



dr hab. inż. Sylwester M. Grajewski
Katedra Inżynierii Leśnej
Wydział Leśny i Technologii Drewna
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań
tel.: 61 848 7540, e-mail: sylwester.grajewski@up.poznan.pl

Poznań, 6 września 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgra inż. Arkadiusza Warczyka pt. „Akumulacja pierwiastków śladowych związanych z ruchem drogowym w roślinach runa i warstwach drzewostanów przyległych do drogi ekspresowej”

Rozprawę wykonano w Katedrze Inżynierii Ekologicznej i Hydrologii Leśnej na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Marcina Pietrzykowskiego. Recenzję przygotowano na podstawie uchwały nr RD-NL 59/2023 Rady Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z dnia 5 lipca 2023 roku oraz pisma WL-D.5100.20.2023/JDS Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Leśne prof. dra hab. inż. Jarosława Sochy z dnia 7 lipca 2023 roku.

1. Wprowadzenie

Oddziaływanie szlaków komunikacyjnych na środowisko przyrodnicze jest zagadnieniem bardzo rozległym i często podejmowanym przez naukowców z różnych obszarów wiedzy – od nauk biologicznych poprzez techniczne, aż po ekonomiczne i społeczne. Dotychczasowe wyniki badań przeprowadzone na terenach leśnych jednoznacznie wskazują na powstawanie w sąsiedztwie pasa drogowego ekotonowej strefy brzegu drzewostanu o szerokości około 30–100, a czasami więcej metrów. Jednakże najbardziej charakterystyczne zmiany zachodzą zazwyczaj w pasie pierwszych 10–15 (20) m. Ich przyczyn upatruje się **(1)** w zmianach warunków oświetlenia, wilgotności, siły/kierunku wiatru, kwasowości i żyzności gleb – będących w dużej mierze konsekwencją wykonania liniowej przerwy w drzewostanie oraz **(2)** w zanieczyszczeniu powietrza, wody i gleby (w tym często zasolenia), hałasie, wibracjach etc. Warto w tym miejscu podkreślić, że ruch i eksploatacja pojazdów nie są jedynymi potencjalnymi źródłami zanieczyszczenia środowiska stref przydrożnych. Pierwiastki śladowe mogą przenikać do gruntów, wód podziemnych oraz roślin także z materiałów użytych do budowy nawierzchni drogowych. Zagrożenie takie staje się realne szczególnie w przypadkach wykorzystywania przemysłowych materiałów odpadowych w połączeniu z niewłaściwie dobranymi technologiami wbudowywania ich w konstrukcję nawierzchni.

Dynamiczna rozbudowa infrastruktury drogowej wręcz wymusza potrzebę badania skutków oddziaływania transportu drogowego na ekosystemy. Jednakże wykonywane analizy nie mogą ograniczać się li tylko do kompleksowej ilościowej i jakościowej charakterystyki aktualnego stanu stref przylegających do pasa drogowego. Umożliwiać powinny m.in. coraz dokładniejsze poznawanie procesów akumulacji i migracji zanieczyszczeń, dając tym samym podstawy do opracowywania miarodajnych i najlepiej szybkich metod diagnostyki środowiska. Bardzo ważne jest również wypracowanie na ich

podstawie zasad planowania i wdrażania racjonalnych działań zmierzających do ograniczania wielkości strefy zagrożenia oraz zarządzania ryzykiem przedostawania się zanieczyszczeń na coraz wyższe poziomy troficzne. W odczuciu recenzenta rozprawa doktorska Pana mgr inż. Arkadiusza Warczyka tematycznie bardzo dobrze wpisuje się w wyżej wymienione oczekiwania.

2. Charakterystyka formalna pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska liczy 187 ponumerowanych stron formatu A4, z czego 43 strony zawierają zestawienia umieszczonych w pracy tabel i rycin oraz wyników surowych, tj. rozdział 7. (*de facto* 9) „Spis tabel i rycin zamieszczonych w tekście” i rozdział 8. (*de facto* 10) „Tabele wyników surowych”. Rozprawę dostarczono w postaci jednostronnego wydruku komputerowego wraz z płytą CD zawierającą elektroniczną wersję tekstu pracy doktorskiej oraz streszczeń w języku polskim i angielskim w oddzielnych plikach PDF. W celu uniknięcia nieporozumień należy zauważyć, iż w numerację rozdziałów wkraść się błąd począwszy od rozdziału 2. „Metodyka badań”, który zgodnie z przyjętym porządkiem powinien być zanumerowany jako czwarty. I taka poprawiona wersja numeracji będzie wykorzystywana w dalszej części niniejszej recenzji.

Tekst pracy podzielono na 10 numerowanych rozdziałów, dodatkowo wyróżniając w niektórych z nich podrozdziały 1 i 2 rzędu, tj.: rozdział „1. Wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze” (zajmujący 3 strony stanowiące około 3% objętości właściwego tekstu rozprawy); rozdział „2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań” rozdzielony na 7 nienumerowanych podrozdziałów (20 stron, 18%); rozdział „3. Lokalizacja i charakterystyka przyrodnicza terenu objętego badaniami” (5 stron, 5%); rozdział „4. Metodyka badań” z 5 numerowanymi podrozdziałami (6 stron, 5%); rozdział „5. Wyniki badań” z 10 numerowanymi podrozdziałami (61 stron, 55%); rozdział „6. Dyskusja” (13 stron, 12%); rozdział „7. Podsumowanie i wnioski” (2 strony, 2%); rozdział „8. Spis literatury”; rozdział „9. Spis tabel i rycin zamieszczonych w tekście” z dwoma numerowanymi podrozdziałami i rozdział „10. Tabele wyników surowych”. Na początku dysertacji zamieszczono streszczenia w języku polskim i angielskim oraz podano słowa kluczowe w obu językach.

W zasadniczej części pracy zamieszczono 30 zestawień tabelarycznych, a kolejnych 18 znalazło się w rozdziale 10. „Tabele wyników surowych”. Autor przygotował 33 ryciny, rezygnując całkowicie z możliwości wykorzystania dokumentacji fotograficznej. W rozdziale 8. „Spis literatury” zgromadzono niezwykle imponujący zbiór aż 429 pozycji bibliograficznych, będących w zdecydowanej większości źródłami zagranicznymi (391).

Celem rozprawy doktorskiej było określenie wpływu ruchu kołowego na ekosystemy leśne znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie drogi ekspresowej S7 na podstawie wyników badań koncentracji metali śladowych i sodu w glebach oraz roślinności. Ważnym aspektem wykonanych analiz było również określenie wzajemnych zależności tych koncentracji w poszczególnych komponentach i warstwach lasu. W badaniach oddziaływania transportu weryfikowano także wpływ odległości i czasu depozycji infrastruktury i transportu drogowego na tle warunków siedliskowych i drzewostanowych.

3. Omówienie rozprawy wraz z jej merytoryczną oceną

Właściwy tekst dysertacji, tj. bez stron tytułowych, streszczeń, spisów treści i literatury, tabel z surowymi wynikami, liczy 110 stron, co jest typową objętością dla prac doktorskich. Wskazuje na umiejętność zwięzłego i precyzyjnego prezentowania wyników badań naukowych oraz właściwego oceniania wagi zamieszczanych informacji.

Generalnie przyjętą strukturę podziału treści oraz kolejność rozdziałów uznać należy za poprawne, a układ rozprawy doktorskiej jest prawidłowy i typowy dla dysertacji z zakresu nauk przyrodniczych. Wątpliwości można jedynie mieć odnośnie włączenia przez Autora dwóch ostatnich rozdziałów do zasadniczej części pracy. Moim zdaniem rozdział „9. Spis tabel i rycin zamieszczonych w tekście” powinien zostać wyłączony z numeracji, natomiast rozdział „10. Tabele wyników surowych” uznany za aneks, gdyż taką funkcję w istocie pełni. Dodatkowo dla ułatwienia odszukiwania interesujących czytelnika fragmentów pracy wskazane byłoby zagadnienia wyróżnione w dosyć obszernym dwudziestostronicowym rozdziale „2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań” zanumerować i włączyć do spisu treści.

Dysertacja napisana jest w większości poprawnym, prostym i czytelnym językiem, chociaż Autor nie ustrzegł się całkiem sporej liczby błędów stylistycznych, interpunkcyjnych, językowych oraz tzw. literówek. Tabele i ryciny są w większości przypadków czytelne i właściwie cytowane, a co najważniejsze, dobrze ilustrują uzyskane wyniki badań.

Przygotowane **streszczenia** rozprawy doktorskiej w obu językach wydają się nazbyt lakoniczne, bardziej przypominając abstrakty artykułów naukowych spotykanych w systemach płatnego dostępu. Dobre streszczenie skrótowo, ale precyzyjnie informuje o najważniejszych osiągnięciach danego opracowania. Zawierając elementy wprowadzenia, syntetycznego opisu zastosowanych metod badawczych, otrzymanych najważniejszych wyników oraz sformułowanych wniosków, dawać powinno czytelnikowi obraz podjętego zagadnienia i uzyskanych rezultatów, jednocześnie zachęcając go do lektury całości opracowania. Należy pamiętać o tym, iż streszczenia będą zamieszczane w różnych bazach danych i często stanowią jedyną wizytówkę autora i ogromu pracy jaką wykonał, przygotowując swoją dysertację.

Zaproponowany przez Autora **tytuł pracy** „Akumulacja pierwiastków śladowych związanych z ruchem drogowym w roślinach runa i warstwach drzewostanów przyległych do drogi ekspresowej” nie w pełni odpowiada jej zawartości. W obecnej treści pomija on m.in. jeden z istotnych obszarów przeprowadzonych badań, dotyczący zawartości pierwiastków śladowych w glebie, a któremu to poświęcono znaczną część przedmiotowego opracowania.

W rozdziale „1. Wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze” Autor, odwołując się bardzo szeroko do literatury przedmiotu, uzasadnia potrzebę podjęcia poruszonego w rozprawie problemu badawczego. Przybliży czytelnikowi zagadnienie zanieczyszczeń komunikacyjnych, wskazuje na ich źródła, opisuje stopień zagrożenia oraz nakreśla potrzeby poznawcze w tym zakresie, płynnie przechodząc do przedstawienia celu swojej pracy oraz sformułowania trzech hipotez badawczych. Wydaje się, że szeroki zakres zebranego materiału i wykonanych analiz pozwala na sformułowanie większej ich liczby. W dalszej części tego rozdziału wymieniono etapy zrealizowanych prac badawczych, których opis jest połączeniem informacji o zakresie, przedmiocie i metodach badań. Osobiście w pracach dyplomowych preferuję rozdziały wprowadzające pisane własnymi słowami autora wręcz z unikaniem powołań literaturowych. Niemniej zaproponowaną tutaj konwencję akceptuję, chociaż moim zdaniem jest bardziej adekwatna do standardu pisania artykułu naukowego. Sugerowałbym jedynie wkomponowanie informacji o sześciu etapach prac badawczych do rozdziału „4. Metodyka badań”.

Rozdział „2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań” obejmuje wnikliwą analizę literatury dotyczącą obecności metali śladowych w środowisku, źródeł ich pochodzenia i zagrożeń nadmiernej koncentracji, a także cykli biogeochemicznych. W rozdziale tym przedstawiono również szczegółową charakterystykę pierwiastków śladowych (kadmu, miedzi, chromu, ołowiu, niklu i cynku), skutków wykorzystywania soli drogowych oraz zastosowania biomonitoringu w ocenach zanieczysz-

czenia środowiska. Rozdział ten dobrze świadczy o przygotowaniu teoretycznym Doktoranta, który wykazał się umiejętnością syntezy stanu wiedzy z zakresu podjętego problemu w oparciu o aktualne, bardzo liczne i, w zdecydowanej większości przypadków, zagraniczne opracowania. Niemniej proponowałbym rozszerzenie tego rozdziału poprzez wprowadzenie na jego początek, choćby skrótowo, informacji dotyczących pełnego spektrum oddziaływania ciągu komunikacyjnego na środowisko określanego w literaturze mianem tzw. efektu brzegowego. Dodatkowo wskazane byłoby wspomnieć o kierunkach badań prowadzonych przez leśników – zarówno przy drogach publicznych, jak i przy drogach leśnych. Odnośnie porządku treści w tym rozdziale sugerowałbym Autorowi, aby część dotyczącą charakterystyki pierwiastków śladowych umieścić po fragmencie opisującym mechanizm pobierania metali śladowych przez rośliny.

W rozdziale „3. Lokalizacja i charakterystyka przyrodnicza terenu objętego badaniami” czytelnik ma możliwość zapoznania się z cechami obszaru prowadzenia badań oraz założonych 8 powierzchni badawczych zlokalizowanych wzdłuż drogi ekspresowej S7. Po zapoznaniu się z treścią tego podrozdziału nasuwają się następujące uwagi:

- w opisie elementów meteorologicznych warto byłoby sięgnąć po nowsze dane aniżeli pochodzące sprzed ponad 20 lat;
- nie zdefiniowano jednoznacznie kryteriów wyboru lokalizacji powierzchni badawczych oprócz wymogu dotyczącego wieku odcinka drogi S7, a inne cechy, czy miały wpływ na wybór? Jeśli tak, to które – powinno być to jasno określone (jeżeli informuje o tym przedostatni akapit tego rozdziału, to należy go koniecznie przededagować);
- sam Autor w rozprawie zwraca uwagę na niewystarczające dane o obiektach badawczych i metodyce prowadzenia badań w doniesieniach literaturowych, utrudniających bądź uniemożliwiających porównywanie bądź ekstrapolowanie uzyskanych rezultatów, podczas gdy opis źródła zanieczyszczeń (drogi S7) właściwie nie istnieje. Minimum w tym zakresie powinno stanowić podanie budowy konstrukcji nawierzchni, parametrów geometrycznych pasa drogowego (np. w formie przekroju poprzecznego), liczby pasów ruchu i danych o jego natężeniu;
- warto zwrócić uwagę na potencjalnie problematyczne wykorzystywanie pojęcia „transekt” do opisywania tego rodzaju powierzchni badawczych. Transekt definiowany jako obiekt liniowy nie miałby tu zastosowania. W literaturze spotkać można inne określenie „transekt pasowy” *belt transect*. Niemniej i to pojęcie jest kwestionowane przez niektórych recenzentów. Być może warto byłoby się pochylić nad zmianą nazewnictwa w celu uniknięcia w przyszłości nieporozumień lub nieco zmodyfikować opis samych powierzchni i sposobu poboru próbek w rozdziale „4. Metodyka badań”;
- dokładniejszego zdefiniowania wymagałaby „odległość od drogi”. Droga składa się z wielu elementów, a odległość w tego typu badaniach (w zależności od rodzaju drogi) mierzona może być od osi jezdni, krawędzi jezdni, krawędzi korony drogi, krawędzi pasa drogowego, czy też od ściany drzewostanu powstałej wzdłuż danej drogi;
- w opisie powierzchni badawczych zabrakło określenia ich wystawy. Wskazane byłoby również uzupełnienie charakterystyki powierzchni o stopień pokrycia działek podrostem/podszytem i zastanowienie się nad dołączeniem dokumentacji fotograficznej – wielu czytelnikom znacznie ułatwiłoby to wyobrażenie sobie warunków, w których prowadzono badania terenowe.

W rozdziale „4. Metodyka badań” Doktorant przedstawia metody i zakres badań własnych, roz dzielając tekst na 5 podrozdziałów pierwszego i drugiego rzędu. Taka organizacja wewnętrzna tej części pracy w zasadniczy sposób ułatwia studiowanie. Omówiono m.in. statystyczne opracowanie wyników badań oraz zastosowane dwa wskaźniki bioakumulacji, odwołując się do literatury przedmiotu w zakresie ich interpretacji. Sposób zbierania danych jest bardzo dobrze przedstawiony i ogólnie prawidłowy, jednak wymaga uzupełnienia.

- Cytat ze str. 27 niniejszej rozprawy: „Poważnym zarzutem wobec badań biomonitoringowych z wykorzystaniem mchów było nieuwzględnienie zmienności czasowej oraz różnic międzygatunkowych pomiędzy badanymi osobnikami...” – wskazane byłoby wówczas wyjaśnienie dlaczego odstąpiono od oznaczania rodzajów i gatunków mchów wykorzystanych w przeprowadzonych badaniach.
- Wartościowe byłoby podanie podstaw przyjęcia odległości dla stref poboru próbek – o ile położenie pierwszych dwóch jest raczej oczywiste, co wynika z treści drugiego rozdziału, to zaproponowanie odległości dla strefy trzeciej i czwartej już niekoniecznie.
- Dlaczego poboru próbek kory z drzew dokonywano z wysokości 1,3 m? To miejsce na pniu jest ważne w prowadzeniu gospodarki leśnej i potencjalnie może stwarzać problemy.
- Modyfikacji wymagałaby definicja i dalszy sposób stosowania w pracy jednej z analizowanych cech, tj. „brzeg lasu”. Zgodnie z przytoczoną przez Autora definicją „brzeg lasu” może być „otwarty” lub „zamknięty”, zawsze jakiś typ brzegu lasu istnieje. Natomiast przedstawiony w rozdziale opis oraz późniejsze używanie tej cechy (np. w tabelach) sugeruje, że „brzeg lasu” mógł (wykorzystywana opcja „TAK”), ale nie musiał występować na danej działce (wykorzystywana opcja „NIE”).
- Wskazane byłoby podać w jaki sposób i z jaką dokładnością ustalano położenie powierzchni badawczych względem jezdni oraz dla których punktów.

W omawianym rozdziale na wysoką ocenę zasługują zastosowane metody analiz statystycznych. Autor skrupulatnie przedstawił jakimi narzędziami statystycznymi i w jaki sposób się posługiwał. Wskazuje to na dobre przygotowanie i umiejętności Doktoranta do prawidłowego prowadzenia porównań i ocen wartości zebranych danych.

Wyniki badań zostały przedstawione w najobszerniejszym w całej rozprawie rozdziale piątym, gdzie zawarto najistotniejsze wartości z przeprowadzonych pomiarów. Znaczna objętość tego rozdziału ma związek z olbrzymim materiałem empirycznym zebrany przez Dyplomanta. Informacje o rezultatach badań podano w sposób bardzo uporządkowany z wyróżnieniem siedmiu podrozdziałów pierwszego stopnia: (1) charakterystyka podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych próbek glebowych oraz zawartość wybranych makroelementów, (2) zmienność koncentracji pierwiastków śladowych w badanych komponentach ekosystemów w układzie chronologicznym i przestrzennym, (3) zależność pomiędzy akumulacją pierwiastków śladowych w układzie gleba-roślina, (4) wpływ właściwości gleb na koncentracje pierwiastków śladowych w badanych komponentach, (5) zawartość sodu w komponentach ekosystemów, jako konsekwencja stosowania soli do utrzymania jezdni w okresie zimowym, (6) współczynniki geoakumulacji wybranych pierwiastków śladowych oraz sodu w glebach pod badanymi drzewostanami oraz (7) współczynniki biokoncentracji w badanych komponentach ekosystemów. Przyjęty układ jest przejrzysty i dobrze koresponduje z celem pracy/hipotezami badawczymi oraz jest kompatybilny ze strukturą rozdziału „4. Metodyka badań”. Na szczególną uwagę zasługuje umiejętne prezentowanie wyników zestawionych w tabelach i na rycinach. Szczegółowe dane pomiarowe zgromadzono w tabelach i zamieszczono w oddzielnym rozdziale (aneksie), co zdaniem recenzenta jest bardzo słuszne, ponieważ dzięki temu zabiegowi rozdział „5. Wyniki badań” jest przejrzysty i ma zwarty charakter. Dostrzeżone drobne błędy oznaczono w pliku PDF, który na życzenie zostanie przesłany Doktorantowi. Pokrótkie opisano je również w dalszej części niniejszej recenzji. Niemniej już w tym miejscu warto zwrócić uwagę, że w wynikach badania statystycznej istotności różnic pomiędzy cechami należałoby podać, jakim testem były one weryfikowane – parametrycznym (HSD Tukeya) czy też nieparametrycznym (Kruskala-Wallis).

W rozdziale „6. Dyskusja” Doktorant analizuje uzyskane rezultaty, weryfikując jednocześnie cele i hipotezy, którymi kierował się prowadząc badania na powierzchniach doświadczalnych. Uzyskane wyniki poddał logicznej i wyważonej ocenie, odnosząc się głównie do zagranicznej literatury przed-

miotu z często najnowszymi wynikami publikowanymi w najbardziej uznanych czasopismach naukowych. Jest to bardzo ważna część całości opracowania, zarówno z formalnego, jak i merytorycznego punktu widzenia. Liczne porównania własnych wyników badań z tymi, które uzyskali autorzy innych prac naukowych wskazują na dobrą znajomość tematyki. Cytowana literatura jest obszerna, bogata i, co najważniejsze, odpowiednio wykorzystana do prezentowania przedmiotowych zagadnień. Bez wątplenia Pan mgr inż. Arkadiusz Warczyk może uchodzić za specjalistę w zakresie wiedzy o zanieczyszczeniu środowiska pierwiastkami śladowymi związanym z ruchem drogowym. Do mankamentów tej części pracy zaliczyć należy zbędne umieszczanie fragmentów, które zdecydowanie lepiej pasowałyby do przeglądu literatury m.in. dotyczy to całej pierwszej strony otwierającej „Dyskusję”. Wskazane byłoby przejrzenie tego rozdziału, usunięcie/przesunięcie zbędnych treści, a także uporządkowanie wątków w taki sposób, aby były one kompatybilne ze strukturą rozdziałów „4. Metodyka badań” i „5. Wyniki badań”.

W rozdziale „7. Podsumowanie i wnioski” Autor sformułował sześć uogólnień, stanowiących logiczne zakończenie przeprowadzonych badań, uzyskanych wyników oraz zawartej w poprzednim rozdziale dyskusji naukowej. Sformowane wnioski są w znacznym stopniu wypełnieniem celów badań i hipotez jakie postawił sobie Doktorant. Na szczególne podkreślenie zasługuje wskazanie na ważną rolę strefy brzegowej, która musi być kształtowana w odpowiedni i świadomy sposób. Stanowi ona bufor ochraniający głębiej położone drzewostany i pełni różnorakie funkcje nie tylko ochronne, ale także biologiczne, społeczne czy estetyczne. Bez zapoznania się ze zgromadzonym w pracy materiałem badawczym najtrudniejszym do zaakceptowania byłby wniosek piąty, w którym stwierdza się, że czas eksploatacji drogi jest odwrotnie proporcjonalny do stopnia zanieczyszczenia stref przyległych. Wydaje się, że lepszym rozwiązaniem zakończenia dysertacji byłoby wprowadzenie do pracy dodatkowego rozdziału podsumowanie, w którym mogłyby się znaleźć wnioski w istniejącej postaci z miejscem na rozszerzoną identyfikację wykazanych związków przyczynowo-skutkowych. Wówczas w typowym rozdziale wnioski mogłyby się znaleźć krótkie, kluczowe sformułowania, będące konkluzją z przeprowadzonych badań, obliczeń i ustalonych zależności statystycznych.

W rozdziale „8. Spis literatury” zgromadzono w większości poprawnie alfabetycznie uporządkowany i, jak już wcześniej napisano, **niezwykle imponujący** zbiór aż 429, przeważnie właściwie przygotowanych, pozycji bibliograficznych, będących **w zdecydowanej większości** źródłami zagranicznymi. W tak obszernej bibliografii nietrudno o popełnienie błędów, warto jest więc w taki przypadku korzystać z dedykowanego oprogramowania komputerowego.

- Na liście literatury zdublowano 7 rekordów.
- W tekście nie powołano się na 8 pozycji z prezentowanej listy.
- W tekście i w bibliografii niezbędne jest wprowadzenie literowego rozróżnienia dla 15 przywoływanych w rozprawie źródeł o tym samym autorstwie i roku opublikowania.
- Odnotowano 18 przypadków braku opisu bibliograficznego dla powołanych w tekście źródeł.

Szczegółową charakterystykę dostrzeżonych w rozdziale ósmym uchybień podano w kolejnym punkcie recenzji.

W przedostatnim rozdziale zamieszczone spisy tabel i rycin wskazane byłoby uzupełnić o odniesienia do stron wystąpienia, co znacząco ułatwiłoby szybką nawigację do interesującego czytelnika elementu.

Zamieszczenie szczegółowych danych pomiarowych w doktoracie (**rozdział „8. Tabele wyników surowych”**) uważam za bardzo słuszne rozwiązanie, które z jednej strony uwiarygadnia wykonanie

wszystkich deklarowanych pomiarów, natomiast z drugiej strony archiwizuje uzyskane wyniki, do których zawsze, w razie potrzeby, Autor może powrócić.

4. Uwagi szczegółowe

Dostrzeżone drobne błędy w dysertacji oznaczono w pliku PDF, który na życzenie zostanie dostarczony Doktorantowi, a wybrane problemy z tekstem pokrótce opisano w dalszej części niniejszego rozdziału recenzji.

Wcięcia akapitowe – wskazane jest częstsze sięganie po tą technikę formatowania tekstu, pozwalającą zwiększyć czytelność szczególnie długich jego fragmentów. Każdorazowa zmiana omawianego zagadnienia/wątku sygnalizowana wcięciem ułatwia przyswajanie jednorodnych tematycznie fragmentów pracy. Uwaga dotyczy głównie rozdziału „2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy w przedmiocie badań” oraz rozdziału „6. Dyskusja”.

Paуzy i dywizy – należy uważniej posługiwać się tymi „kreskami”. Mają one różne zastosowania, a wydaje się, że ich obecność w tekście jest przypadkowa, co zapewne w dużej mierze wynika z automatyzacji funkcji wykorzystywanego edytora tekstowego niezależnych od użytkownika.

Spacje – są w tekście miejsca, gdzie ich brakuje, a są również takie, w których jest ich za dużo.

Interpunkcja – należy sprawdzić potrzebę i zasadność użycia przecinków i kropek, szczególnie przed powołaniami, w nawiasach i w podpisach rycin.

Skróty i skrótowce – każdorazowe pierwsze użycie danego określenia wymaga podania pełnej nazwy i stosowanego w dalszej części tekstu skrótu np. w nawiasie (WWA str. 7 lub VIF str. 39). Podobnego uporządkowania wymaga stosowanie symboli pierwiastków, których pełne nazwy pojawiają się dopiero na str. 10. Inne takie jak: dr, mgr, nr, to skróty zbudowane z pierwszej i ostatniej litery słów – ich użycie w innym przypadku aniżeli mianownik skutkuje koniecznością postawienia kropki lub modyfikacji użytego skrótu np. str. 1, 5, tab. 1 i inne.

Nazwy własne – „Nadleśnictwo X” dużą literą, ale „leśnictwo Y” małą literą.

Łacińskie nazwy gatunkowe – należałoby ujednoczyć i podawać je dla wszystkich przywoływanych po raz pierwszy w tekście gatunków wraz ze skrótem nazwiska osoby, która nadała daną nazwę gatunkową. Dodatkowo niepotrzebnie *Vaccinium myrtillus* L. raz nazywana jest borówką czernicą, a innym razem borówką czarną.

Tytuły rycin – nazwy ryciny 1 i 2 zaczynają się skrótem (Ryc. 1), a kolejne pełną nazwą (Rycina 3). W tekście, powołując się na rycinę lub tabelę, stosujemy małą literę, czyli „(ryc. 1)”, a nie „(Ryc. 1)”, czy „(Tab. 1)”. W konstrukcji „Rycina. 8.” kropka po słowie „rycina” jest zbędna.

Powtórzenia wyrazów w tym samym zdaniu, akapicie. Język polski jest wystarczająco bogaty, aby starać się unikać tego rodzaju sytuacji np. na str. 7 (rozwój 2x), str. 8 (wpływać 2x), str. 11 (zawartość 4x), str. 38 (analiza 2x) i inne.

Tabele – czasami podawana jest liczebność próby „n”, a czasami nie – proszę spróbować ujednoczyć.

Stiardowa – bardzo popularna literówka w słowie standardowy/standardowe, zapewne słowo to z błędem znajduje się w słowniku edytora tekstowego, np. str. 28, 39, 53, 54, 64, 67, 68 i inne.

Powołania literaturowe – „Badania Kowalskiego (2000) wykazały...”, zamiast „Badania (Kowalskiego 2000) wykazały...” lub „Schreck i in. (2012) wyróżnili dwa główne sposoby pobierania metali przez blaszki liści...”, zamiast „(Schreck i in. 2012) wyróżnili dwa główne sposoby pobierania metali przez

blaszki liści...”. Przyjęty przez Autora sposób zamieszczania powołań wygląda szczególnie dziwnie na początku zdania np.: „(Tahkokorpi i in. 2010) wykazali, że Ni nie przenika do roślin poprzez system...” (pierwszy akapit ze str. 111).

Spis literatury – niezbędne ujednoczenie opisów bibliograficznych (np. nazwy wydawnictw/tytuły czasopism podawane są z użyciem pełnej nazwy lub skróconej; stosowanie lub nie skrótów typu „pp.”, „nr”, „R”, „z.”). W składach autorskich, tytułach i nazwach czasopism lub wydawnictw niespodziewanie pojawia się litera „i”, która najprawdopodobniej została przypadkiem wprowadzona przez niefrasobliwe zastosowanie funkcji „Zamień” w edytorze tekstowym – zamieniono „and” na „i”. W źródłach książkowych/monograficznych często nie podano miejsca wydania, a niektóre opisy bibliograficzne są niekompletne.

Zdublowane opisy bibliograficzne w spisie literatury (zachowano oryginalną pisownię):

1. Gusev, A., 2009. Modelling of heavy metals and persistent organic pollutants: New developments. EMEP/MSC-E Technical Report 1/2009', Meteorological Synthesizing Centre e East, Moscow, Russian Federation. <http://www.msceast.org>.
2. Harmens, H. et al. (2010) 'Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe', *Environmental Pollution*, 158(10), pp. 3144–3156. doi: 10.1016/j.envpol.2010.06.039.
3. Hassan, S., Ahmad, Z., 2015. Quantitative analysis of Lead (Pb) in Soil i Grass Grown along Road side with Low, Medium i High Traffic Intensity, *International Research Journal of Biological Sciences*, 4(4), 12–21.
4. Munck., I. A. et al. 2010. Long-term impact of de-icing salts on tree health in the Lake Tahoe Basin: Environmental influences i interactions with insects i diseases', *Forest Ecology i Management*, 260(7), 1218–1229. doi: 10.1016/J.FORECO.2010.07.015.
5. Solgi, E., Keramaty, M., Solgi, M. 2020. Biomonitoring of airborne Cu, Pb, i Zn in an urban area employing a broad leaved i a conifer tree species, *Journal of Geochemical Exploration*, 208, 106400. doi: 10.1016/j.gexplo.2019.106400.
6. Wróbel, Łm, Dołhańczuk-Śródka, A., Kłos, A., Ziembik, Z., 2015. The activity concentration of post-Chernobyl 137Cs in the area of the Opole Anomaly (southern Poli), *Environmental Monitoring i Assessment*, 187(1). doi: 10.1007/s10661-014-4084-z.
7. Yurukova, T. L., Bergamini, L., Ilyin, A., Matthaevi, Daniela, I. 2011. Temporal trends i spatial patterns of heavy metal concentrations in mosses in Bulgaria i Switzerli : 1990 e 2005, *Atmospheric Environment*, 45(11), 1899–1912. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.01.039.

Brak powołania w tekście rozprawy zamieszczonych w spisie literatury pozycji (zachowano oryginalną pisownię):

1. Cansaran-Duman, D., Atakol, O., Aras, S., 2011. Assessment of air pollution genotoxicity by RAPD in *Evernia prunastri* L. Ach. from around iron-steel factory in Karabük, Turkey, *Journal of Environmental Sciences*, 23(7), 1171–1178. doi: 10.1016/S1001-0742(10)60505-0.
2. Serbula, S., 2013. Assessment of Airborne Heavy Metal Pollution Using *Pinus* spp. i *Tilia* spp.. *Aerosol i Air Quality Research*. 13. 10.4209/aaqr.2012.06.0153.
3. Sut-Lohmann, M., Jonczak, J., Parzych, A., Šimanský, V., Polláková, N., Raab, T. 2020. Accumulation of airborne potentially toxic elements in *Pinus sylvestris* L. bark collected in three Central European medium-sized cities, *Ecotoxicology i Environmental Safety*, 200, 110758. doi: 10.1016/J.ECOENV.2020.110758.
4. Tomasević, M., Vukmirović, Z., Rajsić, S., Tasić, M., Stevanović, B. 2005. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area, *Chemosphere*, 61(6), 753–760. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.03.077.
5. Trombulak, S. C., Frissell, C. A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial i aquatic communities, *Conservation Biology*, 14(1), 18–30. doi: 10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x.
6. UNEP 1989 Environmental data report :, 1989/90 /', pp. vii, 547 p. : Available at: <http://digitallibrary.un.org/record/106431>.

7. Vassilev, A., Koleva, L., Berova, M., Stoeva, Nevena, 2007. Development of a plant test system for evaluation of the toxicity of metal contaminated soils. I. Sensitivity of plant species to heavy metal stress, *Journal of Central European Agriculture* (jcea@agr.hr); Vol.8 No.2, 8.
8. Zhang, H., Wang, Z., Zhang, Y., Ding, M., Li, L., 2015. Identification of traffic-related metals i the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai-Tibet highway, *Science of the Total Environment*, 521–522, 160–172. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.03.054.

Niezbędne wprowadzenie w tekście i w bibliografii literowego rozróżnienia dla przywoływanych w rozprawie źródeł o tym samym autorstwie i roku opublikowania (zachowano oryginalną pisownię):

1. Harmens, H., Norris, D., Cooper, D.M., Hall, J.R., 2008. Spatial trends in nitrogen concentrations in mosses across Europe in 2005/2006, ICP Vegetation, Defra contract AQ0810.
2. Harmens, H., Norris, D., Koerber, G., Buse, A., Steinnes, E., Rühling, Å., 2008. Temporal trends (1990-2000) in the concentration of cadmium , lead i mercury in mosses across Europe, *Environmental Pollution*, 151, 368–376. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.043.
3. Harmens, H., Foan, L., Simon, V., Mills, G.. 2013. Terrestrial mosses as biomonitors of atmospheric POPs pollution: A review, *Environmental Pollution*, 245–254. doi: 10.1016/j.envpol.2012.10.005.
4. Harmens, H., Norris, D., Mills, G. 2013. Heavy metals i nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 i long-term temporal trends in Europe. , ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology i Hydrology, Bangor, UK, 63.
5. Ng, C. C., Boyce, N. A., Rahman, M. M., 2016. Effects of Different Soil Amendments on Mixed Heavy Metals Contamination in Vetiver Grass, 97(5), 695–701. doi: 10.1007/s00128-016-1921-5.
6. Ng, Ch. Ch., Law, S., Nasrulhaq B, A., Rahman, M., Bin Abas, Mhd. R., 2016. Phyto- assessment of soil heavy metal accumulation in tropical grasses, *Journal of Animal i Plant Sciences*, 5, 686–696.
7. Rai, P. K., 2016. Biodiversity of roadside plants i their response to air pollution in an Indo-Burma hotspot region: Implications for urban ecosystem restoration, *Journal of Asia- Pacific Biodiversity*, 9(1), 47–55. doi: 10.1016/j.japb.2015.10.011.
8. Rai, P. K., 2016. Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring, *Ecotoxicology i Environmental Safety*, 129, 120–136. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.03.012.
9. Shahid, M., Arshad, M., Kaemmerer, M., Pinelli, E., Probst, A., Baque, D., Pradere, P., Dumat, C., 2012. Long-Term Field Metal Extraction by Pelargonium: Phytoextraction Efficiency in Relation to Plant Maturity, *International Journal of Phytoremediation*, 14(5), 493– 505. doi: 10.1080/15226514.2011.604689.
10. Shahid, M., Arshad, M., Kaemmerer, M., Pinelli, E., Probst, A., Baque, D., Pradere, P., Dumat, C. 2012 Long-Term Field Metal Extraction by Pelargonium: Phytoextraction Efficiency in Relation to Plant Maturity, *International Journal of Phytoremediation*, 14(5), 493– 505. doi: 10.1080/15226514.2011.604689.
11. Shahid, M., Dumat, C., Aslam, M., Pinelli, E., 2012. Assessment of lead speciation by organic ligands using speciation models, *Chemical Speciation i Bioavailability*, 24. doi: 10.3184/095422912X13495331697627.
12. Shahid, M., Dumat, C., Silvestre, J., Pinelli, E., 2012. Effect of fulvic acids on lead- induced oxidative stress to metal sensitive *Vicia faba* L. plant, *Biology i Fertility of Soils*, 48(6), 689–697. doi: 10.1007/s00374-012-0662-9.
13. Shahid, M., Pinelli, E., Dumat, C. 2012. Review of Pb availability i toxicity to plants in relation with metal speciation; role of synthetic i natural organic ligands, *Journal of Hazardous Materials*, 219–220, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.01.060>.
14. Shahid, M., Pinelli, E., Pourrut, B., Silvestre, J., Dumat, C. 2011. Lead-induced genotoxicity to *Vicia faba* L. roots in relation with metal cell uptake i initial speciation, *Ecotoxicology i Environmental Safety*, 74(1), 78–84. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.08.037.
15. Shahid, M., Pinelli, E., Pourrut, B., Silvestre, J., Dumat, C., 2011. Lead-induced genotoxicity to *Vicia faba* L. roots in relation with metal cell uptake i initial speciation, *Ecotoxicology i Environmental Safety*, 74(1), 78–84. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.08.037.

Brak opisu bibliograficznego odnotowano dla następujących: Aboal i in. (2004), str. 113; Aboal i in. (2010a), str. 27; Duffus (2002b), str. 10; Kabata-Pendias (1999a), str. 11; Kabata-Pendias (1999b), str. 10; Kabata-Pendias (2004), str. 114; Kabata-Pendias (2004), str. 114; Kabata-Pendias i Pendias (2001a),

str. 11; Szymański (2001), str. 37; Salemaai i in. (2001), str. 29; Sawidis i in. (2011a), str. 75; Serbula i in. (2013), str. 40, 113; Solgi i in. (2020a), str. 8; Solgi i in. (2020b), str. 25; Szymański (2001), str. 37; Trombulak i Frissell (2000a), str. 16; Trombulak i Frissell (2000b), str. 16, 20; Watmough (2014), str. 18.

Str. 8, wymienione źródła pochodzenia zanieczyszczeń warto uzupełnić o transportowane materiały/towary i odpady porzucane przez podróżnych m.in. przez okna pojazdów.

Str. 10, cytat: „W odniesieniu do metali ciężkich stosuje się bardziej poprawne z punktu widzenia ich określeń pojęcie metale śladowe lub pierwiastki śladowe” – dlaczego wówczas w dalszej części pracy nadal bardzo często używa się pojęcia „metale ciężkie”?

Str. 27, „web science” – *Web of Science*, to nazwa własna, chodzi o inną bazę lub bazy?

Str. 30, pkt 1, wskazane podanie dokładnego roku oddania tego odcinka drogi S7 do użytku,

Str. 31, w podpisie pod tabelą może warto wyjaśnić, w jaki sposób ustala się podawany udział procentowy gatunków w składzie drzewostanu – nie każdy czytelnik jest leśnikiem.

Str. 36, na rycinie nr 2 zwiększyć czytelność czcionki opisującej treść zastosowanych oznaczeń.

Str. 36, cytat: „Punkty poboru próbek glebowych były usytuowane w siatce 10×10” – ta informacja wprowadza czytelnika w błąd. Przecież poboru próbek na działce nie dokonywano w siatce kwadratów, tylko na prostopadłej do transektu w odległościach co 10 m.

Str. 37, cytat „Ustalona i pobrana liczba próbek podyktowana była lokalną zmiennością przestrzenną właściwości gleb znaną z innych badań w tym regionie” – należałoby podać w tym miejscu odwołanie do stosownego źródła/źródeł.

Str. 37, cytat: „Przy omówieniu wyników użyto pojęcia koncentracji referencyjnych. Dotyczy ono wartości pierwiastków śladowych w badanych komponentach przeanalizowanych na obszarach nieobjętych wpływem antropopresji.” – należałoby podać w tym miejscu odwołanie do stosownego źródła/źródeł.

Str. 64, zamiast „ilość lat” poprawnie będzie „liczba lat”.

Str. 101 i 102, w tekście przywołano więcej rycin niż jest ich w rzeczywistości (dokładnie 34), dwa cytaty: „Jednocześnie wartości tego wskaźnika były najwyższe spośród badanej grupy pierwiastków (Ryc. 33-38).” i „Najwyższe wartości BCF stwierdzono w przypadku Cd w warstwie 3-10 cm, a wartości mięściły się w przedziale od 2 do 38 w strefie 100-110 m (Ryc. 39).”

5. Podsumowanie

Będąca przedmiotem oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Arkadiusza Warczyka zawiera osiągnięcia badawcze odpowiednio udokumentowane, przejrzysto opisane i o bogatym materiale faktograficznym. Autor, przedstawiając bardzo obszerny i niezwykle ciekawy materiał badawczy, znacząco poszerza dotychczasową wiedzę o oddziaływaniu dróg szybkiego ruchu na ekosystemy leśne oraz o prowadzeniu biomonitoringu dla tego typu budowli. W bardzo umiejętny, właściwy i konsekwentny sposób opracował rezultaty badań oraz przedstawił je w logicznym porządku. Jednocześnie godne odnotowania jest to, że zebrane wyniki wydają się wykazywać o wiele większy potencjał możliwy do wykorzystania w przyszłości. Warto również podkreślić, że praca ma również wymiar użyteczny w aspekcie możliwości udoskonalania metod prowadzenia monitoringu szlaków komunikacyjnych oraz poznawania kierunków i skutków migracji zanieczyszczeń na wyższe poziomy troficzne zagrażające bezpośrednio zdrowiu i życiu zwierząt oraz ludzi m.in. jako konsumentów produktów runa leśnego. Zawarte w recenzji krytyczne uwagi i propozycje, w znaczącej części o charakterze dyskusyjnym, rozważyć można

do zastosowania w sytuacji przygotowywania dysertacji do druku oraz podczas prowadzenia dalszych badań z tego zakresu. Wskazane błędy nie mają znaczącego wpływu na końcową ocenę pracy, gdyż łatwo można je poprawić.


6. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę powyższą ocenę stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska Pana mgra inż. Arkadiusza Warczyka, zatytułowana „Akumulacja pierwiastków śladowych związanych z ruchem drogowym w roślinach runa i warstwach drzewostanów przyległych do drogi ekspresowej”, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant, wykazując się dobrym opanowaniem warsztatu badawczego, wniósł znaczący wkład naukowy w rozwój dziedziny nauk rolniczych – w dyscyplinie nauk leśnych, potwierdzając zarazem umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Przygotowana dysertacja spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim, wynikającym z art. 187 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (tekst jednolity Dz. U. z 2023 r., poz. 742), zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie o dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Poznań, 6 września 2023 r.

Miejscowość i data



.....
dr hab. inż. Sylwester M. Grajewski