UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU

Wydział Biologii
Instytut Biologii Środowiska
Zakład Ochrony Wód

Poznań, dnia 6 września 2023 roku

Dr hab. Renata Dondajewska-Pielka, prof. UAM
Zakład Ochrony Wód
Instytut Biologii Środowiska
Wydział Biologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Płachty
„Przestrzenne zróżnicowanie właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych płytkich jezior miejskich"

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny praca doktorska liczy 150 stron wydruku komputerowego i składa się z łącznie 13 rozdziałów, przy czym 8 z nich jest kluczowych z uwagi na przedstawione zagadnienia związane z celem naukowym pracy wraz z prezentacją wyników badań, ich analizą, dyskusją i wnioskami końcowymi. Praca jest zilustrowana 57 rycinami i 32 tabelami, przy czym 22 z nich zestawiono w postaci Załączników na końcu pracy. Bibliografia obejmuje 186 pozycji, w tym 69 pozycji w języku obcym, głównie angielskim.

Rozprawę otwiera niezbyt rozbudowane Wprowadzenie, po którym Autorka przedstawiła w rozdziale 2 aktualny stan wiedzy z zakresu funkcjonowania jezior miejskich. Z racji obszerności tej problematyki, Autorka skupiła się na tematyce dotyczącej osadów dennych i możliwości ich usuwania w procesie rekultywacji. Cel pracy wraz z hipotezami badawczymi przedstawiono w kolejnym rozdziale, w którym wypunktowano także zakres badań podjętych przez Autorkę, zmierzających do zrealizowania postawionego celu i weryfikacji hipotez badawczych. Autorka postawiła sobie za zadanie określenie przestrzennej zmienności właściwości fizycznych, składu chemicznego i struktury osadów dennych w 3 jeziorach, a na podstawie uzyskanych wyników zamierzała wskazać jakie czynniki decydują o miąższości osadów zasobnych w fosfor w kontekście usuwania osadów dennych w procesie rekultywacji. Mamy tu zatem do czynienia z celem typowo poznawczym: jak zmienia się w jeziorze struktura i skład osadów dennych w aspekcie przestrzennym, jak i z celem

aplikacyjnym: jak dane o strukturze i składzie osadów można wykorzystać by usprawnić i zracjonalizować koszt procesu rekultywacji na drodze usuwania osadów dennych.

Wyselekcjonowane do badań obiekty – płytkie jeziora miejskie – zostały scharakteryzowane z rozdziale 4, zaś wykorzystana metodyka badawcza została opisana w rozdziale 5, podzielonym na podrozdziały odpowiadające podejmowanym przez Autorkę krokom w badaniach osadów dennych wybranych jezior. W dalszej części badawczej pracy znalazły się uzyskane wyniki badań (rozdział 6), także zebrane w podrozdziałach, co umożliwiło ich klarowne i uporządkowane przedstawienie. W dyskusji (rozdział 7) Autorka pochyliła się nad wynikami badań, podejmując próbę ich interpretacji w świetle doniesień literaturowych. Znalazły się tu także liczne porównania własnych wyników z osiągnięciami naukowymi przedstawionymi w recenzowanych publikacjach. Praca zakończona jest Podsumowaniem oraz wypunktowanymi Wnioskami, po których następuje spis wykorzystanych pozycji bibliograficznych, spis rycin i tabel, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz wspomniane już załączniki w postaci tabelarycznej.

Ocena merytoryczna pracy

Problematyka przestrzennego zróżnicowania właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych jezior była już podejmowana w licznych publikacjach, wskazujących przede wszystkim na wyraźne różnice pomiędzy osadami litoralowymi i profundalowymi. Są one determinowane licznymi czynnikami, począwszy od wpływu zlewni (spływ powierzchniowy) przez obecność, strukturę i rozmieszczenie roślinności zanurzonej i wynurzonej po czynniki *stricte* środowiskowe jak odmienne warunki termiczne i tlenowe. W zakresie zmienności wertykalnej baza danych jest nieco mniej liczna, bowiem większość badań osadów dennych skupia się na ich warstwie powierzchniowej, odzwierciedlającej depozycję materiału z ostatnich kilkunastu lat funkcjonowania jeziora. Doniesienia opisujące zmienność właściwości osadów, głównie w kontekście zmniejszania się zasobności w związki biogenne czy materię organiczną wraz ze wzrostem głębokości, dotyczą głównie warstw osadów dzielonych na kilku centymetrowe odcinki, pokrywające łącznie 30-50 cm warstwę osadów dennych. Dotyczą one różnego rodzaju jezior, o różnym stanie troficznym, odmiennych parametrach morfometrycznych, położonych na różnych szerokościach geograficznych. Znakomita większość z nich cechuje się celem typowo poznawczym, szczególnie w kontekście oceny wpływu osadów dennych na funkcjonowania zbiorników wodnych poprzez oddziaływanie na krążenie związków biogennych w jeziorze.

W przedstawionej do oceny pracy problem zróżnicowania cech osadów dennych i wymiany związków biogennych, zwłaszcza fosforu w interfazie osad-woda, został zawężony do jezior płytkich położonych na obszarach zurbanizowanych. To wyjątkowe ekosystemy wodne pozostające z jednej strony pod silną presją antropogeniczną, wynikającą z przekształcenia ich zlewni, a co za tym idzie zwiększenia obciążenia zewnętrznego w związki biogenne, z drugiej zaś – odgrywające ważną rolę krajobrazową, estetyczną, służące za miejsca wypoczynku i rekreacji, a nierzadko także centra bioróżnorodności w przekształconym ręką człowieka środowisku. O ile głębsze jeziora wykazują się silniejszą odpornością na negatywne wpływy z zewnątrz, o tyle jeziora płytkie szybko reagują nasileniem eutrofizacji wraz z jej objawami niekorzystnie wpływającymi na tzw. usługi ekosystemowe jezior. W tego typu jeziorach oddziaływanie osadów dennych na krążenie pierwiastków w wodzie, a przez to na ich dostępność dla producentów pierwotnych, determinujących funkcjonowanie ekosystemu wodnego, jest kluczowa, zatem ważne jest rozpoznanie struktury i składu osadów dennych. Winno ono być elementem diagnozy stanu akwenu przed rozpoczęciem działań naprawczych, bez których uzyskanie dobrej jakości wód jeziornych często nie jest już możliwe. Takie działanie jest z reguły podejmowane, lecz z powodów czysto praktycznych nie ma możliwości szczegółowego przebadania właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych w aspekcie przestrzennym – zarówno horyzontalnym, obejmując różne części jeziora, jak o wertykalnym – odnosząc się do warstw osadów dennych. Z tego powodu próba stworzenia pewnego schematu postępowania poprzez wskazanie tzw. *hot spotów* – miejsc, w których osady denne wywierają największy wpływ na jakość wód – jest uzasadniona, podobnie jak wykazanie jaka jest miąższość osadów, które stanowią rezerwuar największych zasobów związków biogennych, zwłaszcza fosforu. Jak słusznie wskazała Autorka pracy, rekultywacja jezior metodą usuwania osadów dennych jest uznawana za najskuteczniejszą, lecz zbyt rzadko znajduje zastosowanie z uwagi na ogromny koszt wydobycia i zagospodarowania osadów dennych. Konieczne jest nie tylko precyzyjne sformułowanie jaka warstwa osadów dennych powinna zostać usunięta, ale także wybór miejsc o największym znaczeniu dla wymiany nutrientów miedzy osadem dennym a wodą naddenną. Taki praktyczny cel postawiła przed sobą mgr inż. Anna Płachta, zaś celem poznawczym jej pracy doktorskiej jest ocena przestrzennej zmienności właściwości fizyko-chemicznych osadu dennego oraz powiązanie jej z innymi czynnikami kształtującymi funkcjonowanie jeziora, jak obciążenie zewnętrzne w związki biogenne czy warunki morfometryczne.

W toku pracy postawiony cel został zrealizowany. Na przykładzie trzech płytkich jezior Autorka wykazała dość znaczną zmienność struktury i składu osadów. Ich wspólnym mianownikiem była dominująca zawartość krzemionki oraz materii organicznej, lecz koncentracje pozostałych związków, w tym azotu i fosforu różniły się w przestrzeni jeziora zarówno w aspekcie horyzontalnym, jak i wertykalnym. Co warte podkreślenia, w aspekcie wertykalnym Autorka podjęła się badania osadów o znacznej miąższości, sięgającej niemal 2 m, co jest dość rzadkie w tego typu badaniach, ale ma uzasadnienie w celu praktycznym, czyli próbie oceny jaką warstwę osadów należałoby z jeziora usunąć, by poprawić jego stan troficzny. Końcowy wynik podawany przez Autorkę we Wnioskach, sięgający 90 cm jest jednak dość wysoki, co w kontekście technicznych i ekonomicznych aspektów rekultywacji na drodze usuwania osadów dennych raczej nie będzie stanowił przekonywującego argumentu do zastosowania tej metody.

Wracając do przestrzennej zmienności zbadanych składników osadów dennych i ich zdolności do sorpcji/desorpcji fosforu, zabrakło mi w pracy wyraźnego wskazania stref jeziora kluczowych z punktu widzenia zasilania wewnętrznego w fosfor. Autorka wskazuje co prawda, że miejsca dopływu zanieczyszczeń do trzech badanych jezior cechowały się większą zasobnością w związki biogenne, co nie jest zaskakujące, ale nie podkreśla innych miejsc, nad którymi warto się pochylić w kontekście wpływu osadów na ton wodną. Wydaje się, że skonstruowanie pewnego schematu postępowania, wytyczenie miejsc (*hot-spotów*), które w płytkich miejskich jeziorach mają największe znaczenie dla krążenia pierwiastków miedzy osadem a wodą byłoby doskonałym praktycznym rezultatem badań nad zmiennością przestrzenną właściwości osadu.

Z uwagi na charakter zgromadzonych wyników badań, prezentujących przestrzenną zmienność właściwości osadu, pochyliłabym się w pracy nad ich graficznym przedstawieniem w oparciu o mapę jeziora – być może taka forma ułatwiłaby identyfikację wspomnianych hot-spotów i zaproponowanie swoistego algorytmu dla postępowania przedrekultywacyjnego. Jak słusznie wskazuje Autorka pracy, koszt usuwania osadów jest wysoki, zatem próba jego ograniczenia poprzez zmniejszenie kosztów badań na potrzeby diagnozy stanu jeziora zwiększa szansę na podjęcie rekultywacji.

Za niezwykle cenne uważam w pracy podjęcie badań nad zdolnościami sorpcyjnymi osadów dennych badanych jezior. Sam skład osadów dennych, w tym także zawartość poszczególnych frakcji fosforu wnosi sporo informacji o potencjale osadów do uwalniania/wiązania fosforu, lecz dopiero dokładniejsze badania skupiające się na właściwościach sorpcyjnych osadów w rożnych warunkach środowiskowych, w tym

przypadku temperatury i odczynu wody, dają pełniejszy obraz możliwości wymiany fosforu miedzy osadem a wodą. Zastanawia mnie prowadzenie doświadczenia przy pH 5, jak i ograniczenie się do dwóch wartości temperatur tj. 4^{o}C i 20^{o}C. Tak niski odczyn jest rzadko spotykany w strefie przydennej silnie eutroficznych płytkich jezior, zaś temperatura na poziomie około 10-12^{o}C obrazowałaby warunki panujące w jeziorze przez większą część roku. Biorąc jednak pod uwagę i tak szeroki zakres prac podjętych przez Autorkę, proszę te uwagi traktować raczej jako wskazówkę na przyszłość niż merytoryczny zarzut.

Doceniając poświęcony przez mgr inż. Annę Płachtę czas pracy, jak i ilość uzyskanych wyników, jakie zostały w toku pracy doktorskiej wygenerowane, chciałabym podkreślić umiejętność zapanowania nad tak bogatym materiałem i wyboru z niego najważniejszych zasobów do zaprezentowania w postaci graficznej w rozprawie.

Odnosząc się natomiast do hipotez badawczych sformułowanych w pracy mam poczucie pewnego braku. O ile obie hipotezy zostały sformułowane poprawnie, o tyle wydaje mi się, że pierwsza z nich wymaga pewnego uzupełnienia o hipotezę dotyczącą możliwych czynników wpływających na zróżnicowanie cech osadów, o którym mowa w hipotezie pierwszej. Owe czynniki zostały zidentyfikowane w celu pracy, jak i opisane w rozdziale Dyskusja, zatem materiał do skonstruowania hipotezy jest obecny.

Dyskutując zauważone braki w rozprawie, chciałabym jeszcze podkreślić dość wąską „Charakterystykę miejskich zbiorników wodnych" w podrozdziale 2.2. Z uwagi na swoje położenie na terenach zurbanizowanych i swoiste włączenie w sieć kanalizacji deszczowej jako ostateczne odbiorniki wód deszczowych spływających z obszarów utwardzonych, stanowią one miejsce depozycji nie tylko związków biogennych, ale także innych np. substancji ropopochodnych czy metali ciężkich, co poważnie wpływa na możliwość wykorzystania osadu dennego w przypadku jego usunięcia. Użycie słowa „charakterystyka" wymagałoby także szerszego spojrzenia na te jeziora w kontekście czysto przyrodniczym (bioróżnorodność, chronione gatunki) czy usług ekosystemowych.

Wreszcie, w mojej opinii praktyczny aspekt pracy tj. wskazanie miąższości osadów do usunięcia w procesie rekultywacji zyskałby znacząco, gdyby Autorka bardziej pochyliła się nad potrzebą zagospodarowania usuniętego osadu w myśl koncepcji tzw. gospodarki o obiegu zamkniętym. W świetle kurczących się zasobów fosforu i ciągłego zapotrzebowania na ten pierwiastek, osady denne w niego zasobne coraz częściej zaczynają być traktowane jako produkt a nie odpad, wpisując metodę usuwania osadów dennych w trend tzw. *sustainable restoration*. Być może warto rozważyć mając przed oczami wyniki badań dla 3 przykładowych jezior, jakie zasoby fosforu się w nich kryją, zakładając usunięcie konkretnej

objętości osadów dennych. Takie przeliczenia mogą być częścią przyszłej publikacji naukowej, wskazując na potencjalny zysk z rekultywacji z rachunku ekonomicznym przedsięwzięcia widzianego głównie jako znaczny koszt.

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr inż. Anny Płachty w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W toku opracowywania wyników w oparciu o dostępną literaturę naukową Autorka rozprawy dowiodła znajomości aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy. Cel pracy został osiągnięty a postawione hipotezy badawcze zweryfikowane.

Ponadto, rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez jej Autorkę. Praca została oparta na solidnym materiale empirycznym zgromadzonym przez mgr inż. Annę Płachtę. Bogactwo zebranego materiału i zakres prac wskazuje na opanowanie przez Autorkę technik badań laboratoryjnych. Wykazała się ona umiejętnością krytycznej analizy uzyskanych wyników z zastosowaniem metod statystycznych.

Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jakim jest określenie przestrzennej zmienności właściwości fizycznych, składu chemicznego i struktury osadów dennych w płytkich jeziorach miejskich w kontekście możliwości ich usuwania w procesie rekultywacji. Owa przestrzenna zmienność, rozumiana zarówno wertykalnie, jak i horyzontalnie, pozwoliła Autorce zarysować dokładny obraz stref jeziora o największym wpływie osadów dennych na jakość wód a przede wszystkim wskazać czynniki środowiskowe wpływające na ich rozmieszczenie. Uzyskane przez mgr inż. Annę Płachtę wyniki mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale również praktyczne, co zwiększa wartość pracy o aspekt aplikacyjny, wpisując wyniki badań mgr inż. Anny Płachty w możliwość ich wykorzystania w sferze gospodarczej.

Uwagi redakcyjne

Mimo rzetelnego przygotowania pracy pod względem edytorskim, prawidłowego skonstruowania i uporządkowania rozdziałów i podrozdziałów, właściwego numerowania tabel i rycin oraz przywołania ich w tekście, Autorka nie ustrzegła się kilku drobnych błędów redakcyjnych:

- strona 6 – Chemist, zamiast Chmist
- strona 7 – Biedki, zamiast Biedka
- ryciny 1,3,5 – brak legendy i skali

- strona 83 – azot amonowy i amoniak nie są synonimami i nie należy ich stosować wymiennie
- strona 97 „duże znaczenie dla przebiegu sorpcji" zamiast „duże znaczenie na przebieg sorpcji"
- stosowanie skrótów myślowych np. „Większość komponentów maleje wraz z głębokością (…) na stronie 101.

Odnotowałam także pewne braki w rozdziale „Metodyka badań" takie jak:

- brak wskazania, czy każdy z rdzeni cięto na 6 odcinków po 30 cm; wyniki analiz wskazują, że nie, zatem warto zaznaczyć to w opisie postępowania podczas próbkowania;
- część analiz np. frakcjonowanie fosforu czy analiza EPC0 były przeprowadzone tylko dla wybranych próbek/rdzeni, co podkreślono dopiero w rozdziale „Wyniki", natomiast w rozdziale „Metody badań" nie wskazano na podstawie jakich kryteriów próbki/rdzenie te zostały wybrane i w jakiej liczbie;
- w „Dyskusji" Autorka wskazuje na wpływ terminów poborów rdzeni na uzyskane wyniki, lecz w „Metodyce badań" nie wskazano kiedy próbki były pobierane.

Wniosek końcowy

Reasumując, uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Anny Płachty spełnia warunki formalne określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późn. zm.) w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018r., poz. 1669 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Anny Płachty do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 6, Collegium Biologicum,
61-614 Poznań
tel. +48 61 829 5783
www.biologia.amu.edu.pl