

prof. dr hab. inż. Ewa Błońska

Kraków 09.12.2025r.

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wydział Leśny

Katedra Ekologii i Hodowli Lasu

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Beaty Rustowskiej pt. „Bioakumulacja makro- i mikroelementów w biomasie brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) na glebach o zróżnicowanym stopniu zniekształcenia”

Podstawą wykonania recenzji jest powołanie mnie na recenzenta przez Radę Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, dokonane uchwałą nr 6/RiO-2025/2026 na posiedzeniu w dniu 6 listopada 2025 r., przesłane pismem podpisanym przez Przewodniczącą Rady, dr hab. Elżbietę Wójcik-Gront, prof. SGGW. Rozprawa doktorska mgr inż. Beaty Rustowskiej została wykonana pod kierunkiem dr hab. Jerzego Jonczaka, prof. SGGW oraz dr inż. Wojciecha Kwasowskiego, który pełnił funkcję promotora pomocniczego.

Ocena ogólna

Przedłożona rozprawa doktorska ma charakter pracy przygotowanej w formie cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Obejmuje ona cztery artykuły autorskie i współautorskie, opublikowane w uznanych czasopismach znajdujących się na ministerialnych listach punktowanych. Wszystkie publikacje łączy wspólna problematyka dotycząca rozmieszczenia składników pokarmowych oraz procesów bioakumulacji makro- i mikroelementów w biomasie brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), w zróżnicowanych warunkach siedliskowych i glebowych.

I. Rustowska B., 2022. Long-term wildfire effect on nutrient distribution in silver birch (*Betula pendula* Roth) biomass. Soil Science Annual, 73(2), 149943, DOI: 0.37501/soilsaf/149943, MNiSW – 70 punktów, IF = 1.5.

II. Rustowska B., 2024. Nutrient distribution and bioaccumulation in silver birch (*Betula pendula* Roth) biomass grown in nutrient-poor soil. *Trees*, 38, 441–454, DOI: 10.1007/s00468-024-02492-y, MNiSW – 100 punktów, IF = 2.1.

III. Rustowska B., Jonczak J., Pędziwiatr A. 2024. Nutrient accumulation in silver birch (*Betula pendula* Roth) biomass in a lignite mining area. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235, 440, 1–17, DOI: 10.1007/s11270-024-07247-7, MNiSW – 70 punktów, IF = 3.8.

IV. Rustowska B., Jonczak J., Kondras M. 2024. Nutrient distribution in silver birch (*Betula pendula* Roth) biomass growing on post-arable soils. *Soil Science Annual*, 75(3), 195922, DOI: 10.37501/soilsa/195922, MNiSW – 70 punktów, IF = 1.4.

Cykl publikacji tworzy spójną i logicznie ustrukturyzowaną całość, opartą na serii starannie zaplanowanych oraz przemyślanych doświadczeń, realizowanych w sposób konsekwentny i metodyczny. Poszczególne badania wzajemnie się dopełniają, dając szeroki i pełny obraz analizowanego zagadnienia.

Badania gleb mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia funkcjonowania ekosystemów, ponieważ to gleba jest podstawowym magazynem i regulatorem obiegu składników pokarmowych. Analiza procesów zachodzących w glebie pozwala określić dostępność makro- i mikroelementów dla roślin, a tym samym wpływa na ocenę stabilności produkcji biomasy. Celem przeprowadzonych badań było określenie zdolności brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) do akumulacji makro- i mikroelementów w poszczególnych frakcjach biomasy (liściach, pędach, drewnie, korze i korzeniach) w warunkach różnego stopnia przekształcenia gleb, a także ocena znaczenia tych procesów dla funkcjonowania ekosystemów, ze szczególnym uwzględnieniem obiegu pierwiastków w środowisku glebowym. Pomimo licznych badań wiele aspektów dotyczących biogeochemii brzozy, szczególnie jej zdolności do akumulacji makro- i mikroelementów w zróżnicowanych warunkach siedliskowych, pozostaje niewystarczająco poznanych. Dotyczy to zwłaszcza środowisk o odmiennym stopniu przekształcenia, takich jak hałdy pogórnice czy tereny poeksploatacyjne, gdzie procesy obiegu pierwiastków przebiegają w sposób odmienny niż w ekosystemach stabilnych. Badania bioakumulacji pierwiastków u brzozy brodawkowatej są zatem istotne zarówno w kontekście poznania mechanizmów funkcjonowania ekosystemów, jak i dla praktycznych zastosowań, m.in. oceny kondycji gleb, ich zdolności odżywczych czy możliwości wykorzystania brzozy jako bioindykatora i gatunku wspierającego procesy rekultywacji. Z tego względu podjęcie analiz dotyczących przemieszczania i kumulacji składników w jej biomasie należy uznać za w

pełni uzasadnione i potrzebne. Autorka podjęła się weryfikacji założeń dotyczących wpływu stopnia zniekształcenia gleb na procesy bioakumulacji pierwiastków w biomasie brzozy brodawkowatej. W ramach pracy doktorskiej Autorka przeprowadziła analizę, której celem było sprawdzenie, czy zróżnicowanie właściwości gleb w istotny sposób determinuje koncentrację poszczególnych makro- i mikroelementów w biomasie oraz ich dystrybucję pomiędzy organami drzewa. Podjęte badania miały również na celu ocenę, czy z uwagi na niejednorodny charakter przekształcenia badanych gleb możliwe jest uzyskanie ścisłych zależności pomiędzy zawartością pierwiastków w biomasie brzozy a ich poziomem w glebie. Autorka zweryfikowała to założenie, analizując pełny zestaw danych terenowych obejmujących stanowiska o odmiennych typach degradacji i właściwościach fizykochemicznych. Dodatkowo, Autorka podjęła próbę empirycznego potwierdzenia przyjętego założenia, że wiek drzew stanowi istotny czynnik różnicujący intensywność akumulacji pierwiastków w biomasie. Włączając ten parametr do analizy, Autorka stworzyła możliwość pełniejszego zrozumienia czynników regulujących procesy biogeochemiczne zachodzące w brzozy brodawkowatej rosnącej na glebach o zróżnicowanym stopniu przekształcenia.

Ocena szczegółowa

We wstępie mgr inż. Beata Rustowska przedstawiła stan wiedzy na temat brzozy brodawkowatej, jej zasięgu występowania, wymagań siedliskowych oraz jej wpływu na glebę. Autorka poprawnie sformułowała cel badań oraz hipotezy badawcze, które pozostają spójne z zakresem i charakterem podjętej problematyki. W sposób zwięzły, lecz wystarczająco uzasadniła wybór tematu, wskazując na potrzebę pogłębienia wiedzy o bioakumulacji makro- i mikroelementów w biomasie brzozy brodawkowatej porastającej gleby o zróżnicowanym charakterze i stopniu zniekształcenia.

W rozdziale metodycznym Autorka zamieściła kryteria wyboru i lokalizacji powierzchni badawczych, opis badań terenowych, wykaz analiz laboratoryjnych oraz opis analiz wykorzystanych do opracowania uzyskanych wyników. Pewnym mankamentem rozdziału metodycznego jest brak szczegółowego opisu poboru próbek, trudno wywnioskować czy we wszystkich doświadczeniach pobrano próbki w identyczny sposób i w podobnej liczbie. Autorka w rozdziale metodycznym nie wskazuje ile sumarycznie próbek gleby zostało pobranych do przyszłych analiz laboratoryjnych. W podrozdziale 4.2. Badania terenowe wskazano, że pobór próbek przeprowadzono na przełomie czerwca i lipca 2021 roku oraz w

czerwcu 2022 roku dla różnych stanowisk, nasuwa się pytanie czy to nie miało wpływu na uzyskane wyniki? Ostatnie lata charakteryzują się występowaniem skrajnych warunków meteorologicznych, długotrwałe susze, wysokie temperatury co może mieć znaczenie w kształtowaniu właściwości gleb i obiegu składników pokarmowych. W rozdziale metodycznym brakuje wyjaśnienia, dlaczego do badań wybrano właśnie te konkretne lokalizacje powierzchni badawczych oraz jakie merytoryczne przesłanki przemawiały za doбором zastosowanych wariantów doświadczenia. Autorka nie przedstawia również szerszego uzasadnienia dla decyzji o włączeniu do analiz drzewostanów w różnym wieku, co znacząco utrudnia ocenę zasadności i spójności przyjętej koncepcji badawczej. Pojawia się również wątpliwość dotycząca opisu przygotowania próbek, szczególnie w odniesieniu do informacji, że część materiału była mielona „na pył”. W rozdziale metodycznym brakuje doprecyzowania, przy użyciu jakich urządzeń i w jakich warunkach technicznych wykonywano ten etap przygotowania.

Rozdział 5, obejmujący wyniki badań i dyskusję, został przygotowany poprawnie, z licznymi rycinami oraz wartościowymi odniesieniami do literatury, co podnosi jego merytoryczną wartość i przejrzystość. Jednak w moim odczuciu korzystniejsze byłoby rozdzielenie części prezentującej wyniki od części dyskusyjnej. Oddzielenie tych elementów pozwoliłoby czytelnikowi najpierw skupić się na samych danych empirycznych, a następnie prześledzić sposób ich interpretacji w szerszym kontekście naukowym. W opisie wyników brakuje wskazań ilościowych – wartości procentowych lub liczbowych różnic pomiędzy badanymi wariantami. Takie dane znacząco zwiększyłyby przejrzystość analizy i pozwoliły lepiej ocenić skalę obserwowanych różnic. W analizie wyników można było uwzględnić szerszy zakres metod statystycznych, takich jak analiza skupień, które pozwoliłyby lepiej uchwycić złożone zależności czy modele regresyjne łączące właściwości gleb z zawartością pierwiastków w biomasie. Analiza GLM mogłaby zostać wykorzystana do określenia interakcji pomiędzy poszczególnymi czynnikami, co pozwoliłoby lepiej zrozumieć, w jaki sposób wspólnie wpływają one na badane zmienne. Dzięki zastosowaniu tego podejścia możliwe byłoby nie tylko ocenienie efektów głównych, ale także identyfikacja zależności, które ujawniają się dopiero przy jednoczesnym oddziaływaniu kilku czynników. Dobrym uzupełnieniem badań byłoby również skorelowanie właściwości gleb z parametrami materiału roślinnego, co umożliwiłoby bardziej kompleksową interpretację wpływu środowiska glebowego. Dyskusja została przeprowadzona w sposób rzetelny i merytoryczny, a jej treść świadczy o dobrym zrozumieniu zagadnienia. Autorka umiejętnie odnosi się do licznych

publikacji, co wzmacnia wiarygodność przedstawionych wniosków i pokazuje szeroką znajomość literatury przedmiotu.

W rozdziale 6 autorka jasno odnosi się do postawionych celów, a wnioski wynikają bezpośrednio z przeprowadzonych analiz, co świadczy o spójności całego opracowania. We wstępie do rozdziału 6 trafnie podkreślono interdyscyplinarny charakter tematyki oraz znaczenie badań dla wielu dziedzin – leśnictwa, biogeochemii, ochrony środowiska czy rekultywacji. Wskazano w tym rozdziale na typowe ograniczenia (m.in. jednorazowy pobór prób, brak archiwizacji próbek, heterogeniczność siedlisk), co zwiększa wiarygodność interpretacji wyników. Wnioski miejscami są zbyt szczegółowe, co zaciera granicę między interpretacją wyników a syntetycznym podsumowaniem. Wnioski powinny być krótsze i bardziej skoncentrowane na najważniejszych ustaleniach.

W dysertacji występują pewne nieprecyzyjne sformułowania wymagające doprecyzowania:

- Streszczenie: niefortunne sformułowanie „gleby o zróżnicowanym charakterze” i „zróżnicowane wiekowo lokalizacje”
- Strona 11: niespójna informacja „gleby o zróżnicowanej teksturze, zarówno suche, jak i wilgotne”
- W kontekście biomasy roślinnej używane są różne określenia: frakcje, organy i in. Uzasadnione byłoby ujednolicenie.
- W kilku miejscach pracy pojawiają się błędy stylistyczne, strona 24, 27, 28, 29, 54.
- Na stronie 29 pojawiają się niefortunne określenia: stanowiska pożarowe czy stanowiska przemysłowe.
- W rozdziale „Wstęp i uzasadnienie podjęcia tematu” w kilku miejscach brakuje odniesienia do literatury.
- W przypadku rysunku 2 i 3 brakuje wyjaśnień skrótów W1, W2 ...
- W przypadku analiz statystycznych brakuje informacji o „n”.

Poza wskazanymi drobnymi błędami, przedstawiona do oceny praca została napisana poprawnym językiem, bez poważniejszych błędów. W dysertacji prawidłowo użyto specjalistycznej terminologii, co wskazuje na opanowanie techniki pisania prac naukowych przez Autorkę. Formułuje swoje poglądy w sposób jasny i zrozumiały. Praca została dopracowana pod względem edycyjnym i graficznym. Badania dotyczące bioakumulacji

makro- i mikroelementów w biomasie brzozy brodawkowatej na glebach o zróżnicowanym stopniu zniekształcenia są istotne, ponieważ pozwalają lepiej zrozumieć, w jaki sposób rośliny reagują na zmieniające się warunki środowiskowe, w tym na degradację siedlisk. Poznanie zdolności brzozy do gromadzenia pierwiastków w różnych typach gleb ma kluczowe znaczenie zarówno dla oceny jej roli w procesach biogeochemicznych, jak i dla potencjalnego wykorzystania tego gatunku w rekultywacji. Wyniki takich badań mogą być także cennym źródłem informacji dla praktyki leśnej, wspierając planowanie działań zmierzających do poprawy jakości gleb oraz stabilności ekosystemów.

Analiza pracy skłania do postawienia kilku pytań, istotnych z punktu widzenia podjętej problematyki i dalszej dyskusji:

1. Jakie kierunki dalszych badań uważa Pani za najbardziej uzasadnione — zarówno pod kątem poznawczym, jak i praktycznym?
2. W jaki sposób zróżnicowanie siedliskowe oraz stopień przekształcenia gleb wpływają na obieg pierwiastków w ekosystemach leśnych? Czy na podstawie wyników badań można wyróżnić pewne uniwersalne mechanizmy?
3. Jakie potencjalne praktyczne zastosowania dostrzega Pani w wynikach swojej pracy? Które z nich uważa Pani za najbardziej obiecujące?

Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Beaty Rustowskiej pt. „Bioakumulacja makro- i mikroelementów w biomasie brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) na glebach o zróżnicowanym stopniu zniekształcenia” stanowi oryginalne i wszechstronne opracowanie dotyczące procesów gromadzenia pierwiastków w biomasie brzozy w warunkach zróżnicowanych siedlisk. Dysertacja ta w istotny sposób poszerza wiedzę o funkcjonowaniu ekosystemów leśnych, szczególnie w kontekście przemian biogeochemicznych zachodzących w glebach o odmiennym stopniu przekształcenia. Pracę Pani mgr inż. Beaty Rustowskiej oceniam wysoko. Recenzowana rozprawa dostarcza wartościowych informacji na temat mechanizmów bioakumulacji oraz związanych z nimi procesów obiegu składników w biomasie brzozy brodawkowatej. Szeroki zakres zebranych danych, ich rzetelna i wielowątkowa analiza oraz solidne osadzenie wyników w literaturze

przedmiotu świadczą o wysokim poziomie kompetencji badawczych doktorantki. Zgłoszone przeze mnie uwagi mają w przeważającej mierze charakter uzupełniający lub redakcyjny i nie wpływają na ogólnie bardzo pozytywną ocenę niniejszej dysertacji.

W mojej ocenie recenzowana rozprawa spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) oraz w Regulaminie przeprowadzania postępowań w sprawie nadania stopnia doktora, uchwalonym Uchwałą Nr 89-2022/2023 Senatu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 26 czerwca 2023 r. W związku z powyższym przedstawiam Radzie Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Beaty Rustowskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.



prof. dr hab. inż. Ewa Błońska

7



(00)859007734129095292

2025

Poczta Polska

Opłata pobrana

10 30 zł gr

12122025

KRAKÓW 73

PRIORITET
PRIORITAIRE

Biurowo Obsługi Nauki

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa

PRIORITET
PRIORITAIRE

KANCELARIA GŁÓWNA SGGW

2025 -12- 15

WPŁYNYŁO DNIA -5-



RPL/36705/2025 N
Data: 2025-12-15