

Poznań, 10 marca 2023 r.

Prof. dr hab. inż. Mariusz Sojka  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej  
Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr. inż. Grzegorza Chrobaka**  
pt. „*System wspierania oceny stanu ekologicznego ekosystemów jeziornych  
wspomagany algorytmami uczenia maszynowego*”  
wykonanej na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu  
Promotor: **dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk, prof. UPWr**  
Drugi promotor: **Prof. dr Thomas B. Fischer**

### 1. Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Chrobaka, jest pismo prof. dr. hab. Krzysztofa Pulikowskiego, przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 13 stycznia 2023 roku.

### 2. Przedmiot, charakterystyka ogólna i ocena formalna rozprawy doktorskiej

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Chrobaka, pt. „*System wspierania oceny stanu ekologicznego ekosystemów jeziornych wspomagany algorytmami uczenia maszynowego*”, zrealizowana na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, pod kierunkiem dr hab. inż. Tomasza Kowalczyka prof. UPWr oraz prof. dr. Thomasa B. Fischera. Rozprawa doktorska ma formę spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych w latach 2021-2022. W skład zbioru wchodzi trzy artykuły naukowe:

- A1. Chrobak, G., Kowalczyk, T., Fischer, T. B., Szewrański, S., Chrobak, K., Wąsowicz, B., Kazak, J. K. (2022). First, do no harm-Missing data treatment to support lake ecological condition assessment. *Environmental Modelling & Software*, 158, 105558, DOI: 10.1016/j.envsoft.2022.105558.
- A2. Chrobak, G., Kowalczyk, T., Fischer, T. B., Szewrański, S., Chrobak, K., Kazak, J. K. (2021). Ecological state evaluation of lake ecosystems revisited: Latent variables with kSVM algorithm approach for assessment automatization and data comprehension. *Ecological Indicators*, 125, 107567, DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107567.
- A3. Chrobak, G., Kowalczyk, T., Fischer, T. B., Chrobak, K., Szewrański, S., Kazak, J. K. (2021). Combining indicators for better decisions—Algorithms vs experts on lakes ecological status assessment. *Ecological Indicators*, 132, 108318, DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108318.



Wszystkie wchodzące w skład zbioru artykuły są wieloautorskie. Zaangażowanie mgr. inż. Grzegorza Chrobaka w powstanie artykułów określono na podstawie oświadczeń, złożonych przez wszystkich współautorów. W oświadczeniach przedstawiony został precyzyjnie wkład poszczególnych autorów w powstanie artykułów, co pozwala na pełną ocenę zaangażowania i roli Doktoranta. We wszystkich artykułach mgr inż. Grzegorz Chrobak jest pierwszym autorem. Doktorant w autoreferacie oszacował swój procentowy wkład w powstanie kolejnych artykułów naukowych odpowiednio na poziomie 75%, 80% i 70%. Wg oświadczeń załączonych do autoreferatu Jego wkład w przygotowanie artykułów naukowych był następujący: w artykule A1 polegał na „*opracowaniu zakresu badań, stworzeniu metodyki i uzupełnieniu braków danych ekologicznych, pisaniu oryginalnego manuskryptu, wizualizacji i przetworzeniu danych, przeprowadzeniu dyskusji oraz opracowaniu programu komputerowego realizującego założenia pracy*”, w artykule A2 polegał na „*stworzeniu modelu uczenia maszynowego kSVM, opracowaniu algorytmu działania modelu wraz z oprogramowaniem*” ponadto autor oświadczył autorstwo „*oryginalnego manuskryptu, wizualizacji danych oraz przeglądu literatury*”, w artykule A3 polegał na „*stworzeniu koncepcji współpracy eksperta z algorytmami uczenia maszynowego, stworzeniu algorytmu współpracy, stworzeniu i wizualizacji modelu sieci neuronowych do grupowania obiektów z wykorzystaniem wyników analizy głównych składowych*” ponadto mgr inż. Grzegorz Chrobak oświadczył autorstwo „*oryginalnego manuskryptu, wraz z opisami wyników oraz programem komputerowym realizującym założenia badawcze pracy*”. W przypadku artykułu A2 udział Doktoranta w jego przygotowanie przedstawiony w „CRediT authorship contribution statement” nie w pełnym zakresie pokrywa się z tym przedstawionym w oświadczeniu załączonym do autoreferatu.

Wszystkie artykuły ukazały się w renomowanych czasopismach naukowych tj. Environmental Modelling & Software i Ecological Indicators, posiadających wskaźnik wpływu Impact Factor, który wynosi odpowiednio 5,471 i 6,263. Wg bazy Scopus czasopisma znajdują się odpowiednio w 91 i 94 percentylu czasopism z kategorii Environmental Science. Natomiast wg bazy Web of Science czasopismo Ecological Indicators znajdują się w Q1 czasopism z kategorii Environmental Science a czasopismo Environmental Modelling & Software w Q2 czasopism z kategorii Environmental Science i Environmental engineering. Ponadto należy podkreślić, że czasopisma w których zostały opublikowane artykuły naukowe stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej są przypisane do dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

W załączonym autoreferacie mgr inż. Grzegorz Chrobak dokonał prezentacji i syntezy uzyskanych wyników. Opracowanie to składa się z ośmiu części: (1) Struktura rozprawy, (2) Hipoteza i cele, (3) Czym rozprawa ta nie jest, (4) Wprowadzenie i luki w wiedzy, (5) Dane, metody i narzędzia, (6) Rezultaty, (7) Wyzwania i dalsze kierunki badań i (8) Literatura. Integralną częścią autoreferatu są opublikowane artykuły naukowe, które stanowią kolejne rozdziały rozprawy doktorskiej. Opracowanie zamykają załączniki prezentujące charakterystykę danych wejściowych, wyniki analizy wrażliwości klasy stanu ekologicznego na zmiany w parametrach, szczegóły obliczeniowe wybranych aspektów modelowania stanu ekologicznego oraz oświadczenia autorów. Rozprawa doktorska opatrzona jest streszczeniami w języku polskim i w języku angielskim oraz zawiera spis akronimów. Układ autoreferatu po wstępnej analizie wydaje się mało standardowy jednak po szczegółowym zapoznaniu się z nim uważam, że jest dobrze przemyślany, we właściwy sposób eksponuje najważniejsze



osiągnięcia naukowe i użyteczne bez powtarzania treści przedstawionych w opublikowanych artykułach naukowych.

### 3. Ocena merytoryczna rozprawy

Mając na uwadze luki w aktualnym stanie wiedzy oraz aspekty praktyczne związane z oceną stanu ekologicznego jednolitych części wód jeziornych (jezior), Doktorant przedstawił możliwości wsparcia istniejącego systemu oceny stanu ekologicznego jezior oraz analizy wyników z zastosowaniem wybranych algorytmów uczenia maszynowego. Mgr inż. Grzegorz Chrobak postawił hipotezę badawczą, w której wskazał, że usprawnienie oceny stanu ekologicznego jest możliwe w trzech etapach: (H01) imputacji danych, (H02) modelowania procesu oraz (H03) priorytetyzacji ekosystemów wskazanych do działań naprawczych i/lub ochronnych poprzez zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego. Doktorant zdefiniował główny cel pracy, którym było wsparcie oceny stanu ekologicznego jezior algorytmami uczenia maszynowego. Dodatkowo zaprezentowane zostały cele szczegółowe, które jednocześnie były celami głównymi artykułów naukowych wchodzących w skład zbioru tj.: (C1) zaproponowanie metody wsparcia procesu uzupełniania braków w danych pomiarowych wykorzystywanych do oceny stanu ekologicznego jezior; (C2) określenie sposobu przetwarzania danych na linii ekspert-analityk w procesie oceny stanu ekologicznego jezior; (C3) redukcja liczby wymiarów, w których prowadzona jest ocena, tak, aby uprościć dalsze analizy przy jednoczesnej minimalizacji utraty zdolności objaśniającej użytych zmiennych; (C4) stworzenie modelu pozwalającego na powtarzalną i weryfikowalną ocenę stanu ekologicznego jezior oraz (C5) stworzenie modelu klajstrującego, który wspiera proces priorytetyzacji jezior wskazanych do wprowadzenia działań naprawczych i/lub ochronnych. Struktura recenzowanej rozprawy zastała przedstawiona na schemacie (Rysunek 1), co ułatwia analizę realizacji poszczególnych celów oraz weryfikację postawionych hipotez badawczych. Z zaprezentowanego w autoreferacie schematu wynika, że w pierwszym artykule naukowym (A1) zweryfikowano hipotezę badawczą H01 oraz osiągnięto cele C1 i C2, w drugim artykule (A2) zweryfikowano hipotezę H02 i osiągnięto cele C3 i C4 natomiast w artykule trzecim (A3) hipotezę H03 i cel C5. Na kolejnych stronach autoreferatu mgr inż. Grzegorz Chrobak przedstawił precyzyjnie metody zastosowane w badaniach wraz z informacją o osiągniętych celach szczegółowych. Ponadto, wskazał odniesienie do poszczególnych artykułów cyklu, gdzie dana metoda została wykorzystana. Informacje zaprezentowane na schemacie (Rysunek 1) i w tej części opisu autoreferatu nie do końca się pokrywają.

Podstawą zbioru opublikowanych artykułów są dane udostępnione przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska dla 499 jednolitych części wód jeziornych (jezior). W analizie wykorzystano 4 wskaźniki charakteryzujące elementy biologiczne tj.: chlorofil „a”, indeks fitoplanktonowy dla polskich jezior (PMPL), indeks okrzemkowy dla jezior (IOJ) i makrofitowy indeks stanu ekologicznego (ESMI) oraz 4 wskaźniki charakteryzujące elementy fizykochemiczne tj.: przezroczystość – widzialność krążka Secchiego, przewodność elektrolityczną właściwą w 20°C, stężenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego.

W artykule A1 Doktorant przedstawił sposób postępowania ze zbiorami danych pomiarowych pochodzącymi z Państwowego Monitoringu Środowiska, w których występują braki danych, przez co nie jest możliwe wykonanie klasyfikacji stanu ekologicznego dla wszystkich jezior. Mgr inż. Grzegorz Chrobak w celu rozwiązania tego problemu badawczego zastosował metodę imputacji wielokrotnej za pomocą równań łańcuchowych z



wykorzystaniem algorytmu lasów losowych. Sam proces uzupełnienia braków danych został poprzedzony określeniem zależności pomiędzy wskaźnikami stanu ekologicznego jezior z wykorzystaniem analizy korelacji. W celu zbadania niepewności wynikającej z braków danych w zbiorze wejściowym, Doktorant zastosował analizę składowych głównych (PCA). Mgr inż. Grzegorz Chrobak rozszerzył algorytm imputacji danych poprzez zastosowanie hierarchicznej analizy skupień. Analiza ta pozwoliła na grupowanie scenariuszy imputacji danych. Zaproponowane rozwiązanie stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, ponadto systematyzuje proces uzupełniania braków danych pomiarowych. Ostatecznie na podstawie uzupełnionego zbioru danych możliwe jest wykonanie pełnej i wiarygodnej klasyfikacji stanu ekologicznego wszystkich jezior. Wykonanie analizy w pełnym zakresie pozwala na zrozumienie zmienności stanu ekologicznego jezior w ujęciu czasowym i przestrzennym.

W artykule A2 mgr inż. Grzegorz Chrobak przedstawił sposób opracowania klasyfikatora stanu ekologicznego jezior. W tym celu wykorzystano metodę (maszynę) wektorów nośnych (SVM), która stosowana jest do separacji danych separowalnych i nieseparowalnych liniowo. Wykorzystanie SVM pozwala na znalezienie hiperpłaszczyzny klasyfikującej obiekty z minimalnym błędem i jednocześnie przebiegającą możliwie daleko skupień dla każdej klasy. Doktorant podczas budowy nieliniowego klasyfikatora wykorzystał gaussowską funkcję jądra (Radial Basis Function). Proces tworzenia klasyfikatora obejmował podział zbioru danych na trzy części. Podzbiór treningowy obejmujący 65% danych, został wykorzystany na etapie tworzenia klasyfikatora. Proces ten wymagał optymalizacji hiperparametrów, na tym etapie wykorzystano 15% danych i algorytm przeszukiwania parametrów „grid search”. Finalnie model został poddany walidacji na zbiorze testowym obejmującym 20% danych. Budowę klasyfikatora stanu ekologicznego jezior z wykorzystaniem SVM poprzedzono analizą korelacji, która pozwoliła na określenie zależności pomiędzy każdą parą wskaźników stanu ekologicznego jezior. W kolejnym etapie dokonano uzupełnienia braku danych. Jako metodę imputacji danych wykorzystano analizę głównych składowych. W ostatnim etapie przygotowania zbioru danych do budowy klasyfikatora Doktorant zastosował liniową analizę dyskryminacyjną w celu zredukowania wielowymiarowego zbioru danych do przestrzeni dwuwymiarowej.

W artykule A3 mgr inż. Grzegorz Chrobak możliwości wykorzystania sieci Kohonena do analizy zbiorów danych pomiarowych z Państwowego Monitoringu Środowiska obejmujących wskaźniki charakteryzujące elementy biologiczne i fizykochemiczne dla jezior. Sieci Kohonena znane również pod nazwą Self-Organizing Maps są szczególnym przypadkiem algorytmu uczenia bez nadzoru (samouczące), w których uczenie odbywa się metodą samoorganizującą typu konkurencyjnego. Zastosowanie sieci Kohonena umożliwiło dokonanie podziału jezior na grupy charakteryzujące się podobnym zakresem mierzonych wskaźników biologicznych i fizykochemicznych. Uzyskane przez Doktoranta rezultaty zostały porównane z wynikami klasyfikacji stanu ekologicznego jezior na podstawie rozporządzenia określającego sposób klasyfikacji stanu ekologicznego jezior. Uzyskane wyniki wskazują na występowanie różnic, jednak jest to wynik jak najbardziej oczekiwany. Wynika to przede wszystkim ze sposobu klasyfikacji stanu ekologicznego jezior na podstawie elementów biologicznych, gdzie elementy fizykochemiczne traktowane są jako wspierające ocenę. Ponadto wartości graniczne dla elementów biologicznych i fizykochemicznych ustalane są w zależności od typu abiotycznego jeziora i współczynnika Schindlera. Wykorzystanie sieci Kohonena pozwoliło na grupowanie jezior o podobnym zestawie



wskaźników biologicznych i fizykochemicznych, co może stanowić punkt wyjścia do określenia priorytetów w zakresie konieczności podjęcia działań zmierzających do poprawy stanu ekologicznego jezior. Przedstawione podejście z wykorzystaniem sieci Kohonena, ze względu na stosunkowo łatwy sposób implementacji może stanowić istotny mechanizm wsparcia ekspertów na etapie oceny stanu ekologicznego jezior czy walidacji wyników.

Analizując treść rozprawy doktorskiej za oryginalne i najważniejsze osiągnięcia naukowe uznaje:

1. Wykorzystanie metody imputacji wielokrotnej za pomocą równań łańcuchowych oraz metody imputacji opartej na analizie składowych głównych jako rekomendowanych w postępowaniu z brakującymi danymi w zbiorze wskaźników biologicznych i fizykochemicznych dla jezior badanych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.
2. Opracowanie oryginalnego klasyfikatora stanu ekologicznego jezior bazującego na wskaźnikach biologicznych i fizykochemicznych z wykorzystaniem maszyny wektorów nośnych (Support Vector Machine) z gaussowską funkcją jądra (Radial Basis Function).
3. Wykorzystanie sieci Kohonena do identyfikacji grup jezior o podobnym zestawie wskaźników biologicznych i fizykochemicznych w kontekście określenia priorytetów w zakresie działań naprawczych.

Podsumowując uważam, że recenzowana rozprawa doktorska prezentuje wysoką wartość naukową oraz nowatorskie i kompleksowe podejście do rozwiązania postawionego problemu badawczego.

#### **4. Uwagi krytyczne**

Podczas studiowania dysertacji nasunęły się pewne uwagi dyskusyjne, które wymagają wyjaśnienia:

1. Czy wykorzystane w poszczególnych artykułach zbiory danych różniły się? W pracy A1 zbiór obejmował pomiary z lat 2013-2015, natomiast w pracach A2 i A3 z lat 2010-2015.
2. Podstawę prac A2 i A3 stanowił zbiór danych z lat 2010-2015 obejmujący aż 499 jezior. Czy i w jaki sposób analiza danych z okresu 2010-2015 może przekładać się na uzyskane rezultaty? Przykładowo Jezioro Tarnowskie Duże było badane w latach 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 i 2015 - wyniki widzialności zmieniały się w zakresie od 1,7 do 2,3 m, azot ogólny od 0,82 do 1,31 mg/L, fosfor ogólny od 0,048 do 0,126 mg/L, Chlorofil a od 10 do 18 µg/L, Fitoplankton PMPL od 0,94 do 1,31, makrofity – ESMI (2 pomiary) 0,575 i 0,600 i fitobentos IOJ (2 pomiary) 0,647 i 0,787. Czy w zbiorze z danych z okresu 6 lat mógł wystąpić wspomniany w pracy A1 „dryft danych”?
3. W analizowanym zbiorze danych znajdują się różne typy abiotyczne jezior (typologia na podstawie lokalizacji, geologii, współczynnika Schindlera i stratyfikacji) ponadto jeziora posiadają różny status (naturalne i sztuczne jednolite części wód powierzchniowych), w związku z tym czy możliwe jest wykorzystanie w przyszłości tego typu danych? Jeśli tak, to czy mogą one wpłynąć na poprawę rezultatów?
4. Należy wyjaśnić, czy zbiór danych wejściowych analizowany był pod kątem identyfikacji obserwacji odstających, ustalenia typu rozkładu i in.?



5. W analizowanym zbiorze danych występują unikatowe typy jezior – lobeliowe, przymorskie i in. Nasuwają się pytania: czy dane takie powinny być wyłączone z analizy, jeśli tak to na jakim etapie? Jaka niepewność występuje przy uzupełnianiu braków danych dla jezior unikatowych?
6. W artykule A1 Doktorant użył pojęcia dane ekologiczne, należy wyjaśnić jakie dane miał na myśli?
7. Terminologia stosowana przez Doktoranta nie jest precyzyjna, szczególnie dotyczy to opisu wykorzystanych do analizy wskaźników tj.: azotu, fosforu i widzialności.
8. Należy wyjaśnić, co Doktorant miał na myśli używając w pracy A2 terminu „geometric interpretation”? W artykule nie znaleziono bezpośredniego odniesienia się do tej kwestii.
9. Należy wyjaśnić, co oznacza użyte w artykule A3 „rozdział 2.2” pojęcie dziewięciowymiarowy zbiór danych.

#### **5. Podsumowanie i wnioski końcowe**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Chrobaka stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Uzyskane wyniki cechuje duża wartość poznawcza, wzbogacony został dotychczasowy stan wiedzy w zakresie relacji pomiędzy jeziorami wchodzącymi w skład sieci Państwowego Monitoringu Środowiska oraz określono związki pomiędzy wskaźnikami biologicznymi i fizykochemicznymi wykorzystywanymi podczas klasyfikacji stanu ekologicznego jezior. Recenzowana praca jest spójna tematycznie z wyraźnie zdefiniowanym celami. Biorąc pod uwagę rezultaty zaprezentowane w zbiorze spójnych tematycznie artykułów uważam, że postawione cele zostały osiągnięte, a hipotezy zweryfikowane. Pozyskany z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska bardzo obszerny materiał badawczy stanowił podstawę opracowania oryginalnych metod wykorzystujących zaawansowane algorytmy obliczeniowe bazujące na metodach sztucznych sieci neuronowych i uczenia maszynowego. Po przeanalizowaniu wszystkich artykułów naukowych wchodzących w skład zbioru uważam, że mgr inż. Grzegorz Chrobak posiada dużą wiedzę teoretyczną oraz znajomością międzynarodowej literatury, czego dowodem są rozdziały stanowiące wprowadzenie do kolejnych artykułów oraz dyskusja uzyskanych wyników z wynikami badań innych autorów. Kolejne etapy analizy danych oraz modelowania zostały bardzo dobrze opisane i zwizualizowane. Analiza i interpretacja wyników przedstawiona w kolejnych artykułach jest zwięzła, adekwatna do postawionych założeń. Na podkreślenie zasługuje wykorzystanie przez Doktoranta bardzo bogatego zestawu nowoczesnych narzędzi analitycznych. Mgr inż. Grzegorz Chrobak do opracowania schematów algorytmów przetwarzania danych wykorzystał program draw.io z zastosowaniem standardu notacji BPMN (Business Process Model and Notation) stosowanej do opisu procesów biznesowych. Analizę danych i modelowanie wykonano w środowisku R poprzez interfejs graficzny RStudio, natomiast wizualizację danych i wyników przeprowadzono w środowisku programów Tableau i ArcGIS. Doktorant ponadto wykazał się umiejętnością krytycznego podejścia do uzyskanych rezultatów, czego potwierdzeniem jest dyskusja własnych wyników na tle wyników uzyskanych przez innych badaczy.

Wartość merytoryczną rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Chrobaka pt. „System wspierania oceny stanu ekologicznego ekosystemów jeziornych wspomagany algorytmami uczenia maszynowego” oceniam bardzo wysoko. Wyniki zaprezentowane w dysertacji wnoszą istotny wkład w rozwój dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska.



Badania mgr. inż. Grzegorza Chrobaka pokazują jak efektywnie wykorzystać algorytmy uczenia maszynowego do analizy dużych wielowymiarowych zbiorów danych, w których występują braki. Opracowane rozwiązania stanowią istotny element wsparcia dla ekspertów odpowiedzialnych za przeprowadzenie oceny stanu ekologicznego jezior, ponadto ułatwiają identyfikację jezior, dla których konieczne jest podjęciem działań zmierzających do poprawy ich stanu ekologicznego.

Uwagi o charakterze dyskusyjnym przedstawione w recenzji nie wpływają na obniżenie bardzo wysokiego poziomu merytorycznego dysertacji i mają charakter pozamerytoryczny i dyskusyjny, mogą stanowić kierunek przyszłych badań oraz punkt wyjścia do udoskonalania już opracowanych algorytmów i modeli.

Mgr inż. Grzegorz Chrobak dokonał na bardzo wysokim poziomie merytorycznym rozwiązania problemu badawczego, który mieści się w zakresie dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska. Doktorant udowodnił, że potrafi samodzielnie zaplanować badania, na bardzo wysokim poziomie przeanalizować wyniki, w nieszablonowy sposób je zaprezentować, opisać, przeanalizować oraz skonfrontować z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy. Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Chrobaka pt. *„System wspierania oceny stanu ekologicznego ekosystemów jeziornych wspomagany algorytmami uczenia maszynowego”*, zrealizowana pod kierunkiem dr hab. inż. Tomasza Kowalczyka prof. UPWr oraz prof. dr. Thomasa B. Fischera stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w dyscyplinie naukowej ochrona i kształtowanie środowiska oraz umiejętność doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Tym samym zostały spełnione wszystkie wymagania formalne Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). W związku z powyższym przedkładam wniosek Szanownemu Panu Przewodniczącemu i Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o dopuszczenie mgr. inż. Grzegorza Chrobaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę bardzo wysoką wartość naukową recenzowanej rozprawy doktorskiej, aktualność podjętej problematyki badawczej, wysoką wartość poznawczą i użyteczną uzyskanych rezultatów, innowacyjne podejście do rozwiązania postawionego problemu badawczego w tym przedstawianie oryginalnego systemu wspomagania oceny stanu ekologicznego jezior wraz z metodą identyfikacji jezior charakteryzujących się podobnymi wartościami wskaźników biologicznych i fizykochemicznych **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Chrobaka.**

Poznań, 10 marca 2023 r.

  
Prof. dr hab. inż. Mariusz Sojka