

Lublin, 05.06.2025

prof. dr hab. Magdalena Frąć
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego
Polskiej Akademii Nauk
Zakład Badań Systemu Gleba-Roślina
Laboratorium Mikrobiologii Molekularnej i Środowiskowej
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Pasonia

**pt. „Zastosowanie alg prokariotycznych i eukariotycznych do wspomagania procesu
oczyszczania ścieków komunalnych”**

Rozprawa doktorska **mgra inż. Łukasza Pasonia** została wykonana w Katedrze Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej, pod kierunkiem promotora dr hab. Ewy Stańczyk-Mazanek, prof. PCz.

1. Formalna ocena rozprawy doktorskiej – struktura rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgra inż. Łukasza Pasonia liczy 243 strony, a jej kompozycja i układ obejmują wprowadzenie do tematu, a także całość przeprowadzonych eksperymentalnych prac badawczych wraz z hipotezami badawczymi, celami pracy i wnioskami. W skład rozprawy wchodzi streszczenia w języku polskim i angielskim, wykaz skrótów, wprowadzenie, rozbudowana część teoretyczna, cel i zakres pracy, część badawcza, wyniki badań, dyskusja wyników, wnioski i spis literatury, liczący 233 pozycje, które w około 50% zostały opublikowane w ciągu ostatnich 10 lat.

Przedstawione w rozprawie doktorskiej zagadnienia podkreślają znaczenie alg w inżynierii środowiska, przemyśle i biotechnologii, ze szczególnym uwzględnieniem produkcji biogazu, biopaliw ciekłych i biowodoru. W rozprawie podkreślono znaczenie mikroalg w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i rolnictwie. Rozprawa zawiera szczegółowe omówienie możliwości wykorzystania mikroglonów w procesie oczyszczania ścieków i spalin. W pracy dokonano też przeglądu instalacji do hodowli mikroalg, a także nakreślono problemy z zastosowaniem mikroalg w praktyce. W ramach części teoretycznej poruszono również zagadnienia systematyki mikroalg i ich właściwości biologicznych, a następnie w części badawczej szczegółowo omówiono rodzaje i gatunki alg wykorzystanych w ramach przeprowadzonych eksperymentów. Moim zdaniem tak szczegółowa charakterystyka rodzajów i gatunków alg powinna być elementem części teoretycznej, a nie metodycznej

części rozprawy. Przedstawiona w części teoretycznej dysertacji problematyka stanowi kompleksowe opracowanie, będąc dobrym wprowadzeniem do wyników zawartych w ocenianej rozprawie doktorskiej, a poszczególne rozdziały pracy są ze sobą powiązane. Wobec konieczności poszukiwania alternatywnych źródeł energii oraz biologicznych metod oczyszczania ścieków, stoimy przed wyzwaniem konieczności zrewidowania stosowanych dotychczas rozwiązań, a tym samym wskazania kierunków istotnych dla ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju. Doktorant w swojej dysertacji podkreślił, że mikroalgi stanowią doskonałą alternatywę dla tradycyjnych metod usuwania azotu i fosforu ze ścieków, przy jednoczesnych możliwościach wykorzystania ich biomasy po oczyszczeniu ścieków jako substratów do produkcji biopaliw, stanowiąc istotny element biogospodarki cyrkularnej. Dlatego poruszane zagadnienia stanowią element istotny również z aplikacyjnego punktu widzenia. Chociaż praca ma logiczną i spójną strukturę, to biorąc pod uwagę układ pracy wątpliwość budzi przedstawienie przez Doktoranta na około 100 stronach pracy wykresów i tabel, do których nie znalazłam szczegółowego omówienia uzyskanych wyników badań. Zabrakło mi również odniesienia do tabel i rysunków w części dyskusja wyników. Odniesienia dotyczą tylko wybranych wykresów i tabel, stąd nasuwa się pytanie celowości i zasadności umieszczenia w głównej części pracy tych wyników, które mogłyby stanowić tylko suplement do przeprowadzonych badań i najbardziej istotnych rezultatów. Dlatego też podczas publikacji wyników badań uzyskanych przez Doktoranta zalecam gruntowne przemyślenie struktury poszczególnych manuskryptów wraz z wybraniem wyników, które zostaną szczegółowo opisane i zaprezentowane w manuskryptach. Aktualne tendencje publikacyjne, stawiają bowiem na jakość, a nie ilość uzyskiwanych danych wraz z odpowiednią analizą statystyczną i liczbą powtórzeń. Ponadto w rozprawie jest wiele błędów językowych, ortograficznych i interpunkcyjnych np. „wyniki badan”, „w wypadku oleju”, „rezultaty uzyskan można”, „biomolekół”, „alg w do nawożenia”, „w ściekach komunalnym występują”, „dobrą wydajności procesu”, „mikroflory”, „teoretyczne zakłada się”. Te niedociągnięcia należy poprawić na etapie publikacji wyników badań. Z wyjątkiem części prezentującej wspomniane wyżej wykresy i tabele oraz braki w opisie uzyskanych wyników badań objętość rozprawy jest adekwatna do poruszanej problematyki i osiągniętych wyników. Tytuł dysertacji został sformułowany poprawnie i odzwierciedla treść rozprawy. **Pomimo przedstawionych powyżej niedociągnięć, biorąc pod uwagę całokształt pracy, pod względem formalnym pozytywnie oceniam przedłożoną do oceny rozprawę doktorską.**

2. Znaczenie i aktualność podjętej tematyki badawczej rozprawy

Przedstawiona do oceny problematyka rozprawy doktorskiej jest istotna z punktu widzenia ochrony środowiska, ekologii i biotechnologii. Poruszany w rozprawie doktorskiej temat dotyczący oczyszczania ścieków komunalnych z wykorzystaniem alg jest ważny i aktualny w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Chociaż badania z tego zakresu prowadzone są od wielu lat, i wiadomo, że glony mają duże znaczenie dla oczyszczania środowisk zanieczyszczonych i efektywnie wzmacniają procesy oczyszczania, to wciąż istnieją bariery ich praktycznego wykorzystania, a ze względu na bardzo zróżnicowane właściwości ścieków niezbędna jest optymalizacja i dobór właściwych rodzajów, gatunków i szczepów alg, które byłyby efektywne i dostosowane do oczyszczania konkretnych ścieków. Ze względu na różnice w budowie i metabolizmie między algami prokariotycznymi i eukariotycznymi ich efektywność w procesach oczyszczania ścieków może być zmienna, stąd Doktorant podjął badania zmierzające do wyjaśnienia efektywności tych organizmów przy różnym obciążeniu ścieków, uwzględniając również czas potrzebny do ich oczyszczenia, co zasługuje na uwagę i stanowi istotny i aktualny element prac badawczych.

Tematyka badawcza rozprawy doktorskiej ukierunkowana na wykazanie przydatności wybranych gatunków mikroalg do wspomagania procesu oczyszczania ścieków komunalnych oraz wykazanie różnic pomiędzy gatunkami mikroalg w efektywności oczyszczania ścieków, dotyczy bardzo ważnych zagadnień z zakresu ochrony środowiska i biotechnologii, przyczyniając się do rozwoju efektywnych rozwiązań oczyszczania ścieków opartych o metody biologiczne. Ze względu na to, że urbanizacja, zmiany klimatu i przyzwyczajenia człowieka, sprawiają, że obserwowane jest coraz większe obciążenie ścieków, stanowiąc wyzwanie dla procesów oczyszczania, konieczne jest poszukiwanie wydajnych, ekonomicznych i przyjaznych środowisku rozwiązań oczyszczania ścieków. Stąd zagadnienia podjęte przez Doktoranta dotyczą ważnych problemów sektora inżynierii środowiska i biotechnologii, które są aktualne i istotne z punktu widzenia poznawczego i utylitarnego.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Pasonia obejmuje badania dotyczące charakterystyki ścieków oczyszczanych z wykorzystaniem mikroalg, wpisując się w założenia i koncepcje pro-środowiskowe, dostarczające alternatywnych możliwości biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych. Tematyka badawcza podjęta przez Doktoranta w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej wpisuje się w dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

3. Merytoryczna analiza rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska zawiera dobrze przygotowaną część wprowadzającą, w której Doktorant opisuje dotychczasowy dorobek naukowy dotyczący wykorzystania alg w wielu obszarach gospodarki, w szczególności podkreślając ich znaczenie dla oczyszczania ścieków oraz produkcji biopaliw. Doktorant w ten sposób daje wyraz swojej orientacji w najnowszych osiągnięciach badawczych nad wykorzystaniem glonów, a także potwierdza znajomość systematyki tej grupy organizmów i ich właściwości metabolicznych. W tej części pracy Doktorant przedstawił również zastosowania biotechnologiczne mikroglonów w rolnictwie, farmacji i kosmetologii, a także omówił bariery praktycznego wykorzystania mikroglonów, co uważam za cenny dodatek podkreślający wielokierunkowość i kompleksowość tej grupy organizmów.

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było określenie przydatności wybranych gatunków mikroalg prokariotycznych i eukariotycznych do wspomagania procesu oczyszczania ścieków komunalnych wraz z wykazaniem różnic pomiędzy badanymi gatunkami mikroglonów. Celem użytkowym pracy było wykazanie wzrostu efektywności procesu oczyszczania ścieków przy zastosowaniu mikroalg oraz możliwości uzyskania biomasy. Zamierzony cel został osiągnięty poprzez szczegółowe i dobrze zaplanowane badania obejmujące charakterystykę parametrów ścieków komunalnych w różnych wariantach oczyszczania wspomaganych różnymi rodzajami i gatunkami mikroglonów. Warto podkreślić, że część metodyczna rozprawy oraz analiza uzyskanych rezultatów wskazuje, że Doktorant musiał opanować wiele metod badawczych, w tym metody mikrobiologicznej hodowli mikroglonów, metody analizy ścieków obejmujące oznaczenie azotu ogólnego, fosforu ogólnego, zawiesiny, odczynu i węgla ogólnego, metody spektrofotometryczne do oznaczania jonów amonowych i azotanów. Doktorant zamieścił w dysertacji schematyczny przebieg prowadzonych eksperymentów, pokazujący poszczególne etapy prac badawczych. W wyniku przeprowadzonych badań Doktorant uzyskał wyniki, które dotyczą parametrów jakościowych i ilościowych ścieków komunalnych poddanych oczyszczaniu w różnych wariantach wspomaganych mikroglonami. Przeprowadzone badania są ważne pod względem poznawczym i użytkowym i nie budzą zastrzeżeń natury merytorycznej. Doktorant wykorzystał w badaniach cały szereg mikroglonów, jednakże nie podał w części metodycznej metod i konkretnych markerów, na podstawie których

potwierdził przynależność rodzajową i gatunkową testowanych mikroglonów. Stąd chciałabym poprosić o przytoczenie tych informacji podczas obrony rozprawy doktorskiej.

W ramach kolejnych rozdziałów – Wyniki oraz Dyskusja wyników, Doktorant przedstawił tylko pobieżnie, a także wybiórczo opisał rezultaty uzyskanych badań konfrontując je z danymi literaturowymi. Należy ponownie podkreślić, że w części „Wyniki” zabrakło szczegółowego omówienia wyników zaprezentowanych na wykresach i zestawionych w tabelach, co bezwzględnie należy poprawić przygotowując rezultaty badań do publikacji. W części „Dyskusja wyników” Doktorant choć pobieżnie, to jednak prawidłowo scharakteryzował efekty badań. Jednakże w rozdziale tym zabrakło informacji o istotności statystycznej uzyskanych wyników i różnic. Bardzo proszę o omówienie podczas obrony rozprawy doktorskiej zastosowanych metod statystycznych, układów eksperymentalnych oraz liczby powtórzeń wykorzystanych do przeprowadzenia badań. Za zaletę dysertacji uważam prawidłowe osadzenie omówionych wyników badań w kontekście istniejącej literatury naukowej. Autor dysertacji wykazał, że Jego badania przyczyniają się do rozwoju dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka poprzez zastosowanie nowatorskiego podejścia i wykazanie przydatności mikroalg do efektywnego oczyszczania ścieków komunalnych. Doktorant zarówno potwierdził efektywność rodzajów mikroalg dotychczas wykorzystywanych w procesach oczyszczania ścieków, jak też wykazał obiecujące możliwości oczyszczania ścieków przez niebadanych dotychczas przedstawicieli mikroalg (*Coelastrella*, *Dictyosphaerium*, *Muriella*, *Chlorococcum*, *Chloroidium*), co jest dużym walorem dysertacji, przedstawiającym nowe rozwiązania, perspektywy oraz pogłębienie wiedzy z obszaru inżynierii środowiska i biotechnologii. W ramach trzynastu poprawnie sformułowanych wniosków Doktorant podkreślił, że *„algi eukariotyczne wydają się być znacznie bardziej przydatne do wspomagania procesu oczyszczania ścieków komunalnych niż algi prokariotyczne ze względu na mniejszą wrażliwość na substancje potencjalnie szkodliwe w nich obecne”*. W tym miejscu nasuwa się pytanie dotyczące wyjaśnienia przyczyny lepszej przydatności alg eukariotycznych i mechanizmów ich działania w trakcie oczyszczania ścieków. W świetle uzyskanych wniosków chciałabym też zapytać czy algi prokariotyczne czy eukariotyczne wykazują większą efektywność w usuwaniu konkretnych typów zanieczyszczeń ze ścieków komunalnych (np. azotu, fosforu, metali ciężkich, związków organicznych)? Biorąc pod uwagę specyficzne zastosowania i wyzwania w wykorzystaniu mikroglonów oraz przedstawione w jednym z rozdziałów ograniczenia w ich wykorzystaniu w praktyce,

chciałabym prosić Doktoranta o przedstawienie głównych zalet stosowania systemów oczyszczania ścieków opartych na algach w porównaniu do konwencjonalnych metod oczyszczania ścieków, szczególnie w kontekście ekonomicznym i ekologicznym. Nawiązując do przedstawionego przez Doktoranta opisu stanowiska badawczego, obejmującego badania mikroglonów w bioreaktorach, w których zastosowano konkretne parametry hodowli glonów nasuwa się pytanie na jakiej podstawie zostały te parametry wybrane, a także jakie warunki środowiskowe (np. pH, temperatura, natężenie światła, stężenie zanieczyszczeń) są optymalne dla wzrostu i aktywności metabolicznej alg stosowanych w oczyszczaniu ścieków? Czy istnieją różnice w optymalnych warunkach dla alg prokariotycznych i eukariotycznych? Analizując przedstawione przez Doktoranta wnioski chciałabym zapytać czy istnieją specyficzne gatunki alg (prokariotycznych lub eukariotycznych), które w świetle uzyskanych wniosków okazały się szczególnie obiecujące do zastosowań w oczyszczaniu ścieków komunalnych i dlaczego? Biorąc pod uwagę uzyskane wnioski, chciałabym też zapytać czy w przyszłości możemy spodziewać się, że technologie oparte na algach staną się powszechnym standardem w oczyszczaniu ścieków komunalnych oraz jakie czynniki mogą na to wpłynąć?

Oceniana rozprawa doktorska jest spójna, będąc przykładem umiejętnego wykorzystania mikroglonów w procesach oczyszczania ścieków komunalnych. Doktorant prawidłowo dobrał metody badawcze, właściwie przeprowadził badania, co umożliwiło zrealizowanie podjętego celu rozprawy doktorskiej. Pomimo wskazanych powyżej niedociągnięć, pozytywnie oceniam całość dysertacji, a także podkreślam, że analiza przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej wykazała, że Doktorant posiada umiejętność do prowadzenia badań naukowych, a także potrafi analizować i interpretować uzyskane wyniki badań.

4. Wniosek końcowy

Dysertacja doktorska Pana mgr inż. Łukasza Pasonia jest opracowaniem wnoszącym istotny wkład w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w obrębie dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Doktorant zaprezentował dobrą znajomość problematyki rozprawy, opanował kilka metod badawczych, wykazał umiejętność samodzielnego wykonywania badań naukowych, a także potrafi opracować i zinterpretować uzyskane wyniki badań.

Reasumując, stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Pasonia stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, dotyczącego

możliwości wykorzystania mikroalg w oczyszczaniu ścieków komunalnych, a także spełnia wymagania na podstawie art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), **stanowiąc podstawę do nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Częstochowskiej o dopuszczenie mgra inż. Łukasza Pasonia do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.


prof. dr hab. Magdalena Frąc