

Skierniewice, 22.09.2021 r.

Prof. dr hab. Lidia Sas-Paszt
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice

RECENZJA PRACY DOKTORSKIEJ

Mgr. Pawła Jarosiewicza pt.: „Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych”, wykonanej w Katedrze UNESCO Ekohydrologii i Ekologii Stosowanej, Instytutu Ekologii i Ochrony Środowiska UŁ w Łodzi, pod kierunkiem Prof. dr. hab. Macieja Zalewskiego.

W XXI wieku zasoby wody w skali światowej stają się obok energii głównym czynnikiem dążącym do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju. Ze względu na kompleksowość procesów hydrologicznych, biologicznych, socjologicznych i ekonomicznych związanych z dynamiką i wykorzystaniem zasobów wody w zlewni. Współcześnie w gospodarce wodnej stosuje się strategię zintegrowanego zarządzania zasobami wody (Integrated Water Resources Management), wykorzystującej doświadczenia z realizacji programów badawczych wielu dziedzin nauki. Nowe strategie ochrony środowiska formułowane przez Parlament Europejski i organizacje ONZ wskazują, że dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju niewystarczające staje się konserwatorskie podejście do zasobów środowiska naturalnego, ale konieczne jest odwrócenie zjawisk degradacji biosfery. Zatem w obszarach silnej antropopresji niezbędna staje się ciągła restytucja podstawowych procesów krążenia wody i biopierwiastków w skali dorzecza, która w oparciu o odpowiednie zarządzanie procesami w środowisku umożliwi harmonijne współistnienie przyrody i cywilizacji. Dlatego też tak istotne staje się zdefiniowanie i wykorzystywanie nowych narzędzi w gospodarce wodnej jakich dostarcza **ekohydrologia** (Zalewski i in. 1997, Zalewski 2011, Wagner i Zalewski 2016), a które są komplementarne w stosunku do stosowanych rozwiązań hydrotechnicznych. **Ekohydrologia** zakłada, że podstawą zarządzania zlewniowego jest ilościowa analiza procesów w skali zlewni na bazie bilansu cyklu hydrologicznego. Priorytetem zaś jest wykorzystanie „szans” ekosystemów, czyli potencjału wynikającego z wykształconych na drodze ewolucji mechanizmów odpornościowych ekosystemu na czynnik stresu oraz utrzymanie jego równowagi homeostatycznej. Dzięki istnieniu dwukierunkowej regulacji pomiędzy procesami hydrologicznymi i biologicznymi w zlewni możliwe jest zwiększenie odporności ekosystemów wodnych na antropopresję poprzez świadome wykorzystanie tych zależności. Najważniejszym wyzwaniem staje się opracowanie wysokoefektywnych i energooszczędnych biotechnologii, które pozwolą na zwiększenie pojemności, odporności oraz zdolności elastycznego reagowania ekosystemów wodnych na postępującą antropopresję oraz zmiany klimatu. Podstawą do rozwinięcia tych nowoczesnych narzędzi jest zrozumienie związków przyczynowo-skutkowych regulujących funkcjonowanie ekosystemów wodnych. Zjawisko eutrofizacji wód śródlądowych i morskich jest jednym z głównych problemów ekologicznych na świecie i stawia Polskę przed wyzwaniem zapobiegania temu zjawisku.

Głównym celem pracy doktorskiej, przedłożonej do recenzji, była analiza występowania zanieczyszczeń pestycydami i biogenami oraz dynamiki samooczyszczania w systemach rzecznych poddanych antropopresji w zlewniach rolniczych i sadowniczych.

Prace badawcze przeprowadzono w terenie (4 zlewnie, 12 stanowisk), w warunkach laboratoryjnych oraz w mezoskali. Badania miały charakter poznawczy i aplikacyjny. Dlatego uważam, że temat dysertacji podjęty przez Doktoranta jest ważny z naukowego i praktycznego punktu widzenia. Doceniam to, że doktorant podjął problematykę wpływu

biogenów i pestycydów na jakość wody w ciekach Centralnej Polski. Wyniki badań wnoszą nowe i bardzo cenne informacje na temat dynamiki procesów abiotyczno-biotycznych w badanych zlewniach, co ma wpływ na samooczyszczanie strumieni. Doktorant zastosował w praktyce Bariery Reaktywne biorące udział w usuwaniu zanieczyszczeń fosforu i substancji pestycydowych. Jestem przekonana, że po wdrożeniu wyników badań do praktyki, możliwym będzie wykorzystanie rozwiązań zastosowanych w warunkach eksperymentalnych.

Przedłożona mi do oceny praca napisana jest w sposób zgodny z zasadami obowiązującymi przy prezentowaniu rozpraw doktorskich, przedstawiających wyniki prac terenowych i eksperymentalnych. Praca doktorska pod względem redakcyjnym wykonana jest starannie i obejmuje 165 stron. Praca ma ogólnie przyjętą budowę i składa się z następujących rozdziałów: wstępu, hipotez i celów badawczych, opisu terenu badań, materiałów i metod, wyników, dyskusji, podsumowania, wniosków, streszczenia w języku polskim i angielskim, spisu literatury oraz załączników do pracy. Bibliografia zawiera 392 pozycje (w tym 358 pozycji literatury w języku angielskim) dobrze dobrane i wykorzystanego piśmiennictwa. Wyniki zilustrowano 12 rycinami, 16 fotografiami, 41 wykresami oraz 26 tabelami.

Materiałem w badaniach były próbki wody pochodzące z 4 zlewni strumieni, z wytyczonych 12 punktów poboru, które poddano licznym analizom (m.in. parametry fizykochemiczne, parametry hydrologiczne, zawiesina ogólna, analiza substancji pestycydowych, oznaczanie azotu i fosforu ogólnego, form jonowych). Stanowiska wyznaczono w zlewniach rzeki Rykolanki (in. Dylówka), Mogielanki, Rokitni, Luboczanki (należące do typu 17, potoki nizinne na utworach staroglacjalnych). Przeprowadzono także analizy efektywności sorpcyjnej biogenów (głównie fosforu) preparatu BioKer w mezoskali (eksperymenty przeprowadzono w Stacji Terenowej UŁ w Treście Rządowej).

Cele pracy zdefiniowano poprawnie. Wiązą się one dobrze z tytułem rozprawy doktorskiej. Cele zostały właściwie ukierunkowane na zbadanie samooczyszczania się strumieni na terenach użytkowanych rolniczo i sadowniczo oraz z wykorzystaniem barier reaktywnych w mezoskali.

Wyniki pracy doktorskiej są bardzo cenne dla nauki, a także dla praktyki rolniczej i sadowniczej, z powodu dużego arealu zlewni zanieczyszczonych pierwiastkami biogennymi i pestycydami w Polsce.

Szczegółowa ocena pracy

Tytuł pracy

Tytuł pracy jest zrozumiały i w pełni przedstawia tematykę i zakres przeprowadzonych badań.

Streszczenie

Ten rozdział pracy napisany jest jasno i przejrzysto, zamieszczono go na końcu pracy (str. 140). Przeczytanie tego rozdziału umożliwi czytelnikowi zorientowanie się w treści pracy i przebiegu prowadzonych badań. Streszczenie pracy jest napisane w języku polskim i języku angielskim.

Spis treści

Ten rozdział obejmuje spis poszczególnych rozdziałów pracy oraz listę poszczególnych wyników badań. Umożliwia zapoznanie się z zastosowanymi metodami badawczymi i prowadzonymi pomiarami. Bardzo pomocny dla czytelnika jest zawarty na stronie 4 pracy wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń.

Wstęp

Ten rozdział, choć długi (str. 6-33), napisany jest poprawnie. Zawiera bardzo dobre uzasadnienie celowości zaplanowanych badań. Podzielony jest na liczne podrozdziały, co ułatwia czytelnikowi zaznajomienie się z treścią. Wstęp pracy jest bardzo dobrze zaprezentowany i umożliwia poznanie konsekwencji wynikających z nadmiaru fosforu i substancji pestycydowych w środowisku wodnym. Negatywne oddziaływanie pestycydów na bezkręgowce, ichtiofaunę i mikroorganizmy oraz związane z tym zagrożenia dla ekosystemów wodnych są właściwie opisane. Metody ograniczania zanieczyszczeń pestycydowych i procesy oczyszczania wody są wyczerpująco zaprezentowane.

Przegląd literatury

Rozdział ten jest bardzo dobrze napisany. Doktorant przytacza i omawia wiele pozycji literatury fachowej, w większości w języku angielskim, które mają związek bezpośredni lub pośredni z przeprowadzonymi badaniami. Przedstawia wpływ biogenów i pestycydów na jakość wody w badanych zlewniach. Opisuje uzasadnienie wyboru różniących się od siebie cieków oraz wyboru stanowisk do badań. Doktorant właściwie opisał jednocześnie działanie czynników abiotycznych i biotycznych na jakość wód. W sposób właściwy przeprowadził eksperymenty. Cytowane dane z literatury światowej oraz przeprowadzone analizy i eksperymenty w mezoskali jasno wskazują, że strumienie o rzędowości I-III w sprzyjających warunkach mogą ulegać samooczyszczeniu.

Hipotezy i cele pracy

Rozdział ten precyzyjnie opisuje hipotezy badawcze i cel pracy. Postawione w pracy hipotezy badawcze wprowadzają interesujące dla czytelnika założenia, iż 'Czasoprzestrzenne występowanie substancji pestycydowych i biogenów w systemach rzecznych jest uwarunkowane charakterystyką użytkowania zlewni oraz cyklem hydrologicznym'. 'Analiza dynamiki procesów ekohydrologicznych w systemach rzecznych umożliwi opracowanie i optymalizację Rozwiązań Bliskich Naturze dla ograniczania zanieczyszczeń pestycydowych i biogenych'.

Cele szczegółowe niniejszej pracy zostały poprawnie przedstawione i obejmują badania podstawowe i aplikacyjne:

- Analiza czasoprzestrzenna występowania zanieczyszczeń pestycydowych i biogenych oraz dynamiki procesów samooczyszczania w systemach rzecznych poddanych presji sadownictwa i rolnictwa.
- Określenie wpływu charakterystyki użytkowania zlewni pod względem struktury przestrzennej, na występowanie w rzekach zanieczyszczeń takich jak fosfor oraz substancje pestycydowe.
- Określenie podstawowych procesów abiotycznych, które decydują o usuwaniu zanieczyszczeń pestycydowych i fosforu w badanych zlewniach oraz w Ekohydrologicznych Rozwiązaniach Bliskich Naturze.
- Opracowanie i optymalizacja Przepuszczalnych Barrier Reaktywnych dla zwiększenia potencjału Ekohydrologicznych Rozwiązań Bliskich Naturze w usuwaniu zanieczyszczeń fosforu i substancji pestycydowych.

Materiał i Metody

Rozdział ten jest jasno i przejrzysto napisany. Zawiera charakterystykę zastosowania najnowszych metod badawczych, które dobrze zostały dobrane i opisane, aby oznaczyć parametry fizyko-chemiczne i hydrologiczne, zawiesinę ogólną i właściwie przeanalizować zebrany materiał. Materiał stanowiły próbki wody z czterech cieków i strumienia przepływającego przez Stację Terenową UŁ, w których oznaczano substancje pestycydowe,

azot i fosfor ogólny, formy jonowe. Analizowano efektywność i pojemność sorpcyjną oraz kinetykę reakcji podłoża w warunkach laboratoryjnych oraz analizę efektywności sorpcyjnej preparatu BioKer wobec P-PO₄ w warunkach laboratoryjnych i w mezoskali. Stanowiska zostały precyzyjnie opisane i obejmują 4 zlewnie rzek Centralnej Polski, o różnym stopniu zanieczyszczenia.

Do obliczeń zastosowano właściwie dobrane nowoczesne metody statystyczne, a wyniki poprawnie opisano i prawidłowo zinterpretowano.

Wyniki

W tym rozdziale autor przedstawia wiele tabel i wykresów z wynikami badań (wyniki zilustrowano 12 rycinami, 16 fotografiami, 41 wykresami oraz 26 tabelami).

Uzyskane wyniki są jasno opisane i prezentują wysoki poziom naukowy przeprowadzonych doświadczeń i analiz. Wyniki własne Doktorant właściwie interpretuje i porównuje z wynikami badań z literatury światowej. Świadczy to o opanowaniu wiedzy teoretycznej, umiejętności poprawnego opisu i interpretacji wyników badań oraz wyjaśniania mechanizmów samooczyszczania rzek w krajobrazie zmienionym antropogenicznie.

W recenzowanej pracy doktorskiej analizie poddano relację pomiędzy występowaniem zanieczyszczeń w systemach rzecznych, a czynnikami decydującymi o presji na ekosystemy wodne, takimi jak użytkowanie głównie rolnicze/sadownicze i opady. Badano również procesy regulujące przemieszczanie się zanieczyszczeń w kontinuum rzecznym. Udowodniono, że występowanie zanieczyszczeń pestycydowych jest skorelowane z udziałem powierzchniowym sadów w strukturze zlewni, przy czym oddziaływanie to może być buforowane przez strefy ekotonowe (na styku woda/ląd). Wpływ upraw sadowniczych zaobserwowano również w transporcie fosforu ogólnego, którego obecność w ciekach była skorelowana z opadami, na co ma wpływ erozja wodna. Określono również, że re-mobilizacja fosforu w korycie rzecznym, w formie mineralnej, jest skorelowana z przepływem. Zidentyfikowano łącznie 30 substancji pestycydowych, o zróżnicowanym charakterze działania, których obecność notowano w 89% pobieranych prób. Ich największe oddziaływanie wykryto w górnej części zlewni użytkowanej sadowniczo. Efektywność usuwania zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych była powiązana z temperaturą, co świadczy o znaczącej roli czynników abiotycznych. Jednocześnie obserwowano niższy potencjał rzek do samooczyszczania w okresie zimowym. W świetle powyższych obserwacji, określono, że rozwój Ekohydrologicznych Rozwiązań Bliskich Naturze (EH-BRN), na terenach narażonych na presję sadownictwa i rolnictwa, powinien obejmować optymalizację procesów związanych z sorpcją zanieczyszczeń, posiadających efektywność również w okresie zimowym.

Na tej podstawie, opracowano i przetestowano nową technologię BioKer w zakresie usuwania fosforanów i substancji pestycydowych. W badaniach laboratoryjnych, określono efektywność preparatu wobec jonów fosforanowych na poziomie 51,29 mg P-PO₄ kg⁻¹, przy efektywności tradycyjnie stosowanego dolomitu osiągającej 14,07 mg P-PO₄ kg⁻¹. Dodatkowo, określono kinetykę procesu adsorpcji wobec P-PO₄, która stanowi wypadkową procesów chemicznych i fizycznych. Jednocześnie udowodniono, że w wyniku kontaktu z wodą, efektywność preparatu jest zachowana, a dominujące znaczenie zaczyna odgrywać sorpcja prowadzona przez biopolimer. Przeprowadzono również proces optymalizacji, z najskuteczniejszym wariantem uzupełnianym Ca(OH)₂, który osiągnął efektywność na poziomie 113,42 mg P-PO₄ kg⁻¹. Efektywność wobec najczęściej wykrywanego w badanych zlewniach herbicydu, MCPA (kwas 4-chloro-2-metylofenoksyoctowy), wyniosła 23,3 ug MCPA g⁻¹, przy zastosowaniu modyfikacji węglem aktywnym. Materiał w wersji podstawowej, uzupełniany kalcytem, testowano w mezoskali, wykorzystując infrastrukturę badawczą Stacji Terenowej Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu

Łódzkiego w Treście Rządowej, wykazując wysoką pojemność sorpcyjną ($411 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$) oraz ograniczenia stosowania w wodach płynących, co ma znaczenie dla przyszłych prac wdrożeniowych. Opracowany preparat może przyczynić się do optymalizacji EH-RBN - Ekohydrologicznych Rozwiązań Bliskich Naturze, szczególnie na obszarach małych zlewni rolniczych, przyczyniając się do ograniczania zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych.

Uzyskane wyniki badań wnoszą nową wiedzę na temat procesu samooczyszczania rzek oraz zastosowania barier przeciw nadmiarowi biogenów i pestycydów w zlewniach rolniczych i sadowniczych. Poznanie interakcji pomiędzy procesami hydrologicznymi, dynamiką występowania zanieczyszczeń oraz dynamiką procesów biogeochemicznych w zlewniach rolniczych jest kluczem do tworzenia efektywnych rozwiązań dla zwiększenia odporności ekosystemów wodnych i adaptacji do zmian klimatu. Wyniki pracy mają bardzo duży potencjał aplikacyjny. Opracowany preparat BioKer w wariacie z biowęgłem i węglem aktywnym był skuteczny w usuwaniu, najczęściej wykrywanego w zlewniach, herbicydu MCPA. Preparat BioKer może w znaczący sposób zwiększyć efektywność EH-RBN na terenie małych zlewni rolniczych. Rozwój tej technologii obejmuje optymalizację względem wykrywanych zanieczyszczeń i możliwość odzyskania fosforu w celach nawozowych, zgodnie z zasadami gospodarki cyrkularnej.

Dyskusja

Dyskusja wyników z przeprowadzonych badań własnych jest poprawnie i wyczerpująco opisana na tle wyników z literatury światowej w tym zakresie. Dane z literatury światowej są odpowiednio cytowane i obejmują najnowsze trendy w hydrologii, hydrobiologii, ekohydrologii oraz w ochronie wód. Dyskutowane wyniki własne i cytowane dane z literatury światowej odnoszą się również do mechanizmów samooczyszczania rzek. Doktorant poprawnie interpretuje wyniki badań własnych w odniesieniu do wyników cytowanej literatury, co świadczy o jego dużej wiedzy, dojrzałości naukowej i dobrze opanowanym warsztacie badawczym. Doktorant posiada wszechstronną wiedzę teoretyczną i praktyczną, dotyczącą istotnych problemów związanych z ekohydrologią i jej zastosowaniem, w zlewniach rolniczych i sadowniczych.

Wnioski

Zaprezentowane wnioski są bardzo dobrze sformułowane i mają uzasadnienie w odniesieniu do przeprowadzonych badań podstawowych i aplikacyjnych oraz tytułu rozprawy. Wynika to z poprawnie przyjętej metody statystycznego opracowania wyników. Najważniejsze wnioski z rozprawy to:

1. Dynamika mobilizacji i retencji substancji pestycydowych w korycie rzeczonym była kontrolowana w największym stopniu przez stężenie tlenu rozpuszczonego i dopływ zawiesiny organicznej.
2. W zlewniach o dominującym udziale sadów wykrywano zwiększone stężenia fosforu ogólnego i azotu ogólnego.
3. Wytypowano procesy sorpcji i precypitacji jako podstawę dla optymalizacji biotechnologii ekohydrologicznych. Zoptymalizowano procesy sorpcji w stosowanych Przepuszczalnych Barierach Reaktywnych.
4. Opracowany preparat BioKer, w podstawowym wariacie usuwał $53 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$, a po optymalizacji osiągał wartość $113,42 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$. Wykazano także efektywność preparatu BioKer w wariacie z biowęgłem i węglem aktywnym wobec usuwania herbicydu MCPA (kwas 4-chloro-2-metylofenoksyoctowy), który był najczęściej wykrywany w analizowanych zlewniach. Uzyskano materiał 8-krotnie efektywniejszy niż dotychczas stosowany dolomit

względem jonów fosforanowych, 6-krotnie lżejszy a przy tym, z potencjałem do usuwania substancji pestycydowych.

5. Udowodniono, że preparat BioKer może w znaczący sposób zwiększyć efektywność EH-RBN (Ekohydrologicznych Rozwiązań Bliskich Naturze), szczególnie w obliczu zagrożeń zidentyfikowanych na terenie małych zlewni rolniczych. Rozwój technologii obejmuje zarówno dalszą optymalizację względem wykrywanych zanieczyszczeń jak również możliwość odzyskiwania fosforu w celach nawozowych, zgodnie z zasadami gospodarki cyrkularnej.

Uwagi i zagadnienia szczegółowe do wyjaśnienia:

- Streszczenie powinno znaleźć się na początku rozprawy, a jest na str. 140-141.
- Na stronie 52 napisano "stosowano jednokierunkową ANOVĘ" zamiast „stosowano test ANOVA”.
- W pracy są też drobne uchybienia redakcyjne, ale nie mają one istotnego wpływu na wysoką wartość merytoryczną pracy.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując przedstawioną mi do oceny rozprawę doktorską mgr. Pawła Jarosiewicza oceniam bardzo wysoko. Stwierdzam, że Doktorant zrealizował wszystkie postawione cele naukowo-badawcze. Dokładnie opanował literaturę wiążącą się z tematem badawczym, samodzielnie wyznaczył stanowiska badań i przeprowadził analizy wody z 12 stanowisk na rzekach Centralnej Polski

Doktorant zgromadził i opracował bardzo wiele cennych wyników badań i wyróżniająco napisał rozprawę doktorską. Wyniki pracy doktorskiej są bardzo cenne dla nauki, a także dla praktyki rolniczej i sadowniczej, z powodu dużego arealu zlewni zanieczyszczonych pierwiastkami biogennymi i pestycydami w Polsce.

Bardzo wysoko oceniam Doktoranta za ogromny zakres pomiarów i obserwacji w ramach przeprowadzonych eksperymentów obejmujących ocenę tak wielu różnych cech i procesów. Na szczególną uwagę zasługują szczegółowe analizy próbek wody i analizy statystyczne oraz zastosowanie Przepuszczalnych Barrier Reaktywnych (PBR) w strumieniu w Stacji Terenowej UŁ w Treście, które było rozwiązaniem pionierskim i bardzo skutecznym w ograniczaniu pestycydów i biogenów, zwłaszcza P-PO₄ w wodzie. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Kandydat posiada bardzo wysoki poziom wiedzy teoretycznej w dyscyplinie nauki biologiczne oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z powyższym zwracam się z prośbą do Wysokiej Komisji ds. Stopni Naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne UŁ o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr. Pawła Jarosiewicza pt. „Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych”. Praca prezentuje bardzo wysoki i wyróżniający, w skali kraju i świata, poziom merytoryczny. Praca jest starannie i wnikliwie napisana. Doktorant zastosował szereg testów statystycznych, analizę regresji wielorakiej w formie analizy głównych składowych PCA. Wszystkie analizy przeprowadzono w programie Past. Praca posiada wyjątkowe i bardzo wartościowe walory poznawcze i aplikacyjne. Doktorant zastosował w praktyce koncepcję ekohydrologii i poprawnie przeprowadził doświadczenia laboratoryjne i w mezoskali. Wykorzystany w eksperymentach laboratoryjnych i w mezoskali preparat BioKer, kruszywo ceramiczne opłaszczony wielowarstwowym biopolimerem, (zgłoszenie patentowe nr P.420265, autorzy Jarosiewicz i Zalewski, 2017) ma duże znaczenie praktyczne w przyspieszaniu procesu samooczyszczania rzek (głównie strumieni I-III rzędu). Preparat uzyskał w 2018 r. Złoty Medal na Międzynarodowych Targach Innowacyjności Concours Lepine w Paryżu oraz Srebrny Medal

na Międzynarodowych Targach Innowacyjności InTarg w Katowicach. Przetestowanie preparatu umożliwi jego zastosowanie w szerszej skali, gdyż znajduje się już w ofercie handlowej (współpraca z przedsiębiorstwem APRS sp. z o.o.). Bardzo wysoko oceniam pracę doktorską mgr. Pawła Jarosiewicza, którą wyróżnia zastosowanie innowacyjnych metod (metody statystyczne, określenie w próbkach wody biogenów i pestycydów, analiza efektywności sorpcyjnej preparatu BioKer) i narzędzi badawczych. Wdrożenie preparatu BioKer na obszarach małych zlewni rolniczych spowoduje ograniczenie zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych i przyczyni się do ochrony środowiska wodnego i osiągnięcia celów Ramowej Dyrektywy Wodnej.

W mojej ocenie przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. Pawła Jarosiewicza spełnia wszelkie wymogi stawiane tego typu pracom i dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Wysoką Komisją ds. Stopni Naukowych w Dyscyplinie Nauki Biologiczne UŁ oraz wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. Pawła Jarosiewicza pt. „Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych”.

Prof. dr hab. Lidia Sas-Paszt

Lidia Sas-Paszt

23.09.2024 r.

**INSTYTUT OGRODNICTWA
Zakład Mikrobiologii i Ryzosfery
Kierownik Zakładu Mikrobiologii i Ryzosfery**

Prof. dr hab. Lidia Sas-Paszt