

Gdańsk, 26.01.2024

Prof. dr hab. Wojciech Tylmann
Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu
Wydział Oceanografii i Geografii
Uniwersytet Gdański

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Ilony Sekudewicz
pt. „Migracja i rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w
ekosystemach jeziornych jako wskaźniki procesów sedymentacyjnych”**

Formalną podstawą przygotowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr Ilony Sekudewicz pt. „Migracja i rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w ekosystemach jeziornych jako wskaźniki procesów sedymentacyjnych” jest decyzja Rady Naukowej Instytutu Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie o wyborze recenzenta oraz związane z tym pismo (DIN.510.4B.2023) z prośbą o wykonanie recenzji.

Uwagi ogólne

Recenzowana rozprawa doktorska przygotowana została przez mgr Ilonę Sekudewicz pod kierunkiem promotora dr hab. Michała Gąsiorowskiego, prof. ING PAN. Rozprawa składa się ze streszczenia w języku polskim oraz angielskim, części głównej napisanej w języku polskim oraz załączników obejmujących oświadczenia współautorów o ich indywidualnym wkładzie jakościowym i procentowym w powstanie publikacji, a także trzy artykuły naukowe:

1. Sekudewicz, I., Gąsiorowski, M., 2022. Spatial and vertical distribution of ¹³⁷Cs activity concentrations in lake sediments of Turawa Lake (Poland). *Environmental Science and Pollution Research*, 29: 80882–80896.
2. Sekudewicz, I., Matoušková, Š., Ciesielska, Z., Mulczyk, A., Gąsiorowski, M., 2022. Factors controlling ¹³⁷Cs distribution in bottom sediments of Koronowo Reservoir (Poland). *Journal of Soils and Sediments*, 22: 3189–3208.
3. Sekudewicz, I., Syczewski, M., Rohovec, J., Matoušková, Š., Kowalewska, U., Blukis, R., Geibert, W., Stimac, I., Gąsiorowski, M., 2024. Geochemical behavior of heavy metals and radionuclides in a pit lake affected by acid mine drainage (AMD) in the Muskau Arch (Poland). *Sci. Total Environ.* 908, 168245.

Czasopisma, w których zostały opublikowane powyższe artykuły, należą do liczących się w dyscyplinie uprawianej przez Doktorantkę i zostały właściwie dobrane do tematyki przedstawianej w artykułach. Sama rozprawa napisana jest przystępnym językiem i jest wolna od zmory dzisiejszych czasów jaką są nagminnie popełniane błędy literowe i przejęzyczenia. Warto dostrzec, że Doktorantka zadbała o ten aspekt. Oświadczenia o udziale współautorów są szczegółowe i nie pozostawiają wątpliwości co do wiodącego udziału Doktorantki, który oszacowany został na 60-75%.

Ocena merytoryczna

Osady jeziorne powszechnie uważane są za niezwykle cenne archiwa środowiskowe dzięki którym możliwe jest rekonstruowanie zmian środowiska w różnych skalach czasowych, w tym w relatywnie krótkich okresach czasu liczonych w setkach czy dziesiątkach lat. W osadach jezior gromadzą się również pierwiastki i związki uznawane za niebezpieczne, np. metale

śladowe czy zanieczyszczenia organiczne. Szczególną rolę odgrywają radioizotopy pochodzenia naturalnego i antropogenicznego, które z jednej strony stanowią cenne narzędzie do datowania osadów oraz badania procesów sedymentacji, a z drugiej same w sobie stanowią zagrożenie dla ekosystemu. Dynamika ich akumulacji, rozmieszczenie i migracja zależą w dużej mierze od lokalnej specyfiki procesów sedymentacyjnych, których rozpoznanie ma kluczowe znaczenie dla właściwej interpretacji obserwowanych zmian. Dobre zrozumienie obiegu radioizotopów w ekosystemach jeziornych ma zatem duże znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne. W nurt ten wpisuje się doskonale recenzowana rozprawa doktorska.

Rozprawę otwiera część wstępna, w której Doktorantka precyzuje cel pracy jako „scharakteryzowanie mechanizmów odpowiedzialnych za rozmieszczenie wybranych radioizotopów w osadach dennych trzech zbiorników wodnych pochodzenia antropogenicznego”. Do osiągnięcia zamierzonego celu konieczne było określenie w jaki sposób charakterystyka fizyczno-limnologiczna wybranych jezior, rodzaj i cechy deponowanych osadów oraz zachodzące procesy sedymentacyjne wpływają na rozmieszczenie przestrzenne koncentracji badanych radionuklidów w osadach, a także scharakteryzowanie zmian zachodzących w czasie ostatnich kilkudziesięciu lat. Zarówno cel pracy, dobór obiektów badań, jak i podejście badawcze nie budzą zastrzeżeń. Dobrze wyeksponowana jest również motywacja do podjęcia badań. Brakuje natomiast w części wstępnej wyraźnie zarysowanych hipotez lub postawionych pytań badawczych. W mojej opinii to znaczne niedociągnięcie, gdyż bez precyzyjnie postawionej hipotezy badawczej praca nabiera bardziej dokumentacyjno-sprawozdawczego charakteru. Dobra hipoteza lub celnie postawione pytania badawcze odróżniają pracę naukową od opracowania o charakterze ekspertyzy.

W kolejnej części Autorka przedstawia metody badań. Z wystarczającą szczegółowością opisane są metody poboru prób, wstępnej preparatyki, pomiaru aktywności radioizotopów, a także analiz: elementarnej, składu granulometrycznego, zawartości pierwiastków śladowych, mineralogicznej, okrzemkowej oraz analizy uzyskanych danych. Zakres przeprowadzonych prac laboratoryjnych jest szeroki i właściwy w kontekście postawionego celu. Opisy poszczególnych metod są klarowne i nie pozostawiają wątpliwości w kwestii jakości wykonywanych analiz. Ogółem przebadano ponad 60 prób osadów powierzchniowych oraz 7 rdzeni o długości kilkudziesięciu centymetrów z rozdzielczością co centymetr. Dało to łącznie kilkaset prób przeanalizowanych pod kątem kilku zmiennych.

Część „Najważniejsze wyniki badań” przedstawiona jest w formie streszczeń poszczególnych artykułów naukowych. Artykuł pierwszy dotyczy czynników warunkujących rozmieszczenie oraz migrację ^{137}Cs w osadach dennych Jeziora Turawskiego. Wykazano, że ^{137}Cs obecny jest zarówno w głębszych częściach rdzeni osadów, jak i w osadach powierzchniowych, co wskazuje na jego ciągłą migrację w ekosystemie Jeziora Turawskiego, pomimo upływu ponad 30 lat od katastrofy w Czarnobylu. Wskazano możliwe przyczyny takiego stanu rzeczy i określono główne zależności w kształtowaniu rozkładu przestrzennego koncentracji ^{137}Cs w osadach. Przeanalizowano również rozkłady pionowe koncentracji ^{137}Cs w pobranych rdzeniach i określono na tej podstawie tempo sedymentacji osadów. Artykuł drugi ma niemal identyczny zakres, ale obiekt badań jest zdecydowanie różny. Jezioro Koronowskie to, w przeciwieństwie do Jeziora Turawskiego, obiekt o skomplikowanej morfologii niecki jeziornej, co może sprzyjać dużemu zróżnicowaniu przebiegu procesów sedymentacji osadów. Podobnie jak w artykule pierwszym, ^{137}Cs wykrywalny był w powierzchniowej warstwie osadów, z tym że koncentracje były zdecydowanie niższe. Wykazano istotne powiązania zróżnicowania koncentracji ^{137}Cs ze składem granulometrycznym osadu, a także określono tempo sedymentacji osadów w części północnej i południowej jeziora. W artykule trzecim przedstawiono natomiast rozmieszczenie radioizotopów ^{137}Cs i ^{210}Po oraz metali śladowych w osadach kwaśnego jeziora pokopalnianego ŁK-61 położonego na terenie Łuku Mużakowa.

Wykazano, że największe znaczenie na dla rozkładu koncentracji radioizotopów i metali śladowych w osadach tego jeziora mają procesy rozpuszczania minerałów, strącania rozpuszczonych pierwiastków wraz z krystalizującymi minerałami wtórnymi, a także adsorpcja/absorpcja na minerałach autogenicznych oraz allogenicznych. Stwierdzone zaburzenie w profilach pionowych zinterpretowano jako zapis wezbrania powodziowego, co stanowi interesujący przykład wpływu gwałtownych zjawisk na procesy sedymentacji osadów.

W krótkim podsumowaniu wymienione zostały główne wnioski płynące z przeprowadzonych badań, które w opinii Doktorantki pozwoliły na określenie najważniejszych mechanizmów odpowiedzialnych za rozmieszczenie wybranych radionuklidów i metali śladowych w osadach badanych jezior.

Nie mam żadnych zastrzeżeń do jakości naukowej artykułów przedstawionych w niniejszej pracy. Uważam, że to bardzo solidne prace dostarczające interesujących wyników. W mojej opinii stanowią one dowód na to, że Doktorantka posiada wiedzę teoretyczną oraz praktyczne umiejętności niezbędne do prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Świadczy o tym wiodący udział Doktorantki w powstaniu każdej tych prac.

Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Jak każda dysertacja doktorska, tak również ta praca zawiera elementy, które należy poddać krytyce. Mój najpoważniejszy zarzut dotyczy sposobu napisania części wstępnej pracy. Jej zadaniem powinno być całościowe przedstawienie problemu poruszanego w rozprawie doktorskiej. Autorka powinna udowodnić spójność tematyczną publikacji naukowych wchodzących w skład dysertacji i w ten sposób zademonstrować umiejętność syntetycznego przedstawienia wyników swoich badań, a także nadania im szerszego kontekstu, którego zazwyczaj pozbawione są pojedyncze artykuły. Naturalnym łącznikiem poszczególnych artykułów może być wyraźnie sformułowana i dobrze uzasadniona hipoteza badawcza, której niestety nie odnalazłem w pracy. Spójność pracy można również wyeksponować poprzez odpowiedni, syntetyczny opis uzyskanych wyników. Czy przedstawienie najważniejszych wyników badań w formie odrębnych streszczeń kolejnych artykułów, jak to ma miejsce w niniejszej pracy, wypełnia te wymogi? W moim przekonaniu nie. Próbę potraktowania materiału jako całości podjęto w części "Podsumowanie", jednak jest ona bardzo skrótowa i przedstawia ogólne wnioski płynące z przeprowadzonych badań.

Ponadto, lektura pracy nasunęła mi kilka uwag i pytań:

1. Autorka jako jedyne pierwotne źródło ^{137}Cs w badanych osadach podaje opad po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu. Tymczasem zarówno Jezioro Turawskie, jak i Jezioro Koronowskie, powstały przed globalnym opadem będącym efektem testów jądrowych z maksimum w latach sześćdziesiątych XX wieku. W ich osadach powinien zatem znajdować się również ^{137}Cs z tego okresu. Dlaczego Autorka tak nie uważa? Czy można odróżnić ^{137}Cs pochodzący z globalnego opadu po testach jądrowych od "czarnobylskiego", a jeśli tak to w jaki sposób? Dlaczego tego zagadnienia nie przedyskutowano w pracy?
2. Takie podejście Autorki rodzi konkretne pytania, np. skąd pewność, że wykryte piki koncentracji ^{137}Cs to zapis roku 1986? Wobec braku dwóch charakterystycznych pików nie można wykluczyć, że doszło do ich zatarcia w wyniku mieszania osadów i/lub migracji cezu w kolumnie osadu.
3. Morfologia mis jeziornych, podawana jako jeden z głównych czynników zróżnicowania zawartości ^{137}Cs w osadach, jest słabo scharakteryzowana. Brakuje bardziej szczegółowej analizy morfometrycznej, co mogłoby być ważne zwłaszcza w przypadku Jeziora Koronowskiego ze względu na skomplikowanie morfologii dna.

4. Jako drugi z najważniejszych czynników warunkujących akumulację ^{137}Cs w osadach wskazano ich skład granulometryczny, co nie budzi raczej wątpliwości. Jednakże, w pracy przedstawione są rozkłady przestrzenne koncentracji ^{137}Cs , TOC, TN i ^{40}K , a nie ma wskaźników obrazujących zróżnicowanie składu granulometrycznego.
5. Rdzenie osadów dzielone były na próbki w terenie, co spowodowało brak możliwości obserwowania struktur sedymentacyjnych. Czy nie lepiej byłoby zabezpieczyć rdzenie w terenie w całości i otworzyć w warunkach laboratoryjnych?
6. W strukturze pracy rozdział "Wstęp" jest nienumerowany i w związku z tym rozdział pierwszy to "Metody badań", co jest chyba dość niestandardowe. Natomiast wydzielanie części 1.2.1 nie ma raczej uzasadnienia, bo jest to jedyna część podrozdziału 1.2.
7. Rycina 2 przedstawia mylący obraz lokalizacji rdzeni w formie transektu, co nie odpowiada ich położeniu na mapie.
8. Odwołanie do ryciny 6 na stronie 25 w kontekście składu granulometrycznego jest nietrafione, bo ta rycina nie przedstawia takich informacji.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących rozpoznania mechanizmów odpowiedzialnych za rozmieszczenie wybranych radioizotopów i metali śladowych w osadach dennych trzech jezior. Szczegółowe badania doprowadziły do określenia zróżnicowania przestrzennego koncentracji ^{137}Cs w osadach, a także oszacowania tempa sedymentacji osadów. Motywacja do podjęcia tematu, cel pracy oraz cały tok postępowania badawczego są odpowiednio przedstawione w pracy. Upublicznienie wyników badań w postaci trzech artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie o międzynarodowym zasięgu z pewnością jest znaczącym osiągnięciem Doktorantki i zasługuje na wysoką ocenę.

Do słabych stron pracy zaliczyć należy sposób przedstawienia części wstępnej, która nie do końca odpowiednio eksponuje spójność całej pracy. Pozostałe uwagi krytyczne i dyskusyjne mają w zamierzeniu skłonić autorkę do dalszych badań tych niezwykle ciekawych i ważnych procesów.

Reasumując uważam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr Ilony Sekudewicz pt. „Migracja i rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w ekosystemach jeziornych jako wskaźniki procesów sedymentacyjnych” stanowi wartościowy wkład naukowy do współczesnych badań z dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku. Autorka pracy udowodniła swoją ogólną wiedzę teoretyczną i dobre rozeznanie literatury przedmiotu, potrafiła zaplanować i prawidłowo zrealizować badania naukowe, które doprowadziły do zrealizowania postawionego celu pracy.

W związku z powyższym, zgodnie z przepisami zawartymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku (Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.), stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa spełnia wszystkie kryteria stawiane pracom doktorskim i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie mgr Ilony Sekudewicz do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

