jakość i aktualność docenioną w środowisku naukowym.

Sumaryczny Impact Factor publikacji stanowiących zbiór artykułów według roku publikacji wynosi 27,027. Są to zatem bardzo dobre wskaźniki i dowodzą, że oryginalne publikacje twórcze stanowią istotną i bardzo wartościową część rozprawy doktorskiej.

Wszystkie prace są współautorskie, a wkład Doktorantki w ich powstanie jest znaczący, co potwierdza Jej kluczową rolę na wszystkich etapach powstawania rozprawy. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że wyniki badań stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej ukazały się drukiem w renomowanych czasopismach z wysokim współczynnikiem IF, takich jak: *Materials, Sustainability, Molecules, Applied Sciences, International Biodeterioration & Biodegradation*.

Poniżej przedstawiam moje uwagi i pytania dotyczące niniejszej rozprawy doktorskiej:

- Doktorantka zastosowała bardzo liczne techniki remediacyjne, co z jednej strony wnosi wiele cennych wyników do niniejszej pracy, zaś z drugiej strony sprawia pytanie o możliwości łączenia tych metod ze sobą i ich ocenę ekonomiczną w kontekście zastosowania w praktyce. Czy takie rozwiązania są już wprowadzone do praktyki? Jakie są koszty takich praktyk?
- proszę o odpowiedź na pytanie: która z badanych przez Panią technik modyfikujących procesy remediacyjne w Pani opinii jest najwłaściwsza w zależności od rodzaju zanieczyszczenia oraz typu gleby? Która z tych metod należałoby zastosować w pierwszej kolejności po bezpośrednim zanieczyszczeniu gleby substancjami ropopochodnymi? Czy w Pani opinii łączenie tych technik przy zanieczyszczeniu gleb może stanowić dobre praktyczne rozwiązanie remediacyjne? Proszę także krótko omówić samoczynny, naturalny proces oczyszczenia gleb z substancji ropopochodnych.
- proszę o odpowiedź na pytanie: jakie według Pani właściwości powinien posiadać szczep, aby mógłby być użyty w biopreparacie do remediacji gleb zanieczyszczonych ropopochodnymi? Czy taki szczep powinien występować pojedynczo czy w konsorcjum?
- Doktorantka przedstawiła w rozprawie w rozdziale **Podsumowanie i wnioski** aż piętnaście stwierdzeń (bo raczej nie wniosków) na potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej. W mojej opinii w tej części pracy zdecydowanie zabrakło jasno ujętych wniosków będących efektem przeprowadzonych badań. Proszę o przedstawienie trzech najważniejszych wniosków, które uważa Pani za najcenniejsze w swoich badaniach.

3. Wniosek końcowy

Podsumowując recenzowana rozprawa doktorska stanowi bardzo cenne i ciekawe rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr Katarzyny Wojtowicz. Doktorantka dowiodła, iż posiada dużą wiedzę w powyższej tematyce, jak również potrafi przeprowadzić badania metodyczne związane z powyższą tematyką. Moim zdaniem sformułowany problem badawczy został osiągnięty a zaplanowany zakres badań zrealizowany. Doktorantka w pełni potwierdziła wynikami badań postawioną hipotezę brzmiącą iż, „*głębsze doczyszczanie gruntów z dołów urobkowych można będzie osiągnąć poprzez modyfikację istniejących technik bioremediacyjnych i opracowanie zintegrowanych strategii zwiększających efektywność biodegradacji węglowodorów ropopochodnych*”. Wykorzystany przez Doktorantkę warsztat naukowo-badawczy jest bardzo szeroki i odpowiednio dobrany, a uzyskane wyniki umożliwiły osiągnięcie zakładanych na wstępie założeń pracy. Dysertacja nie budzi zastrzeżeń pod względem formalnym i merytorycznym.

W świetle powyższej recenzji stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny praca w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z obowiązującą podstawą prawną. Wnoszę więc do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pani mgr Katarzyny Wojtowicz do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Jednocześnie ze względu na duże walory poznawcze i aplikacyjne otrzymanych wyników badań oraz zwracając szczególną uwagę na jego wymiar praktyczny i szczegółowość badań wnoszę wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej Pani mgr Katarzyny Wojtowicz stosowną nagrodą. Swoją rekomendację popieram także opublikowaniem przez Doktorantkę publikacji w renomowanych, wysokimpaktowych czasopismach naukowych, które na dzień dzisiejszy osiągnęły już wysoką cytowalność. Ponadto na docenienie zasługuje obszerność całej dysertacji, której wyniki zostały ujęte aż w siedmiu publikacjach badawczych oraz sześciu publikacjach wspomagających.

prof. dr hab. Anna Gałązka



Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy



Jednostka organizacyjna IUNG-PIB Zakład Mikrobiologii
Osoba do kontaktu: prof. dr hab. Anna Gałązka
Telefon: 814786950
Adres e-mail: agalazka@iung.pulawy.pl