

Kraków, 6.08.2020r.

dr hab. inż. Marek Pająk, prof. UR
Katedra Ekologii i Hodowli Lasu
Wydział Leśny
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Al. 29-go Listopada 46
PL 31-425 Kraków

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Jacka Borgulata pt.: „Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w igłach *Picea abies* oraz *Abies alba* w Beskidzie Śląskim i Żywieckim”

1. Wprowadzenie

Recenzję wykonano w odpowiedzi na pismo z dn. 22. 06. 2020 r. Pana Prof. dr hab. Piotra Świątka Prodziekana ds. Nauki i Współpracy z Zagranicą Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, w którym Rada Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału Nauk Przyrodniczych zleciła mi wykonanie oceny niniejszej rozprawy.

Rozprawa doktorska mgr Jacka Borgulata powstała na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, pod kierunkiem Dr hab. Aleksandry Nagórskiej-Sochy, prof. UŚ.

2. Ocena problematyki badawczej

Przedstawiona do oceny dysertacja porusza niezwykle istotny i ciągle aktualny problem badawczy, związany z ochroną środowiska. Zanieczyszczenia przenoszone drogą powietrzną odgrywają istotną rolę w degradacji środowiska przyrodniczego. Człowiek współczesny, egzystując w złożonym makroekosystemie, poddawany jest działaniu jego czynników abiotycznych i biotycznych, które częściowo są wytworem działalności ludzkiej. Czynniki te mogą mieć działanie negatywne na środowisko naturalne oraz organizm ludzki, stąd są przedmiotem badań zarówno nauk medycznych, biologicznych, toksykologicznych, żywieniowych, a także ekologicznych. Zagadnienia związane ze skażeniem środowiska naturalnego wzbudzają zainteresowanie społeczeństwa już od wielu lat. W związku ze wzrostem uprzemysłowienia w ciągu ostatnich kilku dekad, ilości związków chemicznych wprowadzanych do środowiska naturalnego przez człowieka są ogromne. Szacuje się, że w środowisku występuje obecnie ponad 100 000

ksenobiotyków, które nie występowały w nim wcześniej. Zatem w codziennym życiu organizmy żywe są narażone na działanie tysięcy substancji chemicznych, które są wytworem procesów naturalnych, jak również działalności człowieka. Niektóre z nich są konieczne dla wzrostu, zdrowia i rozwoju organizmów żywych, ale wiele innych może wpływać negatywnie, pogarszając jakość i bezpieczeństwo ich życia. Do tych drugich ze względu na swoje niekorzystne oddziaływanie na organizmy żywe zaliczamy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) oraz metale ciężkie. Z uwagi na to, coraz większego znaczenia nabierają czasowo-przestrzenne badania monitoringowe, które pozwalają na ustalenie zarówno pochodzenia skażeń chemicznych, jak i ich przyczyn, co może umożliwić skuteczne zapobieganie powstającym zagrożeniom.

Podjęty przez Pana mgr Jacka Borgulata temat rozprawy doktorskiej wpisuje się doskonale w sygnalizowaną problematykę, a podjęty wieloletni trud badawczy zasługuje na pełne uznanie, gdyż aby recenzowana dysertacja mogła powstać, jej Autor musiał się wykazać szerokim zakresem wiedzy z zakresu ekologii, toksykologii czy chemii.

3. Ocena formalna

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska ma formę monografii, obejmuje 193 strony maszynopisu łącznie z aneksem. Materiał dokumentacyjny został przedstawiony w 37 tabelach zamieszczonych w tekście pracy na 39 wykresach (w tym 3 w aneksie), 4 rycinach i 3 zdjęciach. Wykaz literatury liczy 308 pozycji, których zdecydowaną większość stanowią prace anglojęzyczne. Podkreślenia wymaga oprócz ilości zacytowanej literatury prawidłowy wybór tematyczny zamieszczonych źródeł, ich aktualność oraz ścisły związek z zakresem rozprawy.

Układ rozprawy spełnia kryteria dla opracowań na stopień naukowy doktora. Składają się na niego następujące rozdziały: „1. Wstęp, 2. Cel pracy, 3. Literatura przedmiotu, 4. Materiał i metody, 5. Wyniki, 6. Dyskusja, 7. Podsumowanie i wnioski, 8. Literatura, 9. Aneks”. Tworzą one spójną logiczną całość ułatwiającą śledzenie treści pracy.

W pracy zachowano odpowiednie proporcje pomiędzy objętością poszczególnych rozdziałów. Zasadnicza część rozprawy stanowi rozdział „Wyniki”, który wraz z „Dyskusją” zajmuje ponad 50% udziału w jej treści. Układ dysertacji jest typowy i nie budzi zastrzeżeń. W mojej opinii pożądanym byłoby zamieszczenie streszczenia dla tak obszernej rozprawy, które pozwoliłoby czytelnikowi na szybkie zorientowanie się z zakresem badań prezentowanych w dysertacji oraz wykazu rycin, wykresów i tabel zaprezentowanych w pracy.

4. Ocena merytoryczna (omówienie pracy)

We „Wstępie” (6 stron), Doktorant wprowadza czytelnika w tematykę prezentowanego zagadnienia, opisaną w tytule i w treści, a obejmującą ogólne informacje o historycznej i obecnej sytuacji dotyczącej depozycji zanieczyszczenia w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. Wskazuje na rekreacyjno- turystyczne znaczenie tych regionów dla społeczności Górnego Śląska. Opisuje również wpływ metali ciężkich i WWA na funkcjonowanie i życie ludzi, zwierząt i roślinności. Trafnie uzasadnia wybór badanych zanieczyszczeń oraz biomonitorów przy pomocy, których podjął się zrealizować swoje badania. W rozdziale tym Pan mgr Jacek Burgulał podaje wiele interesujących informacji literaturowych, wskazujących na bardzo dobrą znajomość poruszanej tematyki, co wydaje się być dobrą przesłanką do merytorycznej interpretacji uzyskanych wyników.

Takie omówienie tła problemu jest wystarczające do postawienia zakresu i celu badań. A jest nimi określenie depozycji zanieczyszczeń atmosferycznych przez badania biomonitoringowe z wykorzystaniem igieł jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) i świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst). A jako cele szczegółowe pracy przyjął: oszacowanie aktualnej depozycji WWA i metali ciężkich w lasach Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, określenie potencjalnych źródeł emisji WWA docierających do badanych obiektów, porównanie zawartości wybranych zanieczyszczeń powietrza zatrzymywanych przez igły jodły i świerka pod kątem wykorzystania jednego z tych gatunków w biomonitoringu zanieczyszczeń powietrza w lasach górskich oraz porównanie zawartości wybranych metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym jodły i świerka z danymi literaturowymi w celu oceny ryzyka środowiskowego. Doktorant postawił też dwie hipotezy, które postanowił zweryfikować w ramach swojej rozprawy doktorskiej. Pierwsza mówi, że występują różnice w składzie zanieczyszczeń powietrza (WWA oraz metali ciężkich) zatrzymywanych przez igły 6- i 12-miesięczne u jodły pospolitej i świerka pospolitego rosnących w lasach Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Druga zaś, że jedną z podstawowych przyczyn zróżnicowania zawartości wybranych zanieczyszczeń atmosferycznych zatrzymywanych przez igły jodły i świerka w lasach beskidzkich są emisje pochodzące ze źródeł lokalnych. Obie jasno wskazują przewidywany charakter zależności i dowodzą dobrego rozeznania Doktoranta w problematyce podjętych przez niego badań.

Obszerny rozdział 3. „Literatura przedmiotu” (26 stron) wprowadza czytelnika w problematykę pracy. Autor w sposób niezmiernie skrupulatny i rzetelny przedstawiła w nim stan wiedzy o wielu czynnikach, które należy uwzględnić prowadząc badania w podjętej tematyce. Przegląd ten oparł na blisko 200 pozycjach literatury, z których zdecydowana większość to aktualne i poprawnie dobrane publikacje ściśle związane z tematyką rozprawy doktorskiej. Szczegółowo omawia w nim właściwości, źródła, drogi transportu oraz wpływ WWA i metali ciężkich na organizmy żyjące w środowisku przyrodniczym. W rozdziale tym Autor przedstawia również możliwość wykorzystania roślin w biomonitoringu zanieczyszczeń WWA i metali ciężkich. Doktorant prezentuje

w nim poglądy wielu autorów, a rozdział jest wartościowym kompendium informacji. W mojej opinii z tego rozdziału należałoby przenieść punkt dotyczący charakterystyki obszaru badań i umieścić go przed charakterystyką powierzchni badawczych w rozdziale 4. „*Materiał i metody*”. Takie usytuowanie tego podrozdziału stanowiłoby spójną całość i byłoby lepsze dla całościowego odbioru pracy.

Przyjęta metodyka badań zamieszczona w rozdziale 4. „*Materiał i metody*” (17 stron) umożliwia realizację głównego jak i szczegółowych celów badawczych oraz weryfikację postawionych hipotez. Metodyka badań była dobrze zaplanowana, a wykonane prace umożliwiają w przyszłości realizację powtórnych badań na wyznaczonych powierzchniach (dzięki ich stabilizacji w terenie). W rozdziale tym Doktorant przedstawił: charakterystykę powierzchni badawczych, dane meteorologiczne, termin, ilość i sposób poboru materiału roślinnego oraz glebowego do badań laboratoryjnych, metody oznaczeń analiz fizykochemicznych, oraz zastosowane metody statystyczne. Ten olbrzymi materiał badawczy uzyskany i zweryfikowany pozwolił Autorowi na dokonanie wielu analiz w oparciu o właściwie dobrane wskaźniki jak i metody statystyczne. Przeprowadzony wybór i kryteria przyjęte przez Doktoranta są właściwe i zasługują na szczególne podkreślenie dając tym samym przejrzystość w ocenie uzyskanych wyników.

W metodyce zdaniem Recenzenta należałoby uzupełnić następujące kwestie. Jak wytypowano drzewa na wyznaczonych powierzchniach badawczych, z których pobierano próbki igieł do badań laboratoryjnych? Z jakiego okółka (7 czy 15) i jakiej wystawy pobierano uigłone gałązki do badań laboratoryjnych? W mojej opinii udzielenie odpowiedzi na te pytania powinno mieć miejsce w metodyce badań gdyż samo powołanie się na wytyczne zawarte w *ICP Forest Manual z 2017* jest zbyt mało szczegółowe, a wyjaśnienie tak istotnych kwestii nie zajęłoby zbyt dużo miejsca. W metodyce znajdujemy tylko krótkie wyjaśnienie, że próbki (igieł 6-miesięcznych i 12-miesięcznych) pobierano z 10 jodeł i świerków, z których sporządzono próbki zbiorcze (osobno dla każdego gatunku), a zastosowana metodyka poboru igieł była zgodna z wytycznymi (*ICP Forest Manual 2017*). Jak doskonale wiemy świerk i jodła zachowuje się inaczej w drzewostanach. Świerk buduje drzewostany jednopiętrowe, w których zdecydowana większość drzew zajmują podobną pozycję biosocjalną w drzewostanie, natomiast jodła chętniej tworzy drzewostany wielopiętrowe, w których drzewa zajmują miejsce w różnych warstwach drzewostanu. Wybór drzew, z których pobierano materiał badawczy może mieć zasadnicze znaczenie w ilości zatrzymywanych zanieczyszczeń docierających drogą powietrzną do ich aparatów asymilacyjnych.

Charakteryzując poszczególne powierzchnie badawcze należało zdaniem Recenzenta również poinformować czytelnika o wieku drzew, wspomnianej wyżej budowie drzewostanu oraz typie siedliskowym lasu. W metodyce brak też jest informacji o typie gleb, miąższości poziomu A na poszczególnych powierzchniach i podstawowych właściwościach gleb, które mogą mieć duży wpływ na pobieranie zanieczyszczeń

(np. metali ciężkich, których zawartość w igłach jodły i świerka była również w ocenianej pracy określana) ze środowiska glebowego przez rośliny. Tutaj prosiłbym Doktoranta o udzielenie odpowiedzi, które z właściwości gleb mają decydujące znaczenie w pobieraniu zanieczyszczeń metalicznych ze środowiska glebowego? Dla przyszłego przygotowania prac w recenzowanych czasopismach (JCR) w metodyce należałoby podać dokładność wykonanych oznaczeń oraz wskazać zastosowany materiał referencyjny.

W rozdziale 5. „Wyniki” (66 stron) Autor wyodrębnił pięć podrozdziałów umieszczonych w logicznej kolejności: porównanie zawartości WWA i metali ciężkich w igłach w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim, analizę przestrzenną depozycji zanieczyszczeń, analizę profilu oraz wskaźników WWA, porównanie wybranych gatunków pod kątem wykorzystania w biomonitoringu zanieczyszczeń w lasach górskich oraz zawartość metali ciężkich i arsenu w igłach oraz w glebie. Moim zdaniem pierwszy z omawianych podrozdziałów powinien być zatytułowany inaczej i brzmieć: porównanie zawartości WWA i metali ciężkich w pyłach zatrzymywanych na igłach jodeł i świerków w Beskidzie Śląskim i Beskidzie Żywieckim. Rozdział ten jest napisany bardzo dobrze a na szczególne podkreślenie zasługuje bogata strona graficzna (wykresy, zdjęcia i mapy) i dokumentacyjna (tabele), które pozwoliły Doktorantowi na poprawne zaprezentowanie tak wielkiej liczby otrzymanych danych wynikowych w sposób bardzo przejrzysty, a zarazem ciekawy.

Bardzo dobrą częścią dysertacji jest rozdział 6. „Dyskusja” (35 stron). Rozdział ten jest napisany z zaangażowaniem, jest spójny, logiczny i konsekwentny. Autor ze swobodą porusza się w gąszczu wyników łącząc je w jedną całość. Konfrontuje uzyskane wyniki z licznymi danymi literaturowymi, których interpretacja nie budzi zastrzeżeń.

W rozdziale 7. „Podsumowanie i wnioski” (3 strony) mgr Jacek Borgulat przedstawia najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań, które są w pełni udokumentowane i logiczne.

Rozprawa doktorska mgr Jacka Borgulata pod względem edytorskim została przygotowana w sposób bardzo staranny, a Autor posługuje się w niej poprawną polszczyzną. Nie ustrzegła się jednak przed drobnymi błędami językowymi i interpunkcyjnymi, które zamieściłem w ocenianym egzemplarzu. W pracy zdarzają się nieliczne przejęzyczenia np.: str. 140 Autor pisząc „depozycja pyłów w igłach bieżącego rocznika” miał zapewne na myśli – depozycja pyłów na igłach bieżącego rocznika. Część zamieszczonych pozycji literaturowych w rozdziale 8. „Literatura” jest ułożona niechronologicznie np.: str. 183 (prace prof. Staszewskiego), praca Hwang i wsp. (2003) jest zamieszczona 2 razy (str. 170), a nazwisko Stanisława Niemtura jest napisane niepoprawnie (str. 157 i 178).

5. Podsumowanie

Zaprezentowana przez mgr Jacka Borgulata dysertacja porusza niezwykle ważną i aktualną problematykę badawczą o wysokiej wartości naukowej. Wnosi ona nowe elementy poznawcze odnośnie wielkości zanieczyszczeń docierających z okęgów przemysłowych (takich jak GOP) jak i powstających w bezpośredniej bliskości lasów Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Potwierdza duże możliwości wykorzystywania aparatu asymilacyjnego drzew w biomonitoringu zanieczyszczeń środowiska leśnego przy identyfikacji i określaniu wielkości zanieczyszczeń WWA i metali ciężkich.

Uważam, że cele pracy zostały zrealizowane, a uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne. Autor zrealizował ambitny i rozbudowany program badawczy. Wysoko oceniam także poziom merytoryczny związany z przygotowaniem warsztatu badawczego, szczególnie w zakresie: analitycznym, opracowywaniem danych laboratoryjnych z ich weryfikacją oraz przeprowadzone analizy statystyczne z właściwym doбором danych.

Wymienione w recenzji uwagi są propozycją do dyskusji i nie podważają osiągnięć Autora. Oceniana praca jest wartościowa, a do szczególnych osiągnięć Doktoranta zaliczam:


- wykazanie, zależności pomiędzy ilością lokalnych źródeł emisji (zabudowań i dróg) oraz ich odległością od powierzchni badawczych zlokalizowanych w lasach Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego, a zawartością WWA i metali ciężkich zatrzymanych przez igły badanych gatunków;
- wykazanie, że w pyłach gromadzących się na igłach 6-miesięcznych (jodły i świerka) gromadzi się większy udział lekkich WWA (2- i 3-pierścieniowych) w stosunku do igieł 12-miesięcznych, gdzie obserwujemy większy udział WWA (4-, 5- i 6-pierścieniowych) pochodzenia pirogenicznego, co potwierdza znaczący wpływ lokalnych źródeł zanieczyszczeń w okresie jesienno zimowym na badanych obszarach Beskidu Śląskiego i Żywieckiego;
- wykazanie, że ilość WWA docierających do lasów beskidzkich oraz potencjał kancerogeny oszacowany przy pomocy igieł (jodły pospolitej i świerka pospolitego) jest charakterystyczny dla terenów o niskim stopniu obciążenia przez wymienione zanieczyszczenia;
- wykazanie, że igły jodły pospolitej (*Abies alba*) dzięki większej zawartości wosków epikutylarnych oraz odpowiedniemu kształtowi kumulują większą ilość zanieczyszczeń pyłowych w porównaniu do igieł świerka pospolitego (*Picea abies*).

Recenzowana rozprawa Pana mgr Jacka Borgulata jest wykonana bardzo dobrze i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Cechuje ją duża dociekliwość i pasja badawcza. Autor dowiódł, że posiada znaczne doświadczenie badawcze, wyobraźnię, wiedzę teoretyczną, a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Uzyskane rezultaty wzbogacają wiedzę ogólną oraz związaną z tematem dysertacji i posiadają duże znaczenie praktyczne.

6. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr Jacka Borgulata pt.: „Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w igłach *Picea abies* oraz *Abies alba* w Beskidzie Śląskim i Żywieckim” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim w art. 13 *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (tekst ujednolicony Dz.U. z 2017 r., poz. 1789) oraz art. 179 ust. 1 *Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 r., poz. 1669).

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie Pana mgr Jacka Borgulata do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Dodatkowo, biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną, poznawczą oraz aktualność podjętej tematyki badawczej wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Jacka Borgulata.



dr hab. inż. Marek Pająk, prof. UR