

dr hab. inż. Klaudia Borowiak
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej
Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska
ul. Piątkowska 94C
60-649 Poznań

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej
mgr inż. Natalii Proskury

pt.: „Wykorzystanie grzybów wielkoowocnikowych w bioindykacji skażenia środowiska
glebowego metalami ciężkimi”
wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Joanny Podlasińskiej

1. Podstawa opracowania recenzji

- Pismo Dziekana Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie dr hab. inż. Edwarda Mellera, prof. ZUT z dnia 11 marca 2019 r., wystosowane w związku z uchwałą Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa ZUT w Szczecinie nr 499 podjętą dnia 8 marca 2019 r.,
- Umowa o dzieło z Wydziałem Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, reprezentowanym przez Dziekana dr hab. inż. Edwarda Mellera, prof. nadzw.,
- Egzemplarz rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Proskury pt. „*Wykorzystanie grzybów wielkoowocnikowych w bioindykacji skażenia środowiska glebowego metalami ciężkimi*”,
- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, z późniejszymi zmianami,
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.

2. Ogólna charakterystyka – zasadność podjęcia tematu

Bioindykacja zanieczyszczeń środowiska jest ważnym elementem badań monitoringowych i może stanowić istotne uzupełnienie w ocenie wpływu człowieka na środowisko. Metale ciężkie ciągle stanowią jedno z ważniejszych zanieczyszczeń środowiska, w szczególności środowiska glebowego, w którym może dojść do ich akumulacji. Wieloletnie badania w Polsce i na świecie wskazują na duże znaczenie badań mających na celu określenie stanu środowiska z zastosowaniem organizmów żywych. Grzyby wielkoowocnikowe są

powszechnymi organizmami występującymi w środowisku naturalnym i mogą stanowić ważne źródło informacji o akumulacji pierwiastków w środowisku, w tym w glebie. Tematyka podjęta w recenzowanej pracy dotycząca oceny zawartości metali ciężkich w środowisku glebowym z zastosowaniem grzybów wielkoowocnikowych nie jest nowa, na co wskazuje we wprowadzeniu Autorka rozprawy stwierdzając: „grzyby są uznawane za bioindykatory akumulacyjne, zdolne do gromadzenia... Od lat są wykorzystywane w ocenie zawartości metali ciężkich”. W literaturze tematu brakuje jednak kompleksowych opracowań mających na celu określenie możliwości ich zastosowania w bioindykacji. W szczególności na podkreślenie zasługuje fakt podjęcia próby oceny akumulacji metali ciężkich w glebie i grzybach w odniesieniu do parametrów glebowych wpływających na pobieranie metali ciężkich, jak również w odniesieniu do potencjalnych źródeł zanieczyszczeń i zagrożeń dla zdrowia człowieka.

3. Struktura i zawartość pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Proskury liczy 121 ponumerowanych stron formatu A4 jednostronnie zadrukowanych i oprawionych. Zawiera zasadniczy tekst rozprawy z ilustracjami i tabelami, składający się z 6 rozdziałów (106 stron), spis literatury (5 stron) oraz spisy: rycin, tabel i fotografii (łącznie 4 strony). Integralną część pracy stanowi aneks składający się z pięciu tabel i jednej ryciny. Struktura pracy jest poprawna, właściwa dla podjętej problematyki i charakteru rozprawy doktorskiej.

Bardzo przydatny w interpretacji wyników oraz w studiowaniu pozostałych rozdziałów jest wykaz skrótów umieszczony przed rozdziałem Wprowadzenie.

W jednostronicowym wprowadzeniu (s. 4), Autorka przedstawiła uzasadnienie podjęcia problemu badawczego oraz streściła zawartość pracy. Wskazała na zasadność podjętych badań poprzez powszechność występowania grzybów wielkoowocnikowych oraz aktualność problemu zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi. Moim zdaniem niepotrzebnie umieszczono krótkie streszczenie pracy w tym rozdziale, gdyż w tym celu zostało przygotowanie Streszczenie umieszczone na końcu rozprawy.

Rozdział 1. (s. 6-27) zawierający przegląd literatury, został podzielony na 9 podrozdziałów, odnoszących się do następujących zagadnień, istotnych dla przeprowadzonego wywodu naukowego: 1) grzyby wielkoowocnikowe w gospodarce człowieka, 2) grzyby wielkoowocnikowe w strukturze lasu, 3) klasyfikacja grzybów wielkoowocnikowych w ujęciu systematycznym, 4) charakterystyka grzybów z gromady *Basidiomycota*, 5) mechanizmy bioakumulacji jonów metali, 6) grzyby jako bioindykatory środowiska, 7) metale ciężkie w grzybach wielkoowocnikowych, 8) normy zawartości metali ciężkich w grzybach jadalnych, 9) metale ciężkie – źródła i szkodliwość. Ważnym rozdziałem jest rozdział dotyczący bioakumulacji jonów metali, w którym autorka opisuje sposoby pobierania pierwiastków, jak również ich wyparcia, co może mieć kluczowe znaczenie do ich dalszego zastosowania w bioindykacji. Podrozdział „Metale ciężkie w grzybach wielkoowocnikowych” mógł być najcenniejszym rozdziałem przeglądu literatury, podczas gdy stanowi jeden z najbardziej chaotycznych rozdziałów, sprawiających wrażenie

przypadkowości doboru literatury. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem byłoby ujęcie tabelaryczne ze wskazaniem gatunku, informacji dotyczących akumulacji wybranych pierwiastków oraz źródłem informacji. Biorąc pod uwagę liczbę pozycji literaturowych, Autorka dokonała szerokiego przeglądu literatury w tym temacie. Nie uniknęła również błędów stylistycznych, edytorskich, a także ortograficznych (pisownia odmiany słowa „Złotoryja”). W przeglądzie literatury mgr Natalia Proskura wskazuje na wiele ciekawych faktów, na przykład dotyczących wcześniejszych norm zawartości pierwiastków w grzybach przed wstąpieniem Polski do UE, jak również analizuje losy plomb amalgamatowych.

Rozdział 2 (s. 26) dotyczy sformułowania celów badawczych. Za szczególnie cenne uważam cel trzeci i czwarty dotyczący powiązania z parametrami glebowymi oraz wskazaniem potencjalnego źródła zanieczyszczeń. Cele zostały sformułowane prawidłowo i odpowiadają tytułowi rozprawy.

Rozdział Materiał i metody obejmuje strony 27-33. Autorka szczegółowo opisuje pobrane do analiz gatunki grzybów oraz schemat badań. Uwaga porządkowa w podrozdziale 3.2. Charakterystyka obszaru badań pierwsze 3 akapity dotyczą regionalizacji fizyczno-geograficznej według Kondrackiego i nie trzeba wstawiać cytowania za każdym akapitem. Wystarczy na końcu ostatniego. To samo dotyczy klimatu województwa zachodniopomorskiego według Koźmińskiego i in. 2012. Zaproponowane analizy statystyczne uważam za bardzo dobry element recenzowanej rozprawy. Dobór analiz jest dostosowany do metod badawczych i rodzaju uzyskanych wyników. Zastosowanie analiz opisowych oraz nieparametrycznych uważam za wysoce odpowiednie i świadczą o wnikliwej analizie uzyskanych wyników. Drobna uwaga edytorska – ujednoczyć pisownię zastosowanych analiz statystycznych, a przede wszystkim nazwisk twórców tych analiz.

Najobszerniejszym rozdziałem pracy są wyniki obejmujące 52 strony podzielone na 9 podrozdziałów. Układ rozdziałów jest logiczny odpowiadający uzyskanym wynikom i postawionym celom. W podrozdziale 4.1. Koncentracja i bioakumulacja pierwiastków Autorka omawia uzyskane wyniki zawartości wybranych pierwiastków w kapeluszach i trzonach grzybów oraz w glebie. Słowo „koncentracja” zamieniłabym na słowo „zawartość” lub „stężenie”. W podrozdziale 4.2. omówiono wskaźnik biokoncentracji pierwiastków posługując się bardzo obrazową formą mapy cieplnej. Tego typu prezentacja ułatwia czytelnikowi interpretację wyników wskazując na najważniejsze elementy. Na stronie 50 w pierwszym akapicie Autorka, najprawdopodobniej przez pomyłkę, pisze o wyjątku manganu podając te same zależności akumulacji, co dla pozostałych pierwiastków, podczas gdy jest tam jedynie równomierne rozłożenie pierwiastka. Większa bioakumulacja w kapeluszu większości pierwiastków świadczy również o translokacji pierwiastków, co jest bardzo ciekawym wynikiem i istotnym z punktu widzenia praktycznego, jak i żywieniowego w przypadku grzybów jadalnych. Rozdział 4.3 dotyczy zależności pomiędzy badanymi parametrami w poszczególnych mediach. Bardzo ciekawa prezentacja wyników korelacji Spearmana pozwala na skupienie uwagi na najbardziej istotnych zależnościach. Za cenne

uwzględnić wskazanie zależności pH gleby i zawartości wybranych pierwiastków w grzybniach poszczególnych gatunków grzybów oraz zależność zawartości w glebie i akumulacji w częściach grzybów. Daje to możliwości do dalszych zastosowań w bioindykacji. W kilku rycinach brakuje opisu osi lub jest on niepełny, ale nie obniża to wartości uzyskanych wyników. Na rycinach dotyczących zależności pomiędzy wybranymi parametrami Autorka posłużyła się symulacją prostej funkcji liniowej lub/i krzywej wielomianowej. Co wskazuje na poszukiwania schematu zależności pomiędzy badanymi czynnikami. Uwaga edytorska: w rycinie 15 w tytule mowa jest o ołowiu i kadmie, podczas gdy w podpisie osi jest rtęć i ołów. Autorka wykazała się dojrzałością badawczą w ocenie uzyskanych wyników nie poddając szczegółowej analizie wyników uzyskanych z gatunków, których liczebność była relatywnie niska. Pani Natalia Proskura wskazuje jedynie na tendencje sugerując konieczność rozszerzenia badań na większą skalę. Niezrozumiałe jest jednak umieszczenie w akapicie dotyczącym pozostałych gatunków informacji o zależnościach cynku dla podgrzybka brunatnego i krowiaka podwiniętego (Ryc. 18), skoro wyniki dla tych gatunków były prezentowane wcześniej. W podrozdziale 4.4. Autorka ocenia zależności pomiędzy akumulacją pierwiastków za pomocą analizy składowych głównych. Zastosowanie tej analizy uważam za trafne, jednakże Autorka nie ustrzegła się błędów w cytowaniach tabel, zamiast tabeli A3 i A5 powinna cytować tabele A2 i A4. Mam również wątpliwość, czy analiza została wykonana na podstawie wszystkich uzyskanych wyników we wszystkich gatunkach, czy tylko dla podgrzybka brunatnego, jak wynika z opisu ryciny i tabel w aneksie. Jeśli analizie poddano tylko podgrzybka brunatnego, to należało wskazać przyczynę braku podobnych analiz dla pozostałych gatunków. Bardzo ciekawą prezentację wyników zastosowała Autorka w podrozdziale 4.5., w którym oceniono podobieństwa i różnice w akumulacji pierwiastków. Zastosowany schemat w tabeli 15 uważam za niezwykle obrazowy i cenny. W podrozdziale 4.6. Autorka dokonała analizy zawartości wybranych pierwiastków w poszczególnych latach badań. Oceniono jedynie wyniki reprezentujące istotne różnice, co uważam za zasadne. Martwi mnie jedynie niewielka liczba pobranych prób do analiz niektórych gatunków w poszczególnych latach (2-3 próby) i ich faktyczne znaczenie, a przypadkowość wyników, zwłaszcza w odniesieniu do większej liczby prób w innych latach badawczych. W rozdziale 4.7. Autorka opisuje wyniki dotyczące zawartości pierwiastków na poszczególnych stanowiskach badawczych. Zastanawia mnie fakt wyższych poziomów stężeń wybranych pierwiastków na stanowiskach stanowiących tło. Czy jest jakieś wytłumaczenie tego faktu poza tym podanym w dyskusji? Uwaga porządkowa – dobrze byłoby na wykresach z zawartością pierwiastków w glebach oprócz nazw stanowisk podać rodzaj stanowiska według podziału na 4 grupy, które Autorka podaje w Metodycie. Bardzo ciekawe zależności uzyskano w analizie zawartości pierwiastków w grzybach rosnących na glebach mineralnych i na butwinie. Jest to moim zdaniem nowatorski aspekt tego typu badań. W rozdziale 4.8. omówiono poziom badanych parametrów glebowych. Za niezwykle cenny z praktycznego punktu widzenia uważam rozdział 4.9. Potencjalne narażenie konsumentów grzybów.

Rozdział 5. Dyskusja oraz 6. Wnioski i stwierdzenia podsumowuje zawartość całej pracy. Autorka wnikliwie analizuje uzyskane wyniki i odnosi się do wyników wcześniej uzyskanych

badan. Na podkreślenie zasługuje fakt cytowania wiodących badaczy z Polski i Czech w zakresie zawartości metali ciężkich w grzybach, tj. Falandysz, Kalač czy Svoboda. Brak jednak odniesienia do wyników uzyskanych w innych krajach, poza Polską, Czechami i Hiszpanią. Czy tego typu badania nie są realizowane poza tymi krajami i Europą? Dyskusja napisana jest poprawnie odnosząc się chronologicznie do uzyskanych wyników i postawionych celów. Podobny układ mają wnioski, które jasno odpowiadają na postawione cele.

4. Ocena merytoryczna

Doktorantka w przedstawionej rozprawie podjęła się bardzo kompleksowego podejścia do tematu możliwości zastosowania grzybów wielkoowocnikowych do bioindykacji. Przy okazji oceniła również rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń na badanym obszarze, zależności pomiędzy zawartością w glebie i grzybach, jak również potencjalny wpływ na zdrowie człowieka. Jest to bardzo szeroki zakres tematyczny trudny do oceny w jednej rozprawie doktorskiej. Autorka wykazała się ogromnym potencjałem analitycznym oraz dojrzałością w ocenie uzyskanych wyników oraz ich prezentacji. Było to niezwykle trudne przy tak dużej liczbie danych. Na wysoką ocenę zasługuje duża aplikacyjność wykonanych badań oraz znajomość metod statystycznych i prawidłowość ich zastosowania. Poniżej kilka uwag krytycznych, które stanowią raczej temat do dyskusji i uwzględnienia przy przygotowywaniu manuskryptu do publikacji i nie wpływają na jakość merytoryczną rozprawy:

- a) Z punktu widzenia zastosowania grzybów do bioindykacji - w pracy brak jest wskazania zasięgów występowania badanych gatunków. Lakoniczne stwierdzenie „w Polsce można spotkać tysiące gatunków grzybów wielkoowocnikowych” nie wyczerpuje tematu. Biorąc pod uwagę aplikacyjność pracy dołączenie map zasięgów występowania (bazując chociażby na obecności gatunków drzew, z którymi wybrane gatunki wchodzi w symbiozę) zdecydowanie zwiększyłoby wartość pracy.
- b) Podrozdział „Charakterystyka badanych gatunków” nie wnosi żadnych dodatkowych informacji związanych z możliwościami do bioakumulacji i zastosowania w bioindykacji metali ciężkich. Zdecydowanie przydatniejsza byłaby wspomniana wyżej mapa zasięgów występowania, co wskazywałby również na niemożliwość poboru prób w wybranych stanowiskach badawczych. Jeśli takie mapy nie istnieją, to może warto zrobić taką w trakcie przygotowania pracy do publikacji.
- c) Brak hipotez badawczych.
- d) Nierównomierność występowania badanych gatunków skutkowałą brakiem pobranych prób z wielu stanowisk i w poszczególnych latach badawczych. Brak jest również powtarzalności w latach. Zastosowanie statystycznych testów nieparametrycznych w związku z tym uważam za wysoce uzasadnione. Nurtuje mnie jednak powtarzalność i ewentualna przypadkowość uzyskanych wyników. W związku z dużą liczbą analizowanych gatunków, czy nie lepiej byłoby skupić się na 7 gatunkach, które występowały we wszystkich latach badawczych? Druga kwestia to występowanie na stanowiskach badawczych – trudno jest odnosić wyniki badań do tła, jeśli dany gatunek na tym stanowisku nie występował.

- e) Proszę wyjaśnić wybór stanowisk tworzących tło, gdyż ich dobór wydaje się być w pracy przypadkowy.
- f) Ważnym czynnikiem wpływającym na występowanie poszczególnych gatunków grzybów są warunki meteorologiczne, które zostały ogólnie opisane w podrozdziale Materiał i metody w odniesieniu do klimatu województwa. Warto byłoby sprawdzić i odnieść się do sum opadów w poszczególnych sezonach badawczych, jak również do kierunków wiatrów, które mają istotne znaczenie w rozprzestrzenianiu się i depozycji zanieczyszczeń powietrza, o czym zresztą wspomniane jest w dyskusji.

5. Ocena końcowa

Przedstawione w recenzji uwagi nie podważają merytorycznej wartości rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Proskury, zaproponowane zostały w formie sugestii i poddane do dyskusji. Oceniana rozprawa jest interesująca i charakteryzująca się kompleksowym podejściem do problemu bioindykacji metali ciężkich w środowisku. Wykazuje cechy aplikacyjne dla problematyki związanej z kształtowaniem i ochroną środowiska. Wskazuje na możliwości zastosowania wybranych gatunków grzybów wielkoowocnikowych jako potencjalnych bioindykatorów ze szczególnym uwzględnieniem potencjalnego negatywnego oddziaływania na zdrowie człowieka. Autorka zrealizowała postawione w pracy cele.

Zgodnie z art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, ze zm.) rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uważam, że przedstawiona rozprawa jest świadectwem opanowania przez Doktorantkę warsztatu naukowego w stopniu wystarczającym, odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim w art. 13 ust. 1 ww. Ustawy i tym samym kwalifikuje ją do uzyskania stopnia doktora nauk rolniczych w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska. W związku z powyższym, jako wyznaczona uchwałą Rady Wydziału recenzentka, wnoszę do Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Natalii Proskury „Wykorzystanie grzybów wielkoowocnikowych w bioindykacji skażenia środowiska glebowego metalami ciężkimi” i dopuszczenie do publicznej obrony.



dr hab. inż. Klaudia Borowiak

Poznań, dnia 17 kwietnia 2019 r.