

Lublin, 30.05.2022 r.

Dr hab. Piotr Sugier, prof. UMCS  
Katedra Botaniki, Mykologii i Ekologii  
Wydział Biologii i Biotechnologii  
Instytut Nauk Biologicznych  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej  
w Lublinie  
ul. Akademicka 19  
20-033 Lublin

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra Michała Brzozowskiego  
pt. „Recovery of the population of an endangered charophyte species *Lychnothamnus  
barbatus* in the light of climate change”  
„Odbudowa populacji zagrożonego gatunku ramienicy *Lychnothamnus barbatus* w  
świecie zmiany klimatu”**

**wykonanej w Zakładzie Hydrobiologii Wydziału Biologii  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
pod kierunkiem prof. dra hab. Mariusza Pelechatego**

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy ramienicy *Lychnothamnus barbatus*, gatunku zagrożonego w skali świata. Ramienice (Charophyta) w ekosystemach wodnych pełnią wiele istotnych funkcji. Występując w postaci tzw. podwodnych łąk ramienicowych pozytywnie wpływają na jakość wód stabilizując osady, wiążąc biogeny, a także tworząc mikrosiedliska dla wielu gatunków zwierząt. Odgrywają istotną rolę w tworzeniu nisz ekologicznych, są siedliskiem dla peryfitonu, miejscem tarła dla ryb i pokarmem dla wielu hydrobiontów. Ramienice przyczyniają się do utrzymania stanu czystowodnego jezior i mają ogromny wpływ na funkcjonowanie zbiorników wodnych, zatem ich obecność jest bardzo pożądana z punktu widzenia utrzymania dobrego stanu ekologicznego wód. Zmieniające się warunki klimatyczne wpływają na ekosystemy wodne, co znajduje odzwierciedlenie w transformacji siedlisk, bardzo często ich zaniku, zmniejszaniu liczebności populacji hydrobiontów oraz w zmianach ich zasięgu geograficznego. Zmiany środowiskowe w Europie, które nastąpią wraz ze wzrostem temperatury, obejmą przesunięcie stref klimatycznych na północ kontynentu. Konsekwencją tego będą zmiany bogactwa gatunkowego oraz różnorodności biologicznej. Istnieje więc potrzeba badania i oceny reakcji roślinności wodnej w kontekście tychże zmian. Przedstawiona przez Doktoranta rozprawa doktorska wpisuje się wyraźnie w tę właśnie

problematykę badawczą, a globalnie zagrożony gatunek ramienicy *L. barbatus*, który po wielu latach „powrócił” do jeziora Kuźnickiego stał się idealnym obiektem badań.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera streszczenie w języku angielskim i polskim, spis publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej wraz z kopiami publikacji Doktoranta, dorobek publikacyjny, a także oświadczenia współautorów wskazujących na ich udział w przygotowaniu prac naukowych.

Wyniki pracy doktorskiej Pana mgr Michała Brzozowskiego zostały opublikowane w pięciu oryginalnych artykułach naukowych:

Publikacja 1. Brzozowski M., Pełechaty M. 2020. Broad morphological and reproductive variability of the endangered macroalga *Lychnothamnus barbatus* in the depth gradient. *Aquatic Botany*, 165, 103239. doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103239

Publikacja 2. Brzozowski M., Pełechaty M. 2022. Overwintering of an endangered charophyte during milder winters in Central Europe enhances lake water quality. *Limnologica*, 92, 125944. doi.org/10.1016/j.limno.2021.125944

Publikacja 3. Brzozowski M., Pełechata A., Kaczmarek L., Pełechaty M. 2021. Transformation and simplification of aquatic vegetation structure and reoligotrophication of a lake during the last 40 years. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 90, 905. doi.org/10.5586/asbp.905

Publikacja 4. Brzozowski M., Kowalewski G., Szczuciński W., Kaczmarek L., Pełechaty M. 2021. Preliminary evidence of an endangered species benefiting from moderate climate warming: A paleolimnological study of the charophyte *Lychnothamnus barbatus*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(10), 2673-2689. doi.org/10.1002/aqc.3672

Publikacja 5. Brzozowski M., Pełechaty M., Bogawski P. 2022. A winner or a loser in climate change? Modelling the past, current, and future potential distributions of a rare charophyte species. *Global Ecology and Conservation*, 34, e02038. doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02038

Przedstawiony przez Doktoranta tytuł trzeciej publikacji spośród włączonych do doktoratu (Praca doktorska, str. 14, 15) nieco odbiega od oryginalnego tytułu tejże publikacji.

W streszczeniu, które jest integralną częścią rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił hipotezę badawczą: „Ocieplenie klimatu, poprzez skrócenie czasu zalegania pokrywy lodowej i śnieżnej, daje przewagę konkurencyjną zagrożonemu gatunkowi *L.*

*barbatus*, sprzyjając jego rozprzestrzenianiu się i ekspansji w zmieniającym się środowisku wodnym” oraz realizowane cele badawcze. Następnie przedstawił wyniki swoich badań wraz z konkluzjami. Generalnie streszczenie jest bardzo zwięzłe i dobrze oddaje problematykę badawczą zawartą w artykułach naukowych stanowiących przedmiot oceny. Sądzę jednak, że Doktorant bardzo słabo wyartykułował osiągnięcie naukowe. Autor nie przedstawił celów badań zawartych w publikacji 3, skupiając się na 4 pozostałych pracach. W przedstawionych celach badań nie zawarto problemu oceny narzędzi wykorzystanych w modelowaniu, zatem fragment dotyczący tej kwestii jest zbędny w streszczeniu. Mam też wątpliwość odnośnie fragmentu dotyczącego „rozprzestrzeniania się jego (*L. barbatus*) potencjalnych siedlisk na nowe obszary”. Ponadto w opisie dotyczącym rozmieszczenia *L. barbatus* mógłby się pojawić akcent geograficzny.

Rozprawa doktorska Pana mgra Michała Brzozowskiego została przedstawiona w formie 5 spójnych tematycznie oryginalnych artykułów naukowych, które uzyskały pozytywną ocenę, opublikowanych w międzynarodowych czasopismach naukowych wysokiej rangi. Doktorant swoje badania terenowe przeprowadził na Pojezierzu Poznańskim w jeziorze Kuźnickim, zdominowanym przez zagrożony gatunek *L. barbatus*. W bardzo umiejętny sposób skorzystał z wyjątkowej okazji jaką jest odtworzenie populacji zagrożonego w skali świata gatunku ramienicy. Założone cele pracy zostały zrealizowane a postawiona hipoteza badawcza została zweryfikowana. Na wysoką ocenę zasługuje dyskusja własnych wyników badań na tle bardzo bogatej literatury. Doktorant prezentując wyniki swoich badań wykazał, że w ostatnich latach *L. barbatus* stał się jednym z dominantów roślinności zanurzonej badanego jeziora. Czynnikiem, które w istotny sposób wpłynęły na ten fakt były poprawa jakości wody oraz bank oospor zdeponowany w osadach dennych. Doktorant wykazał, że *L. barbatus* charakteryzuje się inną sezonowością produkcji biomasy niż ta opisana dotychczas w przypadku innych hydrofitów oraz charakteryzuje się zdolnością do zimowania w postaci zwartego zbiorowiska. Stwierdził również, że łagodne zimy sprzyjały zimowaniu *L. barbatus* i innych makrofitów w zbiorowiskach tego gatunku, a zimujące rośliny mogą chronić jeziora o umiarkowanej trofii wód przed negatywnymi skutkami globalnego ocieplenia, takimi jak zwiększony ładunek nutrientów po łagodnych zimach. Dzięki zdolności do zimowania *L. barbatus* uzyskuje przewagę konkurencyjną nad innymi gatunkami ramienic i roślin naczyniowych, co może tłumaczyć powrót badanego taksonu do jezior europejskich. Przeprowadzona w ramach badań Doktoranta paleorekonstrukcja roślinności wodnej jeziora Kuźnickiego wykazała, że rozwój populacji *L. barbatus* następował wraz z ociepleniem klimatu po zakończeniu Małej Epoki Lodowej w XIX wieku, co wskazuje na analogię między

obserwowanym obecnie zjawiskiem ocieplenia klimatu a rekonstrukcją siedlisk badanego gatunku. Wyniki te sugerują, że w grupie beneficjentów ocieplenia klimatu mogą występować skrajnie rzadkie gatunki hydrobiontów. Bardzo wnikliwe i rzetelne badania pozwoliły na zidentyfikowanie dwóch różnych fenotypów *L. barbatus*, z których jeden jest lepiej przystosowany do życia na głębokości 5-7 m, natomiast drugi do życia w płytkim fitolitoralu. Dzięki temu *L. barbatus* może optymalizować alokację zasobów w zależności od występujących warunków środowiskowych. Z kolei badania modelowe wykazały, że najważniejszymi zmiennymi bioklimatycznymi wpływającymi na rozmieszczenie *L. barbatus* są: średnia temperatura w najbardziej wilgotnym kwartale, średnia temperatura w najbardziej suchym kwartale i średnia temperatura w najcieplejszym kwartale. Doktorant przedstawił scenariusze, zgodnie z którymi aktualne populacje mogą zaniknąć, natomiast zasięg gatunku może rozszerzyć się na obszary zachodniej i południowej Europy, a także Skandynawii.

Przedstawiona praca doktorska w postaci spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowym wysokiej rangi o zasięgu międzynarodowym, stanowi oryginalne rozwiązanie problemów badawczych. Badania przeprowadzono stosując różne metody pozyskiwania danych, zarówno terenowych jak i laboratoryjnych, a także ich analizy. Analizy laboratoryjne zostały przeprowadzone według standardowych metod analitycznych, a charakterystyka warunków środowiskowych jest wyczerpująca. Współpraca ze specjalistami różnych dziedzin nauki zaowocowała pozyskaniem informacji dotyczących fitoplanktonu, makroszczątków oraz wieku osadów limnicznych, a także pozwoliła na modelowanie rozmieszczenia zagrożonego gatunku. Bardzo bogata jest lista źródeł z których Doktorant pozyskiwał dane. Większość to oczywiście dane środowiskowe i wyniki analiz laboratoryjnych, ale też dane klimatyczne oraz informacje zaczerpnięte z międzynarodowych baz danych. Bardzo bogaty jest zestaw narzędzi statystycznych. Oprócz klasycznych analiz statystycznych Doktorant często wykorzystywał analizy wielowymiarowe, niemetryczne skalowanie wielowymiarowe, a w przypadku analizy potencjalnego rozmieszczenia *L. barbatus* – modele dystrybucji przestrzennej, zróżnicowanych globalnych scenariuszy klimatycznych oraz odmiennych wariantów wspólnych ścieżek społeczno-ekonomicznych.

Wartość merytoryczną przedstawionej do oceny pracy doktorskiej oceniam bardzo wysoko, a do największych osiągnięć zaliczam:

- określenie wpływu głębokości wody na ilość wyprodukowanej biomasy oraz liczbę oospor *L. barbatus*;
- stwierdzenie sezonowości produkcji biomasy przez *L. barbatus*, a także zdolności osobników tego gatunku do zimowania w postaci zwartych zbiorowisk w warunkach

łagodnych zim, co w konsekwencji pozwala temu taksonowi na uzyskanie przewagi konkurencyjnej nad innymi gatunkami ramienic i roślin naczyniowych;


- zidentyfikowanie w jednym ekosystemie jeziornym dwóch fenotypów *L. barbatus*, przystosowanych do życia na różnych głębokościach, dzięki czemu gatunek ten może optymalizować alokację zasobów w zależności od występujących warunków środowiskowych;
- wskazanie średniej temperatury w najbardziej wilgotnym kwartale, średniej temperatury w najbardziej suchym kwartale i średniej temperatury w najcieplejszym kwartale, jako czynników klimatycznych wpływających na rozmieszczenie *L. barbatus*;
- prognozowanie zmian zasięgu geograficznego występowania *L. barbatus* w kontekście zmiany klimatu.

Przedstawione do oceny artykuły naukowe wchodzące w skład pracy doktorskiej były już recenzowane, zatem zarówno merytoryczna jak i techniczna ocena pracy została już przeprowadzona. Niemniej jednak chciałbym odnieść się do niektórych kwestii i przedstawić swój punkt widzenia. W publikacji nr 1 stwierdziłem brak konsekwencji w stosowaniu statystyk nieparametrycznych, a mianowicie po wykazaniu różnic przez zastosowanie „nieparametrycznego” testu Kruskala-Wallisa, zastosowano „parametryczny” test Dunkana służący do porównania par średnich arytmetycznych, podczas gdy powinny być porównane mediany. Z informacji przedstawionych w części metodycznej tejże publikacji, jak też z tytułu ryciny 1 wynika, że takie cechy jak długość osi głównej i liczba węzłów osobników *L. barbatus* analizowano wykorzystując statystyki parametryczne, natomiast na tejże rycinie przedstawiono wyniki analiz będące efektem zastosowania statystyk nieparametrycznych. Uważam, że w przypadku tych dwóch cech na rycinie 1B oraz 1C powinny być przedstawione porównywane wartości średnie. Ponadto oznaczając różnice między wartościami średnimi lub medianami będące wynikiem testu statystycznego przyjmuje się zasadę oznaczania od wartości największej do najmniejszej lub odwrotnie. W przypadku wyników prezentowanych na rycinie 1 zasada ta nie była spełniona. W części metodycznej pracy nr 2 nie podano nazwy testu, który wykorzystano do wielokrotnego porównania parami w przypadku wykorzystania statystyk nieparametrycznych. Opis wyników (rozdział 3.1) dotyczących azotu całkowitego nie koresponduje z opisem różnic przedstawionych w tabeli 1. Błąd tkwi w niewłaściwym oznaczeniu różnic między wartościami średnimi w tejże tabeli. Dyskusyjne jest też oznaczenie różnic w przypadku „Mg<sup>2+</sup>” i „Cond.”. Ponadto uważam, że

zbędna jest powtarzająca się informacja dotycząca techniki oznaczania różnic między wartościami średnimi. O powszechnie stosowanej zasadzie wspomniałem już wcześniej. Chcę podkreślić, że wykazane potknięcia nie miały wpływu na ostateczny obraz wyników, a także ich dyskusję i wnioskowanie.

Po zapoznaniu się z przedstawioną rozprawą doktorską uważam, że Pan mgr Michał Brzozowski wykazał się szeroką wiedzą w zakresie podjętej problematyki badawczej. Doktorant w pełni osiągnął zamierzone cele badań. Potwierdził również, że potrafi zaplanować ścieżkę badawczą i realizować poszczególne jej etapy. Przedstawione przez niego badania prezentują wysoki poziom naukowy oraz wnoszą nowe i ważne wątki do wiedzy dotyczącej ekologii rzadkiego gatunku ramienicy *L. barbatus*. Stwierdzam, iż przedstawiona mi do recenzji praca Pana mgra Michała Brzozowskiego pt. „Odbudowa populacji zagrożonego gatunku ramienicy *Lychnothamnus barbatus* w świetle zmiany klimatu” spełnia wymogi stawiane rozprawom na stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne i wnioskuję o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Mając na uwadze nowatorstwo i wysoki poziom merytoryczny rozprawy doktorskiej wnoszę o jej wyróżnienie.



Dr hab. Piotr Sugier, prof. UMCS