



Prof. dr hab. Jerzy Siepak
Dyrektor Instytutu Inżynierii Środowiska
i Technologii Chemicznej
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
im. Hipolita Cegielskiego w Gnieźnie

Gniezno, dnia 10.08.2020r.

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Maj-Zajezierskiej

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska napisana przez mgr inż. Katarzynę Maj-Zajezierską pt. „Ocena wpływu makrofitów jako naturalnej bariery ochronnej przed zanieczyszczeniami osadów dennych metalami ciężkimi”, ubiegającej się o stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Promotorem rozprawy doktorskiej jest Profesor Piotr Koszelnik specjalizujący się w odnowie zbiorników wodnych poddanych antropopresji.

2. Ocena wstępna rozprawy doktorskiej

Praca zawiera 138 stron (35 tabel i 44 rysunki oraz 5 załączników) jest napisana poprawnym językiem. Tematyka jest ważna na czasie i w ujęciu inżynierskim.

Celem pracy było:

- Analiza możliwości zastosowania jeżogłówki gałęzistej do biomonitoringu oraz fitotechnologii.
- Rozpoznanie intensywności procesu uwalniania się wybranych metali ciężkich z osadów dennych zbiornika rzeszowskiego.
- Analiza zanieczyszczenia osadów dennych metalami ciężkimi.
- Analiza frakcjonowania wybranych metali ciężkich w osadach dennych pochodzących ze zbiornika rzeszowskiego.

Cel pracy jest konsekwentnie realizowany poprzez wszystkie rozdziały rozprawy doktorskiej.

Wprowadzenie do pracy jest napisane w sposób wyważony a spis akronimów i skrótów ułatwia śledzenie toku rozprawy.

Cel i tezy pracy przedstawione są czytelnie. Część teoretyczna obejmuje charakterystykę osadów dennych, stref buforowych, makrofitów, metali ciężkich i frakcjonowania. Inżynierski charakter pracy nadają takie parametry jak: indeks geoakumulacji Müller-Ijeo, geochemiczna klasyfikacja osadów dennych, zintegrowany ładunek zanieczyszczeń – PLI, współczynnik wzbogacenia – EF, kryteria ekotoksykologiczne. Ocena zanieczyszczenia roślin charakteryzują: współczynnik fitokumulacji – WF, mobilność – MR i translokacji – TF.

Część doświadczalna obejmuje: opis obiektu badawczego (zbiornik rzeszowski), opis badanej rośliny (jeżogłówki gałęzistej), oraz metodykę badań. Wyniki badań prezentowane są szczegółowo na 46 stronach. Dyskusja wyników, podsumowanie i wnioski to kolejne 16 stron. Literatura obejmuje 170 aktualnych publikacji z tej tematyki, głównie w języku angielskim. Pracę doktorską zamykają rozdziały ze spisem tabel, rysunków, załączników wraz ze streszczeniem w języku angielskim.

3. Merytoryczna ocena pracy doktorskiej

Oceniając pod względem merytorycznym niniejszą rozprawę należy podkreślić, że poszczególne składowe pracy są przedstawione w odpowiedniej kolejności, w sposób zwięzły i stopniowo rozszerzający w niezbędne elementy potrzebne do dyskusji naukowej zawartych w niej celów badań. Autorka wprowadza czytelnika w problematykę rozprawy z uwzględnieniem badań osadów dennych. Jako recenzent, czuję się kompetentny do oceny przesłanej pracy doktorskiej. Jestem współautorem

ponad 40 publikacji dotyczących badań osadów dennych w środowiskach wód lądowych z uwzględnieniem analizy specjacyjnej oraz analizy frakcjonowania.

Jako recenzent obecnie mam możliwość oceny postępu badań środowiskowych na przykładzie przedłożonej pracy doktorskiej. Przegląd literaturowy oraz metodyka pracy to rozdziały kompletne, ujmujące na bieżąco doniesienia publikacyjne. Cytaty do moich współpracowników, z mojej grupy badawczej (Sobczyński, Walna, Zerbe, Elbanowska, Głosińska, Niedzielski, Pełechaty, Zioła-Frankowska, Frankowski) potwierdzają bardzo aktualny stan badań.

Badane osady denne ze zbiornika rzeszowskiego charakteryzują się lekkim alkalicznym odczynem pH KCl 7,67 a pH H₂O 7,64. Materia organiczna w osadach dennych stanowiła od 10,9 % do 51,7 % (rys. 15). W tym mulistym osadzie rozwój makrofitów przy znaczącym poziomie węgla, fosforu i azotu, był wystarczający do postępującej eutrofizacji. Zawartość metali ciężkich w osadach dennych i z otoczenia korzeni roślin to specyfika badanego zbiornika wodnego. Najsilniejsze korelacje istotne statystycznie wykazują Cu z Ni, Al. Z Fe, Fe z Cr, Al. Z Cr. Silne wzajemne interakcje istotne statystycznie zaobserwowano dla Zn z Cr, Fe z Al. Umiarkowane korelacje wykazują Cu z Zn, Ni z Zn i Cd z Zn. Istotną statystycznie ujemną korelację wykazuje Cd z Pb i Cr z Fe.

Ilość substancji organicznych w osadach dennych jest dobrym wskaźnikiem biodostępności metali i ich mobilność ze względu na ich powinowactwo z metalami ciężkimi. Zaobserwowano silny związek istotny statystycznie pomiędzy materią organiczną a stężeniami Al., Fe, Cr i Zn w badanych osadach.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorantka stwierdziła, że analiza stanu jakości osadów dennych wskazuje na ich ogólne średnie zanieczyszczenie metalami ciężkimi. Na wynik ogólnej klasyfikacji osadów w dużej mierze wpływ miały wysokie stężenia Cu, Cr i Ni (wpływ antropopresji). Doktorantka nie wykazała znaczących różnic w stężeniu metali pomiędzy osadami z otoczenia roślin a osadami pobranymi do 50 cm od zbiorowisk roślinnych. A to oznacza, że rośliny pobierając metale ciężkie nie zmniejszają ich ilości w osadach dennych, co wynika z utworzenia ryzosfery wokół rośliny. Jako recenzent zgadzam się z tym stwierdzeniem, lecz uważam, że wpływ mają też inne czynniki, które proszę zacytować w czasie publicznej obrony pracy doktorskiej.

Analiza frakcjonowania wnosi istotne dane o formie wiązania metali przez odpowiednią frakcję (I, II, III, IV i V) (tab. 4). Z badań wynika, że udział frakcji IV związanej z materią organiczną i siarczkami jako dominującej dla badanych metali oznacza, że są one potencjalnie biodostępne, ale ich mobilność jest uwarunkowana od występujących warunków środowiskowych. Doktorantka dowiodła, że druga frakcja mająca istotny udział w badanych metalach to frakcja III związana z tlenkami Fe i Mn, jest ona podobnie jak frakcja utleniająca potencjalnie biodostępna, a uruchomienie metali wymaga specjalnych warunków laboratoryjnych. Do uruchomienia metali z frakcji III potrzeba warunków beztlenowych, w których następuje rozpad połączeń z tlenkami i wodorotlenkami Fe i Mn. Doktorantka dokonała oceny zanieczyszczenia osadów dennych poprzez wyliczone indeksy i współczynniki. Zgodnie z klasyfikacją indeksu geochemicznego Müllera najwyższa klasa zanieczyszczeń dla osadów ze zbiornika rzeszowskiego to klasa 3 obliczona dla Cr, Ni oraz Cu (tab.19). Dla osadów pobranych spod korzeni roślin (osad-R) zakres indeksu wynosi od 0.93 do 2.61. Dla Mn zakres indeksu (osad-Q) wynosił – 1.91 do 1.01 co oznacza, że 6 próbek znalazło się w klasie 1 osadów niezanieczyszczonych lub umiarkowanie zanieczyszczonych.

Oceniając osady denne na podstawie klas geochemicznych można stwierdzić, że Zn i Pb spełniają wymagania klasy 1 oznaczającej osady niezanieczyszczone. Oceniając osady denne na podstawie współczynnika wzbogacenia – EF można stwierdzić o szerokich granicach od 0.04 do 131.34. I tak dla Pb dominowało znaczące wzbogacenie zarówno w osadach – Q jak i osadach – R. Oceniając zanieczyszczenie osadów dennych na podstawie zintegrowanego ładunku zanieczyszczeń – PLI można dostrzec duże zróżnicowanie i tak najwyższa dla Al – 0.17 (rys. 29.30). Większe zanieczyszczenie strefowe wykazano dla osadów – Q w pobraniach B i C. Ocena ekotoksykologiczna osadów dennych wskazuje najwyższe przekroczenia ustalonych progów stężeń dla Mn. Pomiędzy klasyfikacją w osadach – Q i osadach – R były tylko nieznaczne różnice. Ocena zanieczyszczeń osadów dennych poprzez indeksy i współczynniki wzmacnia naszą wiedzę o poziomie oddziaływań na osad denną.

Najcenniejszym elementem rozprawy doktorskiej są badania nad jeżogłówką gałęzistą jako naturalną barierą ochronną przed zanieczyszczeniem osadów dennych metalami ciężkimi. Jeżogłówka gałęzista (*Sparganium erectum L.*) jest rośliną jednoliścienną, wieloletnią. Występuje na brzegach rzek i kanałów tworząc ciągłe

pasy roślinności. Preferuje muliste osady (organiczne) i wolny przepływ wody. Często występuje w gęstych zbiorowiskach roślinności szuwarowej lub tworzy skupiska, w których jest dominującym gatunkiem. Rośnie na głębokości do 1 m, posiada pełzające kłącza, które tworzą grube rozłogi do 15 cm głębokości i gęste drobne korzenie mogące sięgać do 40 cm. Jest makrofitem powszechnie występuje w Europie i Zachodniej Azji. Jest określana jako „inżynier ekosystemu”, który umacnia brzegi kanałów i rzek. Wybór tego przedstawiciela do badań jest bardzo trafny i wzbogaca naszą wiedzę o kumulacji metali ciężkich w tym makroficie. Celem użytkowym pracy doktorskiej było ocenienie możliwości wykorzystania jeżogłówki gałęzistej w biomonitoringu środowiska oraz w fitoremediacji.

Oznaczono poziom metali w roślinie uwzględniając: korzeń, łodygę i liście. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na wyraźną tendencję do pobierania metali w roślinie zgodnie z malejącą sekwencją korzeń>łodyga>liście. W największym stopniu kumulowane były Fe, Al., Mn w mniejszym stopniu Pb i Cd (metale toksyczne). Badania wykazały, że najwyższa kumulacja pierwiastków Cu i Zn wystąpiła na początku cyklu wegetacyjnego (w maju). Kolejne miesiące wykazują na zdecydowanie słabszą biokumulację. Odnośnie Ni i jego kumulacji w szeregu liść-łodyga-korzeń recenzent nie jest do końca przekonany o tym właśnie wniosku. Proszę dyskutować ze mną na obronie pracy doktorskiej?

Doskonale wzmocniają dyskusję naukową obliczone współczynniki translokacji i fitokumulacji potwierdzające dominującą kumulację metali w korzeniach. Niska mobilność pokazuje, że korzenie jeżogłówki gałęzistej działają jak filtr, chroniąc wyższe partie rośliny przed nadmiernym zanieczyszczeniem i toksycznością.

Cenne są wnioski wynikające z badań:

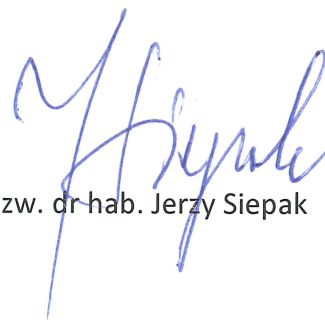
1. Stwierdzono, że kumulacja metali ciężkich w jeżogłówce gałęzistej jest wyższa niż w osadach dennych, a to pozwala stwierdzić, że stanowi ona skuteczną barierę ochronną przed nadmiernym zanieczyszczeniem osadów dennych i wód powierzchniowych.
2. Jeżogłówka gałęzista może pełnić rolę bioindykatora dla Mn, Fe, Cu, Zn, ponieważ kumuluje wysokie zawartości tych pierwiastków w korzeniach, na co wskazuje obliczony współczynnik fitokumulacji.
3. Uzyskane wyniki poziomu zawartości metali ciężkich w jeżogłówce gałęzistej wskazują, że w dużej mierze zależały one od zawartości w osadach dennych.

Rozmieszczenie metali w roślinie potwierdza przetrzymywanie ich w największych stężeniach w korzeniu, jako organie, przez który zostały pobrane.

4. Sezonowość zmian stężeń w jeżogłówce gałęzistej została stwierdzona dla Cu i Zn. Wysoko oceniam uzyskane wyniki badań.

5. Ocena Końcowa

Mgr inż. Katarzyna Maj-Zajezińska jest współautorka sześciu publikacji (w tym dwóch w języku angielskim, co odpowiada 52 pkt. MNiSW). Jest autorką i współautorką trzech rozdziałów w monografiach. Uczestniczyła w dziewięciu konferencjach naukowych, wygłosiła siedem referatów i przedstawiła dwa postery. Jako recenzent, mogę stwierdzić, że recenzowana praca doktorska mgr inż. Katarzyny Maj-Zajezińskiej wnosi istotny dorobek naukowy do rozwoju współczesnej inżynierii środowiska. Świadczy o pełnym opanowaniu przez Doktorantkę problematyki badań. Praca ma charakter nowatorski w zakresie podjętej tematyki na tym obszarze badań. Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Maj-Zajezińskiej nie budzi zastrzeżeń merytorycznych. Recenzowana praca spełnia warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone Ustawą o stopniach i tytułach naukowych oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki (Dz.U.2016 poz. 882, 1311 art. 13 ust. 1). Zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Maj-Zajezińskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. zw. dr-hab. Jerzy Siepak