

Łódź, dnia 05.03.2024 r.

dr hab. Adrianna Wojtał-Frankiewicz, prof. UŁ  
Katedra UNESCO Ekohydrologii i Ekologii  
Stosowanej  
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska UŁ  
ul. Banacha 1/3; 90-237 Łódź  
e-mail: adrianna.wojtal@biol.uni.lodz.pl

### **Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra Rafała Popko pt.**

**„Rozmieszczenie przestrzenne zooplanktonu poniżej odpływów jezior jako wskaźnik oddziaływania jeziora na rzekę” zrealizowanej pod kierunkiem Promotora prof. dra hab. Roberta Czerniawskiego oraz Promotora pomocniczego dra Łukasza Sługockiego w Instytucie Biologii Wydziału Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego**

#### **Aspekt formalny**

Recenzja została sporządzona w związku z decyzją Rady Naukowej Instytutu Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 14 grudnia 2023 roku, zgodnie z art. 190 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.), § 128 ust. 1 i 2 Statutu Uniwersytetu Szczecińskiego, stanowiącego załącznik do uchwały nr 58/2019 Senatu Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 30 maja 2019 r. w sprawie przyjęcia Statutu US, § 5 ust. 4 i § 32 ust. 1 uchwały nr 99/2023 Senatu Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 28 września 2023 r. w sprawie szczegółowych zasad prowadzenia postępowań w sprawie nadania stopni naukowych w Uniwersytecie Szczecińskim.

#### **Układ i poprawność językowa rozprawy**

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska obejmuje łącznie 217 stron i stanowi formę monografii typową dla tego typu opracowań. Została klasycznie podzielona na następujące rozdziały: *Wstęp*, *Teren badań*, *Materiał i metody*, *Wyniki*, *Dyskusję* kończącą się podsumowaniem i wnioskami. Wyżej wymienione rozdziały zostały uzupełnione o spis literatury i *Aneks* zawierający materiały dodatkowe. Rozdział *Literatura* zawiera 115 pozycji bibliograficznych, które są prawidłowo cytowane przez Doktoranta w poszczególnych częściach rozprawy.

Rozprawa doktorska Pana mgra Rafała Popko jest napisana poprawnym językiem naukowym. Autor nie ustrzegł się jednak błędów gramatycznych, interpunkcyjnych i literówek, których w pracy jest niestety wiele. Nie mają one jednak wpływu na jakość merytoryczną pracy.

### **Merytoryczna ocena rozprawy**

W części *Wstęp* Pan mgr R. Popko w sposób jasny i przystępny wprowadza czytelnika w przedmiot swoich badań. Autor opisał w tym rozdziale aspekty związane ze specyfiką układu rzeka – jeziora/zbiorniki zaporowe leżące w jej biegu, w kontekście wpływu ekosystemów przepływowych na stan parametrów fizyko-chemicznych oraz na stan ekologiczny ciek. Zwrócił uwagę na ograniczoną wiedzę w tym temacie, ponieważ liczba badań wskazujących jak silnie i na jak długim odcinku poniżej odpływu zbiorniki wody stojącej wpływają na stan rzeki jest niewielka. Uzasadził również, że odpowiednim wskaźnikiem pozwalającym ocenić siłę i odległość oddziaływania jezior/zbiorników na rzekę z nich uchodzącą jest zooplankton. Autor przekonuje, że zooplankton jako zespół organizmów nietypowych dla reofilnych ekosystemów może pełnić rolę bioindykatora zmian w korycie rzeki poniżej zbiornika wody stojącej. To dość nieszablonowe podejście do funkcji bioindykatora, za którego uważa się zwykle gatunek (lub zespół gatunków) szybko reagujących na zmiany w środowisku ich naturalnego bytowania. Różna tolerancja organizmów na określone czynniki stresowe pomaga więc w identyfikacji biotycznych skutków przekształcania środowiska, w którym te organizmy żyją. Główny cel pracy uważam jednak za bardzo znaczący i ciekawy – była nim ocena wpływu jeziora na kształtowanie struktur zooplanktonu w rzece z niego uchodzącej. Autor postawił pytanie: jak zmieniają się zbiorowiska zooplanktonu w kontekście przestrzennym, w odniesieniu do warunków środowiskowych odcinków rzek poddanych wpływowi jeziora. W celu znalezienia odpowiedzi na zadane pytanie, autor sformułował cztery hipotezy, które testował w swoich badaniach. *Wstęp* jest generalnie spójny i merytorycznie odnosi się do hipotez badawczych. Stanowi dobre wprowadzenie do dalszych części rozprawy.

Rozdział *Teren badań* jest szczegółowy i adekwatny do części *Wyniki*. Autor rzetelnie przedstawił charakterystyki badanych stanowisk i odcinków każdej z pięciu wytypowanych rzek: Drawy, Korytnicy, Krępy, Mierzęckiej Strugi oraz Słopic, wzbogacając opisy odpowiednimi mapkami. Liczba stanowisk poboru prób wynosiła od 6 do 10 w zależności od rzeki. Wyznaczono je w miejscach reprezentatywnych dla poszczególnych cieków, obejmując długość danej rzeki od wypływu z ostatniego w jej biegu zbiornika wody stojącej do ujścia rzeki do recipienta.

W kolejnym rozdziale *Materiał i metody* Autor opisał procedurę poboru i analiz prób, a także zastosowane metody statystyczne i wskaźniki. Brakuje mi jasno sprecyzowanej informacji na

temat częstotliwości poboru prób. Autor informuje, że badania prowadzono w miesiącach czerwiec – wrzesień w ciągu dwóch lat (2019, 2020), przy czym w każdym roku badano inne rzeki. Czytając opis metodyki poboru prób można by sądzić, że z każdego stanowiska pobrano tylko jedną próbę w ciągu całego cyklu badawczego. Dopiero opis wyników wskazuje, że próby na każdym stanowisku pobierano przynajmniej raz w miesiącu, od czerwca do września. Sugeruję bardziej precyzyjny opis metodyki poboru prób w materiale przygotowanym do publikacji, aby uniknąć niejasności.

Rozdział *Wyniki* to najobszerniejsza część rozprawy. Został on podzielony na szereg podrozdziałów, które tematycznie odnoszą się do trzech rodzajów wykonanych analiz: oceny składu jakościowego i ilościowego zooplanktonu w poszczególnych rzekach; korelacji Spearman'a pomiędzy liczbą taksonów i liczebnością zooplanktonu w warunkach środowiskowych badanych ekosystemów oraz analizy redundancji (RDA) uwzględniającej liczbę taksonów, liczebność zooplanktonu i warunki środowiskowe. Wyniki są dość klarownie opisane, według jednolitego schematu dla każdej rzeki. Niewątpliwie ułatwia to czytelnikowi analizę wyników badań w poszczególnych rzekach, ale jest też pewną pułapką dla Autora, bowiem posługując się taką matrycą przy tworzeniu tekstu łatwo o pomyłkę. I tak, w wielu miejscach pojawia się niewłaściwa nazwa rzeki – najczęściej jest to Drawa, której nazwa jest błędnie przytaczana w opisie wyników dotyczących wszystkich pozostałych rzek (strony: 70, 72 w podpisie rys. 19, 77, 85 w podpisach rys. 23 i tabeli 35, 89, 102 i 109). Nagłówek tabeli 15 także zawiera skrót nazwy rzeki Drawy, zamiast Korytnicy. Analogiczna pomyłka jest w podpisie rysunku 22 (str. 79), gdzie wymieniona jest Słopica, zamiast Krępy. Przy okazji pragnę zapytać jaka jest poprawna odmiana nazwy Krępa, ponieważ w tekście pojawia się zarówno „Krępie” jak i „Krępej”. Z drobnych błędów - według danych z tabeli 15 (str. 57) frekwencja *Kellicotia longispina* na stanowisku 2 Drawy wynosi 225 %. Kolejną pomyłką, na str. 100, jest błędne odniesienie w tekście do podobieństwa taksonomicznego (wskaźnika Jaccard'a), gdyż wyniki przedstawiają wartości różnic ilościowych (wskaźnik Bray'a Curtis'a). Odnośnie wspomnianych wskaźników, proszę wyjaśnić jakie kryteria przyjęto przy wskazywaniu najwyższego podobieństwa taksonomicznego między stanowiskami. Czy były to wartości > 50% (tj. > 0,50 wartości wskaźnika Jaccard'a)? Według mnie, tak powinno być. Jednak zależności wskazywane w tekście, odnoszące się do wysokiego podobieństwa między stanowiskami, nie stosują się to tego kryterium. Przykładowo: 1) tabela 4 (str. 41) - dlaczego pominięto podobieństwo między stanowiskami 6 i 9 oraz 2 i 3 z 10, podczas gdy wskazano podobieństwa o niższej wartości wskaźnika? 2) tabela 28 (str. 76) pominięto podobieństwo między stanowiskami 2 i 3; 3) tabela 52 (str. 108) pominięto podobieństwo między stanowiskami 6 i 7. Ponadto, w opisie diagramu klasterowego podobieństwa taksonomicznego na stronie 76 (rys. 20) znajduje dość niefortunne zdanie, odnoszące się do podziału rzeki Krępy na wyodrębnione odcinki (tj. rozdziału pierwszych trzech stanowisk od

kolejnych trzech). Brzmi ono: „Jednak nie jest to raczej podział istotny”. Rozumiem, co Autor miał na myśli. Jednak w opracowaniach naukowych określenie „istotny” wynika z przeprowadzonych testów statystycznych, co wyklucza wątpliwości, że otrzymany wynik jest przypadkowy. O tym, że w rzeczonym przypadku nie mamy do czynienia z podziałem restrykcyjnym świadczą wartości współczynnika Jaccard’a – wskazują one na wysokie podobieństwo między stanowiskami 1 i 6, 2 i 6 oraz stanowiska 3 z 4, 5 i 6.

Błędy wkrały się także do analiz korelacji np. w oznaczeniu typu zagospodarowania zlewni w tabeli nr 66 (str. 123) – w opisie obszary miejskie mają skrót OM, w tabeli pojawia się „UM”. Moje wątpliwości budzą wyniki korelacji przedstawione w tabelach nr 72 i 73 (str. 126-127), w przypadku każdej grupy organizmów wartości współczynnika Spearmana dla różnych typów zagospodarowania zlewni są identyczne. Wydaje mi się to mało prawdopodobne, proszę więc sprawdzić czy nie wkrał się do tabel błąd.

Ponadto, we wszystkich rysunkach przedstawiających diagramy analizy redundancji znajduje się błąd w podpisie, bowiem diagram D przedstawia ordynację stanowisk uwzględniającą liczebność (a nie jak jest „ordynację grup funkcyjnych zooplanktonu”). Proszę także o wyjaśnienie dwóch kwestii: 1) w podrozdziale „Analiza RDA w Krępie” (str. 140) znajduje się informacja, że „test permutacyjny wskazał tylko jedną zmienną środowiskową (chlorofil a) dla liczby taksonów i dla liczebności zooplanktonu, która w istotnym stopniu wyjaśniała ich zróżnicowanie ( $p < 0,05$ )”, podczas gdy wartość prawdopodobieństwa tej zmiennej dla liczby taksonów, przedstawiona w tabeli 97, wynosi 0,058; 2) z kolei w podrozdziale „Analiza RDA w Słopiczy” Autor twierdzi, że „test permutacyjny wskazał tylko jedną zmienną środowiskową (powierzchnia porośnięcia dna przez roślinność) dla liczby taksonów i dla liczebności zooplanktonu, która w istotnym stopniu wyjaśniała ich zróżnicowanie ( $p < 0,05$ )”, a z wyników przedstawionych w tabeli 101 wynika, że drugą istotną zmienną jest szerokość koryta ( $p = 0,038$ ).

Pracę zamyka dość obszerny rozdział *Dyskusja*. Uważam, że przy jego objętości (33 strony) i złożoności powinien zostać podzielony na podrozdziały, co znacząco ułatwiłoby czytanie i merytoryczną analizę. W pierwszej części *Dyskusji* Pan mgr R. Popko opisuje wpływ różnego rodzaju piętrzeń na rzekach na liczbę taksonów i obfitość zooplanktonu. Wyniki uzyskane w czasie realizacji doktoratu, dotyczące tego zagadnienia, są w większości spójne z wynikami osiągniętymi przez innych badaczy i w mojej opinii znacząco je uzupełniają. Wytypowanie do badań pięciu różnych rzek, a na nich wielu zróżnicowanych stanowisk umożliwiło Autorowi wykazanie, że zbiorniki wpływają na rzekę w sposób zdwywersyfikowany, w zależności od ich charakterystyki – głównie morfologii i hydrologii. Ponadto, na podstawie przedstawionych badań Autor sugeruje, że zooplankton jest na tyle dobrym wskaźnikiem zmian w korycie rzeki, zarówno antropogenicznych jak i kształtowanych przez inne czynniki, że powinien być ujęty przez Ramową Dyrektywę Wodną w ocenie jakości rzek. W pełni się z tą sugestią zgadzam.

Klasyfikacja ekosystemów słodkowodnych poprzez ocenę ich stanu ekologicznego została wprowadzona przez Ramową Dyrektywę Wodną, jako zadanie monitoringowe, prawie 20 lat temu. Przyjęcie RDW doprowadziło do intensywnego rozwoju metod monitoringu z wykorzystaniem wszystkich głównych grup organizmów wodnych, czyniąc kraje członkowskie UE liderami w kompleksowych badaniach ekologicznych ekosystemów wodnych jako wyznacznika jakości środowiska. Liczne badania udowadniają, że o kondycji ekosystemu wodnego można wnioskować na podstawie aktywności oraz obecności lub braku określonych gatunków zooplanktonu, który działa jak wczesne sygnały ostrzegawcze, czyniąc tę grupę organizmów wartościowym narzędziem w bioindykacji. Tym bardziej, trudno racjonalnie wytłumaczyć pominięcie zooplanktonu przez RDW.

Ciekawym wynikiem prezentowanych badań jest zróżnicowany wpływ stawów hodowlanych na zooplankton. Aspekt hydrologiczny jest zrozumiały – większy przepływ w stawach pstrągowych jest niewątpliwie czynnikiem znacząco ograniczającym rozwój zooplanktonu. Autor wskazuje jednak, że w stawach karpowych, o bardziej zastoiskowym charakterze, zooplankton rozwija się bujnie. Zróżnicowanie taksonomiczne i ilościowe zooplanktonu wynika z charakteru warunków środowiskowych danego ekosystemu i jest kształtowane zarówno przez parametry fizyko-chemiczne, jak i biologiczne. Nasuwa się więc pytanie w jakim stopniu struktura ilościowa i jakościowa zooplanktonu mogła być zależna od żerowania ryb w zbiornikach wody stojącej. I Autor również zadał sobie to pytanie, ponieważ poświęcił rybnom sporo uwagi w *Dyskusji*, analizując ich wpływ na zbiorowiska zooplanktonu w ciekach. Pojawiają się tu jednak wnioski, które bezpośrednio odnoszą się do wyników zawartych w niniejszej dysertacji np. „poniżej zbiorników zaporowych i analizowanych w niniejszej pracy jezior spadek liczebności dużych skorupiaków, który był największy spośród badanych grup zooplanktonu z pewnością był dodatnio skorelowany z biomasą małych ryb karpowatych”; „wyniki niniejszej rozprawy odnoszące się do skuteczności żerowania ryb na zooplanktonie w sekcji odpływowej jezior były również pośrednio zależne od warunków przezroczystości wody, związanej ze statusem troficznym jeziora”; „w niniejszych badaniach nie obserwowano zbyt dużych różnic w redukcji zooplanktonu pomiędzy rzekami w zakresie tego parametru, stąd należy uznać, że efektywność żerowania ryb na zooplanktonie względem warunków świetlnych była podobna pomiędzy wszystkimi rzekami”. Niestety, ryby nie były parametrem ujętym w analizach recenzowanej rozprawy. Na jakiej więc podstawie zostały wyciągnięte powyżej cytowane wnioski? Nie widzę oczywiście przeszkód w odnoszeniu się do wyników badań innych autorów, lecz bezpośrednie przełożenie ich na własne wyniki, bez wykonania konkretnych analiz jest dalece spekulatywne. Generalnie najciekawsza, bo odnosząca się do hipotez badawczych, jest końcowa część *Dyskusji* (od str. 163).

Za największe osiągnięcie badawcze ocenianej rozprawy uważam wykazanie, że organizmy zooplanktonowe, a w szczególności drobne formy jak wrotki, są dobrymi wskaźnikami oddziaływania zbiorników wody stojącej na rzekę z nich uchodzącą. Zakres prowadzonych

badan tj. eksploracja długich odcinków pięciu różnych rzek, z różnymi typami piętrzeń umożliwił identyfikację czynników determinujących przestrzenne rozmieszczenie zespołów zooplanktonu w ciekach. Osiągnięcie ma więc potencjał praktyczny i może być wykorzystywane w monitoringu jakości wód w kontekście ochrony, rekultywacji i zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi.

#### **Ocena końcowa**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgra Rafała Popko pt. „Rozmieszczenie przestrzenne zooplanktonu poniżej odpływów jezior jako wskaźnik oddziaływania jeziora na rzekę”, przygotowana pod opieką naukową prof. dra hab. Roberta Czerniawskiego oraz dra Łukasza Sługockiego, jest wartościowym osiągnięciem naukowym. Pomimo moich uwag i zastrzeżeń, oceniana dysertacja w rzetelny sposób prezentuje badania prowadzone przez Doktoranta. W poszczególnych rozdziałach rozprawy Pan mgr Rafał Popko wykazał się wiedzą teoretyczną w zakresie prowadzonych badań oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Świadczy o tym: trafne zweryfikowanie aktualności problemu badawczego; właściwe zaplanowanie i wykonanie badań; dobór adekwatnej metodyki; poprawne konfrontowanie, argumentowanie, interpretowanie otrzymanych wyników, umiejętne dyskusowanie ich z wynikami innych autorów oraz właściwe formułowanie wniosków.

Podsumowując, w mojej ocenie rozprawa doktorska mgra Rafała Popko stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego i spełnia kryteria określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668) stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne. W związku z tym, zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego o dopuszczenie Pan mgra Rafała Popko do dalszych etapów postępowania doktorskiego.



.....  
Dr hab. Adrianna Wojtał-Frankiewicz, prof. UŁ