

Gdańsk, 29.03.2021

Prof. dr hab. inż. Julita Dunalska  
Uniwersytet Gdański  
Wydział Oceanografii i Geografii  
Instytut Geografii  
ul. Jana Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk  
tel. (+48) 503 168 485  
e-mail: julita.dunalska@ug.edu.pl

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Miąsik pt. „*Wpływ wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników małej retencji*”, napisanej pod promotorstwem prof. dr hab. inż. Piotra Koszelnika i promotorstwem pomocniczym dr hab. inż. Lilianny Bartoszek, prof. PRz.

### **Podstawa opracowania**

Formalną podstawą przygotowania opracowania jest Pismo prof. dr hab. inż. Daniela Słysia Przewodniczącego Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej, z dnia 5 lutego 2021 roku.

### **Celowość podjęcia tematu**

Małe zbiorniki retencyjne, szczególnie w okresie zmian klimatu, intensyfikacji rolnictwa i antropopresji, pełnią bardzo ważną rolę w ochronie zasobów wodnych. Budowa morfometryczna zbiorników, dynamika mas wodnych oraz tempo metabolizmu sprawia, że są one szczególnie podatne na zjawisko przyśpieszonej eutrofizacji. Dopływ allochtonicznej materii organicznej oraz wysoka produktywność w samym zbiorniku powoduje szybki przyrost osadów dennych. Zjawisku temu towarzyszą zmiany morfometryczne zbiornika oraz przeobrażenia cech fizykochemicznych oraz biologicznych środowiska wodnego. Bardzo często zmniejszenie ładunku zewnętrznego substancji biogennych nie powoduje poprawy jakości wód w samym zbiorniku ze względu na zjawisko „zasilania wewnętrznego”. Azot i fosfor zmagazynowany w osadach dennych stanowi teoretycznie ich niewyczerpalny magazyn. Dlatego też, znajomość składu fizykochemicznego osadów oraz zawartych w nich

frakcji fosforu może być jednym z najlepszych wskaźników oceny jakości ekosystemów wodnych.

Możliwość wykorzystania badań osadów dennych do oceny stanu troficznego wód, szczególnie w aspekcie długoterminowym może być ważnym narzędziem w zarządzaniu zasobami wodnymi. Uzyskana wiedza daje możliwość wdrażania innowacyjnych rozwiązań, które pozwolą na precyzyjny dobór odpowiednich metod rekultywacji i dadzą realną szansę na poprawę warunków środowiskowych.

### **Ocena formalna**

Rozprawa obejmuje 153 strony. Pracę podzielono na 6 części. Wyniki badań przedstawiono w 31 tabelach oraz 41 rycinach. W pracy znajduje się również autorska dokumentacja fotograficzna przedstawiająca badane zbiorniki oraz stanowisko eksperymentalne. Dużym ułatwieniem dla czytelników jest zamieszczony na początku pracy spis skrótów. Wykaz 236 pozycji bibliograficznych, jest zgodny z treścią pracy. Do pracy dołączono również streszczenie w języku polskim i angielskim. Układ pracy jest poprawny, co odpowiada standardom przyjętym dla rozpraw.

### **Ocena merytoryczna**

Praca zaczyna się krótkim wprowadzeniem, gdzie Autorka w sposób syntetyczny, uzasadnia celowość prowadzonych badań. Sorpcja i desorpcja jonów fosforanowych w układzie „osad denny – woda nadosadowa” w znacznym stopniu decyduje o potencjale ekologicznym wód. Analiza składu chemicznego osadów dennych daje możliwość poznania nie tylko naturalnych mechanizmów obronnych zbiorników przed degradacją, ale przede wszystkim pozwala na dobór najlepszych metod ochronnych.

Kolejny rozdział „Teoretyczne podstawy pracy” został podzielony na siedem szczegółowych podrozdziałów: „Zbiorniki zaporowe małej retencji”, „Eutrofizacja”, „Osady denne zbiorników wodnych”, „Pochodzenie materii organicznej w osadach dennych”, „Przemiany fosforu w środowisku wodnym”, „Fracjonowanie fosforu w osadach dennych” oraz „Sorpcja fosforu na granicy faz woda – osad”. Pomimo, że ta część dotyczy informacji o ogólnym stanie wiedzy w analizowanym zagadnieniu, to jej sposób opisu świadczy o dużej dojrzałości naukowej Autorki. Bardzo obszerne zagadnienia zostały przedstawione w sposób czytelny i logiczny dla sformułowanych tez pracy. Jedyne, zdaniem Recenzenta, w podrozdziale „Zbiorniki zaporowe małej retencji”, nie powinno być informacji na temat

dziesięciu największych zbiorników małej retencji wodnej w województwie podkarpackim (Tabela 1). Ma to zbyt regionalny wymiar w odniesieniu do omawianego zagadnienia. Taka informacja byłaby istotna w sytuacji, gdyby analizowano wielkość zbiorników w kontekście świata, Europy i Polski, a takich danych nie podano. Proszę również o rozwinięcie/wyjaśnienie zagadnienia zawartego w ostatnim zdaniu podrozdziału „Fracjonowanie fosforu w osadach dennych”. Osoby, które nie są specjalistami z zakresu rekultywacji wód mogą mieć problem ze zrozumieniem sformułowania, cyt. „... pomaga również prognozować opóźnienia efektów rekultywacji jezior”. Co autorka rozumie poprzez „opóźnienia efektów”?

Rozdział 3 to „Tezy i założenia pracy”, w którym przedstawiono główny cel poznawczy pracy (analiza wpływu wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników zaporowych małej retencji) oraz cele szczegółowe (określenie stanu troficznego badanych ekosystemów wodnych w oparciu o kryteria stężeniowe i indeksy troficzne, ocena wpływu produkcji wewnętrznej na depozycję materii organicznej w osadach dennych oraz określenie wpływu wybranych parametrów fizykochemicznych i warunków tlenowych na dezaktywację związków fosforu w osadach dennych i trwałe ich wycofanie z obiegu biologicznego).

Sformułowano również dwie hipotezy badawcze:

1. Przyczyną wypływania się małych, antropogenicznych zbiorników wodnych jest nie tylko dopływ rumowiska ze zlewni, ale również sedimentacja autochtonicznej materii organicznej. Skład izotopowy C i N w materii pochodzenia auto- i allochtonicznej różni się w związku z różnymi cyklami metabolicznymi ich powstawania. Tak więc, analiza stosunków elementarnych i izotopowych węgla oraz azotu w osadzie może być użytecznym narzędziem do oszacowania roli eutrofizacji w degradacji zbiorników małej retencji.
2. Głównym mechanizmem zatrzymywania fosforu w depozytach zbiorników małej retencji jest bezpośrednia sorpcja na granicy faz osad – woda, nasilana przez zjawisko resuspensji osadów. Istotny wpływ na zdolność sorpcyjną osadów będą miały właściwości zasadnicze i funkcjonalne osadów. Na maksymalną pojemność sorpcyjną osadów dennych większy wpływ będzie miał skład fizykochemiczny osadów, aniżeli parametry tlenowe na granicy faz woda – osad denny.

W badaniach coraz częściej wykorzystuje się analizę składu izotopowego C i N jako wskaźników źródła pochodzenia materii organicznej. Dopływ azotu, szczególnie z terenów rolniczych, ma ogromny wpływ na wielkość zakwitów sinicowych. Znajomość źródła pochodzenia substancji biogennych zarówno w wodzie jak i w osadach dennych ma kluczowe

znaczenie w podejmowaniu działań ochronnych zbiorników wodnych. Podjęcie tego typu badań przez Autorkę ma duże znaczenie poznawcze i bardzo wysoko oceniam tą część pracy. Samo sformułowanie hipotezy wymaga jednak korekty. Nie jest jasne zdanie „...może być użytecznym narzędziem do oszacowania roli eutrofizacji w degradacji zbiorników małej retencji”. Prawdopodobnie chodzi o tempo albo wielkości eutrofizacji?

W rozdziale trzecim „Tezy i założenia pracy” podano również zakres przeprowadzonych badań, które obejmowały:

- Badanie podstawowych wskaźników fizykochemicznych wód zbiorników oraz na podstawie przeprowadzonej analizy określenie ich stanu troficzego.
- Badanie składu fizykochemicznego i izotopowego osadów dennych zdeponowanych w analizowanych zbiornikach.
- Badanie przestrzennego rozkładu form fosforu w osadach dennych badanych zbiorników.
- Badanie zdolności osadów dennych do uwalniania lub sorpcji związków fosforu z wody nadosadowej w warunkach tlenowych i anoksycznych.
- Analizę wpływu składu chemicznego i granulometrycznego osadów dennych na ich zdolność sorpcyjną względem fosforanów w warunkach tlenowych i anoksycznych.
- Ocenę wpływu parametrów osadów dennych na stan troficzny ekosystemów na podstawie analizy regresji wielorakiej.

Rozdział 4 to „Metodyka i teren badań”. Autorka podaje kryteria doboru analizowanych zbiorników, ich lokalizacje, dane morfometryczne oraz parametry zlewniowe. Badaniami objęto dwa zbiorniki zaporowe małej retencji (Ożanna i Rzeszów) zlokalizowane na terenie województwa podkarpackiego. Oba zbiorniki pełnią funkcję przeciwpowodziową oraz są cenne gospodarczo i społecznie. Szczegółowe dane na temat obu zbiorników zestawiono w formie tabelarycznej, co znacznie ułatwia analizę porównawczą. W podrozdziale 4.2. opisano lokalizacje stanowisk badawczych, sposób oraz terminy poboru próbek wody i osadów dennych. Badania prowadzono w latach 2013 – 2015, z czego w 2013 były to 4 pobory, w 2014 – 5, a w 2015 jedynie 2. Proszę podać, dlaczego w trzecim roku badań ograniczono się tylko do miesięcy letnich tj. lipiec i wrzesień?

W podrozdziałach 4.3.-4.4. opisano zakres analiz fizykochemicznych wody. Następnie przedstawiono metody obliczeniowe, na podstawie których określono stan troficzny badanych zbiorników. Podrozdział 4.5. to szeroka analiza badań osadów dennych polegająca na

określeniu podstawowych właściwości osadów dennych, wyznaczeniu elementarnego i izotopowego węgla organicznego i azotu ogólnego, określeniu na podstawie modeli matematycznych pochodzenia materii organicznej, opisie sposobu frakcjonowania fosforu, wyznaczenia równowagowego stężenia fosforanów (EPC-0) oraz wyznaczenia izoterm sorpcji fosforu. Podrozdział 4.6. to „Analiza statystyczna wyników”. W tej części Autorka w sposób precyzyjny uzasadnia dobór analiz statystycznych do charakteru danych. Zastosowane metody są poprawne, a sposób logicznego wnioskowania świadczy o dobrym przygotowaniu merytorycznym.

Rozdział 5 „Wyniki badań i dyskusja” został podzielony na trzy podrozdziały: 5.1. „Ocena poziomu stężeń wybranych parametrów wód powierzchniowych badanych zbiorników – klasy jakości wód, ocena stanu troficznego wg OECD”, 5.2. „Ocena stanu troficznego wód analizowanych obiektów na podstawie indeksów troficznych” oraz 5.3. „Charakterystyka osadów dennych pod kątem wybranych parametrów”. W ostatnim podrozdziale wyodrębniono dodatkowo podpunkty: 5.3.1. „Skład granulometryczny oraz uwodnienie osadów dennych badanych zbiorników”, 5.3.2. „Ocena zawartości wybranych parametrów osadów dennych analizowanych zbiorników”, 5.3.3. „Analiza zawartości frakcji fosforu w osadach dennych badanych zbiorników”, 5.3.4. „Ocena zdolności osadów do sorpcji i uwalniania fosforanów”, 5.3.5. „Izoterm adsorpcji fosforu w osadach dennych”, 5.3.6. „Pochodzenie materii organicznej w osadach dennych”, 5.3.7. „Analiza wpływu wybranych parametrów osadów dennych na wartość indeksów troficznych”.

Zaproponowany układ opisu i interpretacji danych jest logiczny i czytelny. Po charakterystyce jakości wody badanych zbiorników, Autorka przechodzi do szczegółowej analizy osadów dennych, które mają kluczowe znaczenie w ocenie stopnia eutrofizacji wód i potencjalnych działań ochronnych. Sądzę, iż część dotycząca opisu klas jakości wód byłaby bardziej czytelna gdyby uwzględniono wartości średnie z pomiarów w okresie wegetacyjnym, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11.10.2019 r. [Dz. U. 2019 poz. 2149]. Wyznaczanie klas jakości na podstawie elementów fizykochemicznych dla każdego poboru próbek sprawia, że jest to mało czytelne. Stężenia poszczególnych parametrów powinny być omówione zgodnie z terminami poboru, a klasy jakości na podstawie średniej, podobnie jak w przypadku indeksu troficznego.

Należy również rozważyć, czy w opisie nie zawarto zbyt dużo porównań wyników badań osadów dennych z danymi uzyskanymi na innych zbiornikach terenu Podkarpacia. Sprawia to, iż badania w tym zakresie mają zbyt regionalny charakter. Interpretację należałoby rozszerzyć o dane pochodzące również z innych regionów Polski i świata.

Z poznawczego punktu widzenia, cennym elementem dysertacji jest szeroka analiza frakcji fosforu oraz zdolności osadów dennych do wydzielania lub sorpcji fosforanów nie tylko w zależności od warunków tlenowych i zawartości metali, z którymi fosfor tworzy trudno rozpuszczalne połączenia, ale również uziarnienia osadów, odczynu oraz zawartości i rodzaju materii organicznej. Zastosowane przez Autorkę metody identyfikacji pochodzenia materii organicznej w osadach dennych za pomocą zmian zawartości węgla organicznego w stosunku do azotu ogólnego (stosunek C:N) oraz analizy składu izotopowego węgla organicznego i azotu ogólnego mają natomiast ogromne znaczenie aplikacyjne. Monitorowanie tych właściwości może znacznie usprawnić system doboru metod ochronnych i rekultywacyjnych małych zbiorników retencyjnych.

Rozdział 6 to „Podsumowanie i wnioski”, których treść wynika z przeprowadzonych badań i które dowodzą, że założone cele rozprawy doktorskiej zostały osiągnięte.

### **Podsumowanie**

Uwagi zamieszczone w recenzji, głównie o charakterze formalnym, nie miały na celu obniżenia wartości merytorycznej rozprawy. Autorka dysertacji wykazała się dużą dojrzałością w zaplanowaniu, a następnie przeprowadzeniu badań. Poprawna interpretacja wyników badań wskazuje, że posiada ona ogólną wiedzę teoretyczną w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie inżynierii środowiska. Uzyskane rezultaty mają charakter zarówno naukowy jak i praktyczny i mogą być wykorzystane w zarządzaniu zasobami wodnymi.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Miąsik pt. „*Wpływ wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników małej retencji*”, spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wobec powyższego wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Małgorzaty Miąsik do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. inż. Julita Dunalska

