

Prof. dr hab. inż. **Elena Neverova-Dziopak**  
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
AGH w Krakowie

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Małgorzaty Miąsik**  
pt. „Wpływ wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników  
małej retencji”

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej z dnia 3 lutego 2021 roku.

### **2. Aktualność podjętej problematyki**

W ocenie ekologicznej ekosystemów wodnych osady denne są jednym z najważniejszych elementów. Osady denne, gromadząc zanieczyszczenia, które dostają się do zbiornika przez długi czas, są swego rodzaju „archiwum geologicznym” i integralnym wskaźnikiem poziomu zanieczyszczenia wód. Wraz z nagromadzeniem się osadów dennych zmieniają się cechy morfometryczne, chemiczne i biologiczne zbiorników wodnych. Procesy zachodzące w osadach dennych i warstwie wody nadosadowej prowadzą do zmian w składzie wody, a także wpływają na funkcjonowanie ekosystemu wodnego. Intensywność tworzenia się, miąższość, skład granulometryczny i chemiczny osadów dennych zależy od warunków fizycznych i geograficznych zlewni oraz od całości kształtu procesów zachodzących w samych zbiornikach wodnych. Wraz z rozwojem procesów gospodarczych w zlewni, wpływ antropogeniczny nabiera coraz większego znaczenia w tworzeniu osadów dennych. Osady denne odgrywają ważną rolę w kształtowaniu składu chemicznego wód naturalnych i decydują o wielu ich właściwościach. Gromadząc metale ciężkie, substancje organiczne i toksyczne, osady denne z jednej strony przyczyniają się do

samooczyszczania środowiska wodnego, z drugiej jednak są potencjalnym źródłem wtórnego zanieczyszczenia zbiorników wodnych. Najważniejszymi procesami przebiegającymi w osadach dennych są procesy rozkładu substancji organicznych, zużycie tlenu, uwalnianie substancji biogennych do wody i inne. W związku z czym osady denne stanowią źródło wewnętrznych ładunków substancji biogennych i mogą znacząco wpływać na rozwój procesów eutrofizacji.

Uwzględniając powyższe rozważania można stwierdzić, że Doktorantka podjęta badania w zakresie ważnej i aktualnej problematyki, związanej z procesami eutrofizacji zbiorników wodnych.

### **3. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Małgorzaty Miąsik pt. „Wpływ wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników małej retencji” została przygotowana w formie 150-stronicowego opracowania, które składa się z 6 rozdziałów. W pracy wyróżniono wprowadzenie, teoretyczne podstawy, tezy i założenia, przedstawiono metodykę i teren badań, wyniki badań i dyskusję wyników oraz podsumowanie i wnioski. Na końcu pracy umieszczono spis literatury, wykaz tabeli, rysunków i fotografii. Lista pozycji bibliograficznych zawiera 236 pozycji, w tym 130 stanowią pozycje angielskojęzyczne. Na początku pracy znajduje się wykaz stosowanych skrótów i oznaczeń, na końcu pracy umieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim.

Doktorantka sformułowała 2 tezy pracy zakładające, że:

- (1) analiza stosunków elementarnych i izotopowych węgla i azotu w osadzie może być narzędziem do szacowania roli eutrofizacji w degradacji zbiorników małej retencji;
- (2) istotny wpływ na zdolność sorpcyjną osadów mają ich właściwości zasadnicze i funkcjonalne.

Natomiast głównym celem pracy była analiza wpływu wybranych właściwości osadów dennych na eutrofizację zbiorników małej retencji. Osiągnięcie głównego celu pracy zaplanowano poprzez realizację następujących zadań cząstkowych: (1) ocenę stanu troficznego badanych zbiorników; (2) ocenę wpływu produkcji wewnętrznej na depozycję materii organicznej; (3) określenie wpływu parametrów fizyko-chemicznych na dezaktywację fosforu w osadach dennych.

Jako obiekty badań wybrano dwa zbiorniki zaporowe małej retencji na terenie województwa podkarpackiego: zbiornik Ożanna i zbiornik Rzeszów. Metodyka badań bazowała na oznaczeniu wybranych parametrów fizyko-chemicznych wody zbiorników i składu fizyko-chemicznego i izotopowego osadów dennych. Stan troficzny został określony w oparciu o Indeksy Carlsona, Kratzera i Brezonika oraz Dunalskiej. Analiza statystyczna pozwoliła na ustalenie charakteru zależności korelacyjnych wybranych parametrów osadów dennych na stan troficzny zbiorników i sformułowanie modeli statystycznych opisujących wpływ wybranych parametrów osadów na wartość indeksów troficznych.

#### **4. Uwagi ogólne**

1. Odnosząc się do struktury podziału treści jestem zdania, że tradycyjnie po wstępie i wprowadzeniu do problematyki należy przedstawić tezy i cel pracy oraz krótko określić podstawowe metody badawcze. Dopiero po tym przedstawić analizę stanu wiedzy i podstawy teoretyczne, które uzasadniałyby aktualność i koncepcje zaplanowanych badań. Czytając wstęp teoretyczny umieszczony tuż po wstępie, trudno zorientować się, czy rozważania teoretyczne uzasadniają i wyjaśniają podstawy naukowe sformułowanych tez i celu pracy.
2. Rozdział prezentujący podstawy teoretyczne jest napisany nieco chaotycznie i brakuje konsekwencji w przedstawieniu poszczególnych aspektów problematyki oraz trudno uchwycić logikę i ich priorytet w badaniach. Rozdział pierwszy powinien przede wszystkim zawierać opis roli osadów dennych w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych, ze szczególnym uwzględnieniem wzajemnego oddziaływania procesów eutrofizacji i procesów zachodzących w osadach dennych. Opisując istotę procesów eutrofizacji należałoby zwrócić większą uwagę na mechanizmy tego procesu i rozpatrywać go nie jako zwykłe wzbogacenie w substancje biogenne, ale jako zaburzenie bilansu biotycznego. Do tego rozdziału też należałoby przenieść rozdział o metodach oceny stanu troficznego, który w pracy występuje w rozdziale 4.
3. Proponowałabym utworzyć oddzielny rozdział lub podrozdział, gdzie byłaby przedstawiona i opisana metodyka wszystkich typów badań, przeprowadzonych w pracy (izotopowych, chemicznych statystycznych) wraz z algorytmem badań, który przedstawiałby poszczególne etapy procesu badawczego, ich powiązania i

kolejność realizacji. Zabrakło w pracy również syntetycznego zestawienia z informacją o badanych parametrach, ogólnej liczbie pomiarów, okresu badawczego itd., co daje pogląd na zakres analizowanych danych i skalę podjętych badań.

4. Tezy pracy powinny być sformułowane w bardziej lakoniczny sposób, bez zbędnej konstatacji oczywistych faktów. Sformułowane tezy nie nawiązują do tytułu pracy, ponieważ nie zawierają stwierdzenia o wpływie osadów na eutrofizację.

5. Doktorantka wykazuje tendencje do bardzo szczegółowego opisu danych, zamieszczonych w tabelach, co nie jest potrzebne, ponieważ tabelaryczne zestawienie pozwala na szybki wgląd i łatwy odbiór informacji. Natomiast w celu przedstawienia niektórych tendencji, zależności lub dynamiki danych lepiej byłoby sporządzić graficzne ilustracje w oparciu o dane tabelaryczne.

5. W rozdziałach, które przedstawiają wyniki badań, ich analizę i interpretację Doktorantka wprowadza pewne rozważania teoretyczne, które wplatanie w tekst, przeszkadzają w odbiorze dyskusji nad właściwymi wynikami badań własnych. Uważam, że wszystkie rozważania teoretyczne należałoby umieścić w dobrze ustrukturyzowanym rozdziale teoretycznym.

## 5. Uwagi merytoryczne

1. Cechy specyficzne zbiorników zaporowych są opisane bardzo oszczędnie, a jest to ważny aspekt warunkujący funkcjonowanie ich ekosystemów i przebieg procesów eutrofizacji.

2. Równanie (1) nie jest równaniem opisującym proces eutrofizacji, lecz jest to równanie fotosyntezy, a eutrofizacja powoduje nie tyle rozwój glonów (co jest sezonowym zjawiskiem naturalnym) ile ich nadmierny rozwój i zaburzenie bilansu biotycznego, wynikiem czego jest akumulacja pierwotnej materii organicznej w wodach.

3. Współczynnik Schindlera jest tylko jednym z elementów systemu oceny podatności na degradację wód jeziornych, więc uwzględniany oddzielnie od innych elementów oceny nie daje wiarygodnego wyniku.

4. W rozdziale *Metodyka i Teren Badań* znalazłam opis kilkudziesięciu zbiorników małej retencji na terenie województwa podkarpackiego, ale nie znalazłam uzasadnienia dlaczego do badań były wybrane właśnie zbiorniki Ożanna i Rzeszów.

5. Jak zrozumieć sformułowanie „osady pobierano ...z głębokości 1m i powyżej” – o ile wyżej? Czy pobór próbek blisko brzegu był uwarunkowany brakiem możliwości technicznych poboru w środkowej części? Z reguły procesy sedymentacji są bardzo wyraźne i intensywne w głębszych strefach zbiornika, tam też najczęściej powstają deficyty tlenowe. Natomiast w strefach przy linii brzegowej osady mogą być narażone na mechaniczne oddziaływanie ruchu wody, co może zaburzać procesy sorpcji i desorpcji.
6. Dla lepszego zobrazowania powiązania między sobą stężeń poszczególnych parametrów lepiej byłoby wyniki pomiarów azotu i fosforu również umieścić w Tabelach 12 i 13. Zawartość tlenu w mg/l należałoby przedstawić też w procentach nasycenia tlenem, ponieważ jest to wskaźnik, który świadczy o intensywności procesów fotosyntezy w wodzie, a znaczy i eutrofizacji.
7. Odnosząc się do oceny stanu troficznego przeprowadzonej w badaniach należy zaznaczyć, że ocena w oparciu o pojedyncze wskaźniki, tym bardziej opracowane dla akwenów wodnych w różnych regionach geograficznych, może być tylko orientacyjnej. Przykładowo wg klasyfikacji OECD prawdopodobieństwo oceny zbiornika na podstawie zawartości fosforu całkowitego  $10 \text{ mg/m}^3$  jako oligotroficznego wynosi 67%, jako mezotroficznego 26%, a jako eutroficznego – 1% . Tak samo wygląda oceną na podstawie zawartości chlorofilu oraz przezroczystości. Czyli należy brać pod uwagę całokształt pojedynczych wskaźników, a ocena wymaga wiedzy eksperckiej z uwzględnieniem konkretnych warunków.
8. Podobnie wygląda sytuacja i z ocena klasy czystości wody w oparciu o wartości pojedynczych parametrów: zawartość azotu i fosforu pozwalała zaliczyć badane zbiorniki do I - II klasy czystości przy jednoczesnym wysokim stanie trofii i odpowiednio wysokiej zawartości organiki. Wiarygodność takiej oceny budzi kontrowersje, ale jednocześnie jest to łatwo wytłumaczalnie, ponieważ badania prowadzono w okresie wegetacyjnym, który charakteryzuje się intensywną asymilacją biogenów z wody przez rośliny (stąd ich niskie stężenia); między tym rośnie zawartość substancji organicznych w wodzie w wyniku eutrofizacji (lub też doptywu z zewnątrz). Ocena stanu czystości wody w kontekście tematyki pracy wydaje się zbędną. W celu bardziej wiarygodnej oceny eutrofizacji należy rozpatrywać ten proces w ujęciu rocznym, żeby ocenić nie tylko procesy produkcji, ale i rozkładu produkcji wewnętrznej, ponieważ stan trofii jest uwarunkowany rocznym bilansem biotycznym. W związku z tym, że próbki były pobierane w okresie letnim, to apriori stan trofii był zawyżony, Tym bardziej, że

próbki pobierano w płytkiej przybrzeżnej strefie eufotycznej, gdzie te procesy z reguły przebiegają bardziej intensywnie.

9. Założeniem pracy było uznanie fosforu za główny czynnik eutrofizacji w badanych zbiornikach, natomiast na rys. 21 widać, że wartość TSI (TP) przekracza wartość (TSI (Chl), co według istniejącej interpretacji indeksu Carlsona dla takiej sytuacji świadczy o tym, że jednak ograniczającymi proces eutrofizacji mogą być inne czynniki, a fosfor może występować w formie mało dostępnej.

11. Na podstawie danych tabeli 18 i 19 stwierdzono, że depozyty zbiornika Rzeszów charakteryzują się znacznie wyższymi zawartościami analizowanych składników. Dobrze byłoby wytłumaczyć przyczynę takich różnic.

12. Rys. 22, 23 ilustrują wyniki analizy korelacyjnej zależności TP od zawartości wybranych substancji w osadach dennych, która potwierdza istnienie korelacji. Natomiast nie zaznaczono wyraźnie, co Doktorantka chciała tym udowodnić. Czy celem było stwierdzenie faktu, że zawartość tych substancji sprzyja wiązaniu fosforu w osadach dennych i wyłączenie jego z obiegu czy potencjalne niebezpieczeństwo jego uwalniania się z osadów? Czy ustalenie zależności korelacyjnych między IP a tymi że substancjami nie byłoby bardziej miarodajnym?

13. Czy stosowane w pracy terminy „mobilne frakcji fosforu” i „biodostępne frakcji” są synonimami w kontekście pracy i czy wszystkie formy uwalniane z osadów dennych są biodostępne?

14. Jaka zawartość tlenu w eksperymentach dotyczących oceny sorpcji –desorpcji fosforanów była traktowana jako warunki anoksyczne? Czy Doktorantka posiada informację o przypadkach powstawania warunków anoksycznych w badanych zbiornikach?

15. Odnosząc się do analizy regresji wielorakiej (23) chciałabym dowiedzieć się, czym był uzasadniony wybór składników modelu i co oznacza wyraz, że „...tylko oni istotnie statystycznie?” – w jaki sposób to było ustalone? Jeśli model pozwala wyjaśnić wariancję zmiennej zależnej w 46%, to czy nie należałoby wprowadzić do modelu dodatkowy czynnik, który pozwoliłby zwiększyć dokładność modelu (tlen, temperatura, pH, pojemność sorpcyjna osadów)?

16. Doktorantka bazuje prace na interpretacji wyników badań prowadzonych równoległe na dwóch obiektach badawczych według tej samej metodologii i dalszym porównaniu tych wyników. Natomiast w pracy nie ma argumentacji, dlaczego zostały wybrane właśnie te dwa zbiorniki i z czego wynikają

podobieństwa/różnice w uzyskanych wynikach. To mogłoby mieć praktyczne znaczenie dla oceny/prognozowania eutrofizacji dla zbiorników o różnych cechach morfometrycznych, różnych sposobach zagospodarowania ich zlewni, różnego czasu retencji wody itd.

17. Zaleca się wskazanie dalszych kierunków badań w zakresie podjętej tematyki.

## **6. Uwagi redakcyjne**

1. Forma tabeli 2 i rozmieszczenie jej treści w części „Indeksy troficzne” jest trochę mylące.

2. „Jakość ekosystemów wodnych” jest niezbyt poprawnym terminem (stan ekosystemów, ale jakość wody)

3. W rozdziale 5.3.2. występuje nieudane sformułowanie: „Ekosystemy wodne bronią się przed nadmiarem substancji w wodzie...”. Nazywane to jest procesem samooczyszczania. Ten akapit należałoby też umieścić w części teoretycznej.

4. Tytuły tab. 18 i tab. 19 w zakończeniu „...mogących mieć wpływ na sorpcje...” też są niezbyt udane, tym bardziej, że w pracy Doktorantka wykazują, że mają wpływ.

5. Występują drobne błędy stylistyczne.

## **7. Podsumowanie**

Przedłożona do recenzji praca doktorska poświęcona skomplikowanemu zagadnieniu, związanemu z badaniem mechanizmów procesów eutrofizacji, stanowiącym obecnie jeden z priorytetowych problemów w zakresie ochrony wód powierzchniowych. Ważnym czynnikiem tego procesu mogą być źródła wewnętrzne substancji biogennych, akumulowanych w osadach dennych oraz procesy przebiegające na granicy faz osady-woda, które z kolei uwarunkowane całokształtem procesów hydrologicznych, fizyczno-chemicznych i biochemicznych. Metody oceny ilościowej akumulacji i wydzielania się substancji biogennych z osadów do tej pory stanowią aktualny kierunek badań o znaczeniu teoretycznym i praktycznym. Autorka pracy podjęła próbę oceny roli osadów dennych w aspekcie ich udziału w rozwoju eutrofizacji wybranych zbiorników zaporowych.

Moje liczne uwagi nie zmniejszają wartości pracy, lecz świadczą o tym, że badany proces jest bardzo skomplikowany, a jego mechanizmy do tej pory nie są w pełni poznane. Doktorantka w podsumowaniu prawidłowo zwraca uwagę na to, że wyniki badań eksperymentalnych nad tak skomplikowanym procesem nie można bezpośrednio przenosić na warunki rzeczywiste bez odpowiedniej weryfikacji. Uzyskane wyniki mogą stanowić bazę do dalszych badań nad tym skomplikowanym zagadnieniem, poszerzając go na inne warunki, obiekty badawcze oraz czynniki.

### **8. Wniosek końcowy**

Odnosząc się do aktualnie obowiązujących przepisów prawnych (Dz. U 2003, Nr 65 poz. 595, Dz. U z 2018r. poz. 1669) rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Na podstawie przekazanej do recenzji rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że opracowanie otrzymane do recenzji spełnia podane warunki. Treść rozprawy potwierdza wiedzę teoretyczną Doktorantki, a sprecyzowanie tezy, celu i zakresu badań, ich zaplanowanie i opis, wybór metodologii badań, a także interpretacja wyników świadczą i umiejętności Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska Architektury Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie mgr inż. Małgorzaty Miąsik do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

*Elena Stewerowa - Dziekan*  
*Kraków 24.03.2021*