

Lublin, dnia 11.08.2020 r.

Dr hab. inż. Artur Serafin
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
tel./fax. 81 5248139
e-mail: artur.serafin@up.lublin.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Tomasza Garbowskiego**

pt. „**Badania nad rozwojem i separacją glonów w środowisku wodnym**”

wykonanej w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Krzysztofa Pulikowskiego

promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Wiercik

1. Podstawa opracowania

Zlecenie: Przewodniczący Rady Dyscypliny - Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Pan prof. dr hab. inż. Krzysztof Pulikowski z dnia 22.06.2020 r., zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 17.06.2020 r.

2. Ocena problematyki badawczej i analiza formalna pracy

Postęp demograficzny, cywilizacyjny i technologiczny powoduje wiele niekorzystnych zmian w środowisku przyrodniczym czego wymiernym efektem jest kumulacja szkodliwych substancji chemicznych i biologicznych uwalnianych przez przemysł i gospodarstwa domowe. Wynikające z tego faktu przekroczenie dopuszczalnego poziomu skażenia środowiska może mieć poważne konsekwencje zarówno dla zdrowia ludzi, jak i stanu biocenotycznego ekosystemów. Troska o czystość środowiska wymaga zatem szukania nowych, skutecznych i naturalnych sposobów jego oczyszczania.

Obiecującą i szybko rozwijającą się metodą jest fitoremediacja. Polega ona na zastosowaniu roślin, które dzięki przystosowaniom anatomicznym, fizjologicznym i metabolicznym są zdolne do usuwania szkodliwych substancji z układu biologicznego. Zarówno badania pionierskie z początku XIX w. w Niemczech, jak i trwające do dzisiaj eksperymenty dowodzą, że rośliny mają zastosowanie nie tylko w przypadku oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych, ale także do usuwania metali ciężkich i ksenobiotyków

organicznych z gleby. Dzieje się tak dzięki różnorodnym procesom zależnym od typu ewolucyjnego roślin, takim jak: fitoekstrakcja, fitodegradacja, ryzofiltracja, fitostabilizacja czy bardziej ryzykowna fitoewaporacja, które determinują mechanizm efektywnego pobierania i aktywnego metabolizowania toksyn.

Ponieważ analiza prawidłowości przebiegu takich procesów jest bardzo trudna, ogromną rolę odgrywają badania eksperymentalne, które pozwalają określić efekt działania analizowanej metody lub któregoś z jej etapów.

Specyficzną grupą roślin niższych wykorzystywaną do oczyszczania różnego typu ścieków bogatych w substancje biogenne są glony, czego efektem jest multiplikacja ich biomasy. Proces taki nosi nazwę fykoremediacji, a jego dodatkową zaletą jest eliminacja bakterii chorobotwórczych i fekalnych z grupy coli, sorpcja metali ciężkich, a także biologiczna sekwestracja CO₂.

W rozprawie doktorskiej opracowanej przez mgr inż. Tomasza Garbowskiego zostały zaprezentowane wyniki badań dotyczące analizy podłoża do immobilizacji i separacji mikroglonów w postaci biofilmu, analizy rozwoju biomasy glonów w ściekach oraz analizy sprawności działania autorskiej konstrukcji fotobioreaktorów z wykorzystaniem biomasy mikroglonów rozwijającej się na korze sosnowej.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt. „*Badania nad rozwojem i separacją glonów w środowisku wodnym*” pod względem formalnym obejmuje 5 oryginalnych prac naukowych, w tym 4 z nich opublikowano w czasopiśmie z listy A, a jedna praca została wydana w czasopiśmie z listy B Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

1. Garbowski, T., Bawiec, A., Pulikowski, K., Wiercik, P. Algae Proliferation on Substrates Immersed in Biologically Treated Sewage. *Journal of Ecological Engineering*. 18(1), (2017), 90–98. MNiSW₍₂₀₁₇₎ = **12 pkt**. Udział procentowy doktoranta: **60%**.
2. Garbowski, T., Pulikowski, K., Wiercik, P. Using Laser Granulometer to Algae Dynamic Growth Analysis in Biological Treated Sewage. *Desalination and Water Treatment*, 99, (2017), 117-124. MNiSW₍₂₀₁₇₎ = **20 pkt**, IF₍₂₀₁₇₎ = **1,383**. Udział procentowy doktoranta: **80%**.
3. Garbowski, T. Changes in the Physico-Chemical Parameters of Water as a Result of Long-Term Contact with Biomass, on the Example of Pine Bark (*Pinus sylvestris*). *Water, Air, & Soil Pollution*, 230:104, (2019), <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4160-7>. MNiSW₍₂₀₁₉₎ = **70 pkt**, IF₍₂₀₁₈₎ = **1,774**. Udział procentowy doktoranta: **100%**.

4. Garbowski, T., Richter, D., Pietryka, M., Analysis of Changes of Particle Size Distribution and Biological Composition of Flocs in Wastewater During the Growth of Algae. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230:139, (2019), <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4188-8>. MNiSW₍₂₀₁₉₎ = **70 pkt**, IF₍₂₀₁₈₎ = **1,774**. Udział procentowy doktoranta: **70%**.
5. Garbowski, T., Pietryka, M., Pulikowski, K., Richter D. The use of a natural substrate for immobilization of microalgae cultivated in wastewater. *Scientific Reports*, 10(7915), (2020), <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64656-3>. MNiSW₍₂₀₁₉₎ = **140 pkt**, IF₍₂₀₁₈₎ = **4,011**. Udział procentowy doktoranta: **70%**.

Wymienione prace opublikowano w latach 2017-2020, jako oryginalne artykuły jedno- i wieloautorskie, za które łączna liczba punktów, określona na podstawie list MNiSW z lat publikacji wynosi **312**, a **IF = 8,942**. Zaletą ocenianej rozprawy doktorskiej jest to, że prawie wszystkie czasopisma, w których opublikowano wymienione prace należą do wyróżniających się na świecie wydawnictw z zakresu inżynierii środowiska. Należy podkreślić, że we wszystkich publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem, w tym w jednej ma 100% udział, a w pozostałych wysoki średni udział sięgający 70%. Przyjmując taką analizę za podstawę należy stwierdzić, że Doktorant w odniesieniu do prac składających się na rozprawę doktorską przy średnio **85% własnym udziale** uzyskał samodzielnie **ponad 265 pkt**.

Analizując prezentowane w rozprawie doktorskiej prace zauważyć można rozwój warsztatowy i naukowy Doktoranta, którego efektem są publikacje o coraz wyższej renomie naukowej. Fakt ten w powiązaniu z pozostałym dorobkiem o podobnym wysokim % udziale i zasadniczo pierwszym autorstwem pozwala na stwierdzenie, że Doktorant już wykazuje cechy w pełni ukształtowanego, skutecznego i perspektywicznego naukowca.

Struktura rozprawy doktorskiej jest typowa dla prac z zakresu nauk inżynieryjnych konstruowanych w oparciu o dorobek naukowy. Obejmuje 30 stronicowy numerowany dwustronny komputeropis oraz nienumerowane i drukowane jednostronnie załączniki, co niepotrzebnie zwiększyło objętość opracowania. Część opisowa pracy została podzielona na 5 numerowanych rozdziałów, których treści syntetycznie omawiały problematykę, założenia, podstawy metodyczne, hipotezy i cele, wyniki i wnioski badawcze prezentowanych w dalszej części publikacji. Nie wiadomo dlaczego rozdział Literatura jest pozbawiony numeracji, mimo, że Doktorant na podstawie prezentowanych tam materiałów przygotował całą dysertację. Część naukową opracowania kończy bardzo dobrze zredagowane streszczenie w języku polskim i angielskim oraz spis dorobku naukowego, a w zasadzie prawdopodobnie

tylko jego część obejmująca wydane i przyjęte do druku artykuły naukowe oraz ich dane bibliometryczne.

Pod względem językowym formalny aspekt opracowania nie budzi zastrzeżeń. Pracę czyta się płynnie i przyjemnie, brak zauważalnych błędów stylistycznych, językowych i redakcyjnych. Dobór źródeł jest prawidłowy, trafnie potwierdzający tezy pracy. Doktorant wykorzystał 53 pozycje literatury, w większości anglojęzyczne, odpowiednio afiliowane w tekście.

Załączniki zgodnie z wymogami formalnymi objęły nieuwzględnione w spisie załączników na str. 30 oświadczenia Doktoranta i współautorów o % udziale w tworzeniu publikacji będących podstawą rozprawy oraz ich pełne kopie (w tym jedną pozbawioną praw do kopiowania).

Układ pracy, struktura i podział treści, a także kolejność rozdziałów wynikają zatem z przyjętej logicznej kompozycji pracy, są specyficzne dla inżynierskich rozpraw doktorskich, a tezy zawarte w pracy są kompetentne.

Na podstawie ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669) oraz ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. 2017 poz.1789), rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018 poz. 261) stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki formalne odpowiednie dla autorskich rozpraw doktorskich.

3. Ocena merytoryczna pracy

W rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Tomasza Garbowskiego zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych, wykonywanych w warunkach laboratoryjnych, nad:

- sprawnością różnorodnych podłoży do immobilizacji i separacji glonów z roztworu ścieków biologicznie oczyszczonych (publikacja I);
- rozwojem biomasy i agregacji glonów metodą granulometryczną przy wykorzystaniu zmodyfikowanego równania Avramiego oraz średnich średnic cząsteczek i wymiaru fraktalnego (publikacja II);
- sprawnością naturalnych podłoży do immobilizacji i separacji glonów oraz weryfikacją jakości odcieku po ługowaniu wodą ocenionego jako najsprawniejsze podłoże naturalne - kory sosnowej (publikacja III);

- oceną granulometryczną i taksonomiczną (mikroskopową) glonów rozwijających się w zbiornikach z zanurzoną korą sosnową, w optymalizowanych warunkach siedliskowych z wykorzystaniem struktury dominacji taksonów Starmacha (publikacja IV); oraz nad
- oceną wykorzystania autorskiej konstrukcji fotobioreaktora z korą sosnową do immobilizacji glonów w procesie oczyszczania ścieków, tym razem surowych pochodzenia komunalnego (publikacja V).

Badania zaprezentowane w publikacji I wykazały, że immobilizacja mikroglonów na sztucznym podłożu (PET) jest możliwa, ale niezadowalająca. Słabo rozwinięty biofilm, związany z niskim stężeniem biogenów w ściekach oczyszczonych biologicznie przełożył się na brak wyraźnego efektu oczyszczania ścieków. Z tego względu wprowadzenie dodatkowego ładunku biogenów miało pozytywny wpływ na rozwój biomasy w ściekach z zaszczepem glonów. Czynnikiem, które mogły ograniczać rozwój glonów, był brak optymalizacji czynników abiotycznych: ilość CO₂, temperatura, światło. Efektem dodatkowym badań było testowanie podłoża naturalnych i odkrycie potencjału kory sosnowej jako odpowiedniego elementu do immobilizacji powstającej zawiesiny mikroglonów.

W publikacji II stwierdzono, że przyrost biomasy następował zgodnie z supozycjami procesu krystalizacji w oparciu o tzw. „jądra krystalizacji”, co dokładnie opisało zmodyfikowane równanie Avramiego. Doktorant założył, że w czasie trwania eksperymentu zawiesina przechodziła fazy agregacji oraz rozpadu na skutek zmian stadium rozwojowego biomasy glonów, co jednak nie było potwierdzone badaniami biologicznymi. Stwierdził także, że nie rodzaj podłoża, a wprowadzony zaszczep glonów i stężenie biogenów miało wpływ na rozwój biomasy w ściekach. Znaczącym wnioskiem z niniejszych badań było stwierdzenie, że *"analiza składu granulometrycznego cząsteczek zawiesin za pomocą dyfrakcji laserowej daje rzetelne i powtarzalne wyniki, stąd może być z powodzeniem stosowana do śledzenia dynamiki wzrostu zespołów mikroorganizmów tworzących zawiesinę w płynnym medium jakim są ścieki lub woda"*

Z publikacji III wynika, że kora sosnowa jako podłoże do namnażania glonów może mieć wpływ na jakość oczyszczanych ścieków. Jej wykorzystanie w tym procesie może przyczyniać się do powstawania zanieczyszczonych odcieków, co może stymulować lub hamować wzrost mikroglonów oraz bakterii symbiotycznych. W związku z tym niezbędne jest zastosowanie wstępnego oczyszczania, ługowania lub suszenia w celu ograniczenia tego zjawiska. W pracy stwierdzono, że największy udział spośród wmywanych pierwiastków

miał K, a następnie Cl, Ca, N, S, Mg, Na, Al oraz P, natomiast pozostałe wykryte pierwiastki (Mn, Cu, Zn, B oraz Fe) występowały w śladowych ilościach.

Badania zaprezentowane w publikacji IV wykazały natomiast, że "wraz ze wzrostem wymiarów klaczków zawieszin w ściekach pojawiały się glony (m.in. *Klebsormidium*, *Tribonema*, *Ulothrix tenerrima*, *Microthamnion kuetzingianum*) o silnie rozwiniętej strukturze przestrzennej i o zdolności do tworzenia dużych agregatów ulegających flotacji lub sedymentacji". Potwierdzono, że kora sosnowa jest skuteczna w zatrzymywaniu agregatów mikroglonów o średnicy większej niż 8 μm oraz, że stosowanie granulometru laserowego może być cenną metodą analizy dynamiki rozwoju biomasy glonów. Jednak celnie zauważono, że "nie zastępuje ona analizy mikroskopowej, która pozwala na określenie składu gatunkowego mikroglonów, co jest szczególnie istotne w ich hodowli".

W publikacji nr 5 przedstawiono wyniki kompleksowych badań potwierdzające wysoką sprawność autorskiej konstrukcji fotobioreaktorów w oczyszczaniu ścieków surowych komunalnych z wykorzystaniem kory sosnowej jako medium do immobilizacji i separacji glonów. Badań dokonano w zoptymalizowanych warunkach świetlnych, termicznych i zasobności w CO_2 . Badania taksonomiczne pokazały, że w powstałym biofilmie przeważały mikroglony w formie kokoidalnej: *Chlorella sp.*, *Oocistis sp.* oraz *Scenedesmus obliquus*, a także glony nitkowate, głównie *Microspora quadrata*, *Ulothrix tenerrima* oraz *Tribonema minus*. Te ostatnie bardzo cenne w fizycznym procesie agregacji innych glonów tworzących zawiesinę, co korzystnie wpłynęło na proces ich immobilizacji. Wysoka sprawność systemu oczyszczania potwierdziły redukcje substancji biogenych - stężenie azotu ogólnego o 64-81% i fosforu ogólnego o 97-99%, ponadto nastąpił znaczący spadek mętności ścieków (o ponad 90%), co wskazywało na skuteczne usuwanie zawieszin. Potwierdzono także duży potencjał kory sosnowej jako podłoża do immobilizacji i separacji glonów, a proces jej ługowania nie wpłynął negatywnie na końcowy efekt oczyszczania ścieków. Dodatkowym efektem badań była implementacja analizy kalorymetrycznej kory sosnowej do metod pośrednich oceny przyrostu biomasy glonów na tym medium.

Na podstawie powyższych publikacji Doktorant wyciągnął adekwatne do uzyskanych wyników badań, kompetentne naukowo wnioski dotyczące tak podłoży do immobilizacji i separacji glonów, jak i metod oceny i czynników rozwoju ich biomasy.

Cennym wnioskiem podsumowującym cykl badań eksperymentalnych jest stwierdzenie, że autorskiego pomysłu fotobioreaktor z korą sosnową jako podłożem "może działać jako system wspomagający proces oczyszczania ścieków w oczyszczalni przy jednoczesnym pozyskaniu cennej i łatwiej w separacji biomasy glonów."

O ile wartościowa zawartość załączonych oryginalnych prac twórczych potwierdza wysoką znajomość warsztatu naukowego i wysoką wiedzę tematyczną, drobne wątpliwości dotyczą tytułu oraz postawionych hipotez i celów badawczych spajających cykl prezentowanych publikacji. Tytuł opracowania „**Badania nad rozwojem i separacją glonów w środowisku wodnym**” oczywiście wiąże się ze sformułowaną tezą i celem pracy, jak i zakresem wykonanych badań, zaprezentowanych w 5 wskazanych publikacjach, ale jest zbyt ogólnikowy i przez to mogący nasuwać mylne skojarzenia co do prezentowanych treści. Stwierdzenie „rozwój glonów” naukowo ma konotacje biologiczne związane z analizą wszystkich czynności życiowych prowadzących do dojrzałości osobniczej umożliwiającej dokonanie rozmnażania lub procesu płciowego (koniugacja) glonów, obejmuje formy syfonalne (komórczaki), fazy rozwojowe i ich zmienność w cyklu haplontów i diplontów, sposoby i mechanizmy organizacji komórkowej (jednokomórkowe, cenobia, kolonie, formy trychalne, pseudoplechowe czy plechowe), oraz analizy wpływu różnorodnych czynników zewnętrznych na wymienione aspekty rozwojowe, w tym nawet na mechanizmy powstawania spor przetrwalnikowych. Ze względu na fakt, że glony ewolucyjnie są grupą polifiletyczną elementy te nie mogą być rozpatrywane w oddzieleniu od analiz syntaksonomicznych, bowiem mechanizmy rozwojowe mają często gatunkowe, a dodatkowo adaptacyjne uwarunkowania.

Takich kompleksowych badań i analiz biologicznych w prezentowanych publikacjach i przygotowanej dysertacji nie ma, zatem należy przyjąć, że Doktorant skupił się na kolokwialnym znaczeniu stwierdzenia "rozwój glonów" czyli ich namnażaniu, co jest tożsame ze zwiększeniem ich biomasy. Dopelnienie pierwotnego tematu "*w środowisku wodnym*" trąci nieco tautologią, bowiem glony są organizmami ściśle związanymi ze środowiskiem wodnym (wyjątek glony aerofityczne, będące np. składnikiem porostów potwierdzają tą regułę). Tytuł mógłby zatem brzmieć: "Badania nad rozwojem biomasy i separacją glonów w perspektywie oczyszczania ścieków różnego pochodzenia". Określa w ten sposób kierunek prowadzonych badań oraz ich przyszłościowe wykorzystanie, co przy etapowych badaniach eksperymentalnych łatwo udowodnić.

Na podstawie analizy treści zawartych w opisowej części pracy można stwierdzić, że część 1. Wprowadzenie - potraktowana została nieco ogólnikowo tylko sygnalizując - czasami zbyt syntetycznie - ważne treści merytoryczne. W szczególności dotyczy to rozdziału: 1.2. Metody separacji mikroglonów ze środowiska wodnego - gdzie Doktorant wymienił tylko z nazwy większość z metod sugerując dla pełniejszej informacji sięganie do treści w załącznikach (pozycja 31 w spisie literatury równoznaczna z publikacją I dysertacji doktorskiej). Podobna

praktyka wystąpiła w podrozdziale: 4.3. Wpływ ługowania kory sosnowej wodą destylowaną na skład powstających odcieków: cytata "W wyniku ługowania kory sosnowej wodą wyplukiwane są następujące składniki: rozdział „Results and Discussion” w publikacji III". Wymusza to wertowanie pracy już na samym początku jej poznawania. Oczywiście jest to praktyka czasem stosowana, ale nie do treści będących bezpośrednim podmiotem konkretnego podrozdziału dysertacji.

Kolejne wątpliwości wzbudza podstawowa hipoteza badawcza pracy, która brzmi: "*Czy istnieje naturalne podłoże zdolne do immobilizacji i separacji mikroglonów ze środowiska wodnego?*"

Bez jakichkolwiek badań będąc zwykłym obserwatorem można od razu odpowiedzieć twierdząco. Wystarczy zaobserwować skały, drewniane moło lub kawałki drewna zanurzone w wodzie jeziornej lub w piasku w strefie brzegowej i rozwój peryfitonu. Są to materiały naturalne i pokryte często mikroorganicznym biofilmem (glony, bakterie, grzyby, pierwotniaki). Sam piasek jest siedliskiem glonów psammonowych, o czym łatwo można przekonać się odkrywając głębszą warstwę piasku w strefie zalewowej - charakterystyczny zielonkawy nalot. Potwierdzają to liczne prace fykologiczne, np. profesora Krzysztofa Czernasia z ośrodka lubelskiego. Oczywiście Doktorant miał na myśli procesy technologiczne w perspektywie oczyszczania ścieków, a zatem podstawowa hipoteza badawcza mogłaby być zmieniona np. na następujące:

Czy naturalne podłoża zdolne są do immobilizacji i separacji glonów w podobnym lub większym stopniu niż sztuczne? lub bardziej doprecyzowane

Czy naturalne podłoża zdolne do immobilizacji i separacji glonów mogą być z powodzeniem wykorzystywane w technologii oczyszczania ścieków?

Odpowiednio postawiona hipoteza badawcza determinuje wówczas charakter narracji w dalszych etapach formułowania dysertacji, a treści dołączonych do opracowania publikacji etapowo odpowiadają tak postawionym hipotezom.

W przypadku celów pracy drobną wątpliwość wzbudziły - cel B: "*Opracowanie metody do analizy dynamiki rozwoju mikroglonów w ściekach (publikacje II i IV)*" oraz tzw. cel poboczny: "*analiza składników ługowanych z kory sosnowej w wyniku działania wody (publikacja III)*". W pierwszym przypadku wiąże się to z podobnymi kwestiami jak przy tytule dysertacji. Skoro nie mamy do czynienia z biologiczną konotacją stwierdzenia "rozwój glonów", a jedynie ze zwiększaniem ich biomasy, to nieporozumieniem jest stwierdzenie "*dynamika rozwoju mikroglonów*" czyli konsekwentnie dynamika zwiększania biomasy czyli liczebności populacji glonów. Brak tu bowiem analiz ekologicznych dotyczących faz

dynamiki liczebności (wzrostu, spadku, równowagi), oscylacji i fluktuacji oraz ich środowiskowych i troficznych uwarunkowań dla konkretnych typów ekologicznych lub gatunków. Doktorant analizuje skądinąd bardzo dobrze, w oparciu o przekonujące elementy metodyczne jedynie fizyczne fazy agregacji biofilmu glonowego, ostatecznie na konkretnym podłożu (peryfiton), co nie jest równoznaczne z dynamiką rozwoju czyli dynamiką liczebności mikroglonów.

Cel poboczny z kolei jest celem jedynie publikacji naukowej, a nie dysertacji doktorskiej. Analiza składników ługowanych z kory sosnowej w wyniku działania wody wykonywana jest w jakimś konkretnym celu nadrzędnym, np. dla określenia sprawności technologii oczyszczania ścieków lub hodowli glonów - z wykorzystaniem kory sosnowej jako podłoża do agregacji glonów, a nie jest celem samym w sobie. Prosta analogia - badania laboratoryjne krwi robimy nie dla samych badań, ale w celu potwierdzenia lub wykluczenia jakiejś przypadłości.

Częścią szczególnie interesującą niniejszej dysertacji są metody badań obrazujące poszczególne etapy eksperymentu laboratoryjnego. Wszystkie zastosowane rozwiązania są celne, kompetentne i pozwalają na weryfikację w mniejszym lub większym stopniu celów badań, ale nieco mniej w przypadku publikacji nr I - sformułowanej głównej hipotezy badawczej. Jeżeli poszukujemy naturalnego podłoża, to dlaczego testujemy eksperymentalnie podłoża sztuczne? Z bogatej tematycznej literatury przytoczonej przez Doktoranta wynika, że stosowanie tych drugich jest powszechne, a zatem ich sprawność zweryfikowana. Potwierdza to tezę o nie do końca prawidłowo sprecyzowanej hipotezie podstawowej dla całego cyklu publikacji. Drobne wątpliwości budzi tu również stosowanie ścieków oczyszczonych biologicznie o obniżonym potencjale troficzności jako medium rozwoju glonów, a następnie ich wzbogacanie w substancje biogenne w trakcie trwania eksperymentu. Tak wstępnie oczyszczone ścieki z założenia nie są przecież dobrym medium dla rozwoju glonów właśnie ze względów, które formułuje sam Doktorant, tak w części opisowej, jak i w publikacji I, zatem dlaczego je zastosowano?

Drobne wątpliwości czy nieścisłości sformułowane powyżej w żaden sposób nie deprecjonują jednak osiągnięć naukowych i eksperymentalnych związanych z cyklem publikacji będących podstawą dysertacji doktorskiej. Tematyka rozprawy przedstawiona przez Doktoranta jest jak najbardziej aktualna ze względu na wymuszoną kwestiami ekologicznymi potrzebę optymalizacji materiałów i kosztów technologii oczyszczania ścieków oraz pozyskiwania biomasy glonów na różne cele.

Niniejsze studium, a w szczególności sam cykl publikacji oceniam jako bardzo dobre opracowanie naukowe, które ze względu na swój eksperymentalny charakter i autorskie rozwiązania wnosi nowe treści do dyscypliny inżynierii środowiska, górnictwa i energetyka.

4. Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Garbowskiego jest cenną dysertacją naukową, w której potwierdzono główną tezę pracy i założone cele.

Doktorant wykazał się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i praktycznym, umiejętnością planowania i prowadzenia badań oraz znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy. Autor pokazał, że potrafi właściwie przeprowadzić zamierzony eksperyment oraz prawidłowo i wnikliwie zinterpretować uzyskane wyniki badań. Tematyka i zakres pracy są ściśle związane z ważnym problemem społeczno-gospodarczym, optymalizacji ekologicznej procesów technologicznych w oczyszczalniach ścieków z wykorzystaniem fykoremediacji i dlatego podjętą problematykę badawczą należy zaliczyć do grupy badań stosowanych.

Biorąc po uwagę informacje zaprezentowane powyżej stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Tomasza Garbowskiego pt. **„Badania nad rozwojem i separacją glonów w środowisku wodnym”** spełnia warunki ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669) oraz ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst. jedn. Dz. U. 2017 poz.1789), rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018 poz. 261) obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595). Z tego względu **wnioskuję o jej przyjęcie jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Tomasza Garbowskiego do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.**

Lublin, dnia 11.08.2020 r.

