

Prof. dr hab. Barbara Filipek-Mazur
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie

Kraków, 03.08.2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Szymona Roszkowskiego
nt. „Wykorzystanie karbońskich odpadów wydobywczych do odbudowy i kształtowania
właściwości gleb: Strategia w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego”,
wykonanej w Instytucie Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska,
Wydziału Agrobiotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Niniejsza opinia została opracowana w odpowiedzi na pismo prof. dr hab. Barbary Kołodziej, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 5 lipca 2022 roku RDRiO/5100/os/2022 wraz z informacją, że Rada Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie na posiedzeniu w dniu 1 lipca 2022 roku powołała mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Szymona Roszkowskiego nt. „Wykorzystanie karbońskich odpadów wydobywczych do odbudowy i kształtowania właściwości gleb: Strategia w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego”, której promotorem jest Pani dr hab. Grażyna Żukowska, prof. uczelni.

Ocena problematyki badawczej rozprawy

Rozwój gospodarczy i stale zwiększająca się produkcja prowadzą do zwiększonego zapotrzebowania na surowce. Z drugiej strony procesy wydobywcze i produkcyjne generują znaczne ilości odpadów wymagających zagospodarowania lub utylizacji. Mając na uwadze właściwości oraz skład chemiczny materiałów odpadowych, wiele z nich powinno ponownie zostać wykorzystanych w różnych działach gospodarki, co jest zgodne z założeniami strategii gospodarki obiegu zamkniętego. Gospodarka o obiegu zamkniętym (circular economy) jest koncepcją gospodarczą, w której produkty, materiały oraz surowce powinny pozostawać w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe, a wytwarzanie odpadów powinno być jak najbardziej

zminimalizowane. Idea ta uwzględnia wszystkie etapy cyklu życia produktu, zaczynając od jego projektowania, poprzez produkcję, konsumpcję, zbieranie odpadów, aż do ich zagospodarowania. W gospodarce o obiegu zamkniętym istotne jest to, żeby odpady – jeżeli już powstaną – były traktowane jako surowce wtórne.

Górnictwo, w tym górnictwo węgla kamiennego zalicza się do działów gospodarki o silnym negatywnym oddziaływaniu na środowisko, tj. zajmowanie dużych powierzchni gruntów i ich degradacja, zmiany stosunków wodnych, niszczenie szaty roślinnej, powstawanie znacznych ilości odpadów oraz zanieczyszczenie gleb i wód. Szczególnie istotne jest poszukiwanie metod zagospodarowania odpadów wydobywczych. Jedną z dróg ich zagospodarowania jest wykorzystanie do produkcji podłoży glebowych (podłoży konstruowanych).

Ogrodnictwo jako dział rolnictwa także generuje odpady. Uprawa pod osłonami prowadzona jest na podłożach, w tym z wełny mineralnej. Podłoże to wykorzystywane jest w jednym lub dwóch cyklach produkcyjnych, a następnie staje się odpadem, obecnie w największych ilościach składowanym. Ze względu na znaczne ilości tego materiału deponowanie stanowi duży problem gospodarczy i środowiskowy.

Oddzielnym problemem, nie tylko w Polsce, ale i innych krajach Unii Europejskiej, jest zagospodarowanie stale zwiększającej się masy komunalnych osadów ściekowych. Powszechnie znane są metody postępowania z osadami, a mianowicie recykling organiczny i recykling energetyczny i materiałowy. Mając na uwadze skład chemiczny osadów komunalnych, a zwłaszcza zawartość materii organicznej, makroskładników pokarmowych tj. azot, fosfor, wapń czy magnez oraz mikroskładników m.in. miedzi, cynku czy manganu powinny one wracać do środowiska przyrodniczego, wzbogacając gleby w węgiel organiczny, składniki odżywcze, poprawiając ich strukturę i stosunki wodne, a także zwiększając aktywność biologiczną, zwłaszcza gleb lekkich i zakwaszonych.

Z powyższych względów uważam, że podjęcie przez mgr. inż. Szymona Roszkowskiego w rozprawie doktorskiej problematyki wykorzystania karbońskich odpadów wydobywczych, osadów ściekowych i odpadowej wełny mineralnej do opracowania składu mieszanin (podłoży), których właściwości pozwolą na ich wykorzystanie do odtwarzania pokrywy glebowej terenów rekultywowanych, a także poprawy właściwości gleb słabych za cenne i aktualne, zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Zagadnienie to wpisuje się w strategię gospodarki obiegu zamkniętego.

Ocena formalna pracy

Oceniana dysertacja liczy 165 stron druku komputerowego, w tym 44 tabele i 68 rysunków/wykresów zamieszczonych w tekście pracy. Spis literatury obejmuje 216 pozycji, w tym 189 to prace naukowe. W tej liczbie 139 (73%) stanowią pozycje obcojęzyczne. Pozostałe pozycje literatury to akty prawne (10), normy (7) i materiały Komisji UE (5) i inne (5). Treść rozprawy została podzielona na osiem rozdziałów plus streszczenie w języku polskim i angielskim, na początku pracy. Autor wyodrębnił: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury, 3. Cel i hipotezy badań, 4. Materiał i metody badań, 5. Wyniki badań, 6. Podsumowanie i dyskusja, 7. Wnioski, 8. Literatura. W większości rozdziałów wyodrębniono podrozdziały, co sprawia, że praca jest bardziej przejrzysta i łatwiejsza do studiowania.

Tytuł dysertacji odpowiada jej treści, a całość opracowana jest bardzo starannie. Praca napisana poprawnym językiem, w sposób pozwalający na dokładne śledzenie prowadzonych badań i uzyskanych wyników, które zostały opisane w sposób staranny i wyczerpujący. Drobne, niefortunne sformułowania np. „konsekwencją tego są rosnące ilości wytworzonych osadów ściekowych”, raczej „zwiększające się ilości...” s. 17 lub „w podłożach z rosnącym udziałem.. s. 35 i dalszych czy zapis „szeroki stosunek C : N” – w mojej opinii powinno być „większa wartość stosunku C : N” s. 27, 28, 45, nie obniżają wartości naukowej tego opracowania.

Merytoryczna ocena pracy

Rozprawa doktorska została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki uzyskane w doświadczeniach wazonowych, poprzedzonych przygotowaniem mieszanin/podłoży i ich analizą. Tytuł pracy jest dobrze sformułowany i odpowiada treści recenzowanej dysertacji.

W rozdziale „Wprowadzenie” Autor wyjaśnia genezę podjęcia tematu badań, jaką była zasada zrównoważonego zarządzania w gospodarce odpadami, głosząca, że *to co zostało ze środowiska zabrane, winno do niego wrócić*. Zwraca uwagę na problem odpadów wydobywczych, ich ilości i właściwości. Odpady te mogą być kojarzone z innymi materiałami odpadowymi np. wełną mineralną lub osadami z oczyszczalni ścieków komunalnych, a w efekcie tych działań uzyskuje się podłoża glebowe, które dzięki swoim właściwościom fizycznym i chemicznym korzystnie wpływają na cechy jakościowe gleb.

Rozdział „Przegląd literatury” obejmuje 17 stron. Autor zawarł w nim charakterystykę materiałów odpadowych wykorzystywanych w badaniach własnych. Wskazał na ilości i rodzaje odpadów powstających przy wydobywaniu i wzbogacaniu węgla kamiennego, zaznaczając, że gospodarka odpadami wydobywczymi w Polsce nie jest zadawalająca i

większość z nich trafia na składowiska, co powoduje szereg negatywnych skutków środowiskowych. W rozdziale tym Doktorant przedstawił właściwości i postępowanie z karbońskimi odpadami wydobywczymi z Kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A. Na podstawie literatury naukowej mgr inż. Szymon Roszkowski zaprezentował właściwości i możliwości wykorzystania odpadowej wełny mineralnej pochodzącej z upraw pod osłonami, wskazując na korzystne oddziaływanie mieszanin tego odpadu np. z torfem na parametry jakościowe gleby. Bogata literatura naukowa dotycząca szeroko rozumianej problematyki komunalnych osadów ściekowych znalazła odzwierciedlenie w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Autor przedstawił gospodarkę osadami komunalnymi na przestrzeni lat, opisując sposoby postępowania z nimi. Ze względu na skład chemiczny, a zwłaszcza zawartość materii organicznej, makro- i mikroskładników pokarmowych przyrodnicze, w tym rolnicze wykorzystanie powinno być metodą ich zagospodarowania. Pamiętać jednak trzeba, że komunalne osady ściekowe mogą stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego (metale ciężkie, zanieczyszczenia organiczne, patogeny), dlatego ich aplikacja, podobnie jak innych odpadów powinna odbywać się z zachowaniem bezpieczeństwa. Na zakończenie przeglądu literatury, zgodnie z tytułem pracy, Doktorant przedstawił przyrodnicze wykorzystanie odpadów jako strategię gospodarki obiegu zamkniętego. Treść rozdziału jest trafnie dobrana i świadczy o dobrej znajomości literatury przedmiotu.

W rozdziale „Cel i hipotezy badań” Autor podał, że celem zrealizowanych badań była ocena właściwości karbońskich odpadów wydobywczych oraz ich mieszanin z komunalnym osadem ściekowym i odpadową wełną mineralną z upraw pod osłonami po względem ich przydatności do wytwarzania podłoża glebowego, przeznaczonego do różnych celów. Cel ten był realizowany poprzez określenie wpływu zróżnicowanego udziału osadu ściekowego i wełny mineralnej na kształtowanie właściwości podłoży wytworzonych na bazie karbońskich odpadów wydobywczych, a także wpływu dodatku mieszanin na kształtowanie właściwości gleby zdegradowanej oraz potencjału plonotwórczego testowanych podłoży. Doktorant sformułował trzy hipotezy badawcze, które zostały zweryfikowane w czasie realizacji badań będących podstawą pracy doktorskiej.

Rozdział „Materiał i metody badań”, zamieszczony na 7 stronach, obejmuje opis zakresu przeprowadzonych badań, charakterystyki materiałów (karbońskie odpady wydobywcze z Kopalni Węgla Kamiennego „Bogdanka”, komunalny osad ściekowy z oczyszczalni ścieków z Lublina, odpadowa wełna mineralna z Przedsiębiorstwa Ogrodniczego w Niemcach k/Lublina) wykorzystanych do sporządzenia mieszanin oraz składu tych mieszanin/podłoża glebowego. Ocenę właściwości podłoży glebowych przeprowadzono w

oparciu o dwa ściśle doświadczenia wazonowe realizowane w latach 2017-2018 w hali wegetacyjnej. W pierwszym eksperymencie oceniano wpływ zróżnicowanego udziału osadu ściekowego i wełny mineralnej na właściwości mieszanin wytworzonych na bazie karbońskich odpadów wydobywczych. Badano 5 mieszanin/podłoży, a roślinami testowymi były w pierwszym roku gorczyca biała, a w drugim kukurydza uprawiana na zielonkę. W drugim eksperymencie oceniano wpływ mieszanin o zróżnicowanym udziale odpadów wydobywczych, osadu ściekowego i wełny mineralnej na kształtowanie właściwości zdegradowanej gleby antropogenicznej.

Analiza zastosowanej przez Doktoranta metodyki badawczej wskazuje, że zakres i dobór metod analitycznych jest właściwy i zgodny z obowiązującymi normami, a opis przeprowadzonych badań oraz postępowania analitycznego syntetyczny, ale przejrzysty. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji z użyciem testu Tukeya. Do oceny podobieństw wariantów badań zastosowano metodę analizy skupień, opracowaną przez Warda.

Zastosowana w pracy metodyka badań jest potwierdzona w krajowej i światowej literaturze, świadczy o dobrym opanowaniu przez Doktoranta warsztatu badawczego.

W rozdziale „Wyniki badań” Doktorant na 89 stronach omówił i zaprezentował w formie graficznej w 33 poprawnie skonstruowanych tabelach i na 56 czytelnych rysunkach (wykresach ?) wyniki swoich badań. Niektóre wyniki zostały przedstawione zarówno w tabeli, jak i na rysunku. Rozdział ten jest bardzo obszerny i dobrze, że Autor podzielił go na podrozdziały oraz rozdziały niższego rzędu.

W podrozdziale „Właściwości i potencjał plonotwórczy ocenianych podłoży – wazonowe doświadczenie wegetacyjne – część A Doktorant przedstawił wartość pH, zasolenie, właściwości sorpcyjne, zawartość węgla organicznego i azotu ogółem, zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu oraz metali ciężkich i baru w podłożach. Przy tak dużej liczbie wyników, omawiając je, można koncentrować się na zależnościach istotnych statystycznie. W ramach tego podrozdziału zaprezentowano także wyniki dotyczące plonowania roślin uprawnych (gorczyca biała i kukurydza) uprawianych na ocenianych podłożach oraz zawartość w nich 6 metali ciężkich i baru. Zawartość w suchej masie roślin? Na stronach 68, 69, 70 i 72 przedstawiono porównanie zawartości tych pierwiastków w uprawianych roślinach w odniesieniu do zawartości w roślinach uprawianych na glebie kontrolnej (K_1) lub w odniesieniu do zawartości w roślinach uprawianych na podłożu z odpadów wydobywczych (P_5). W mojej ocenie tytuł tabel (według mnie są to tabele – dlaczego nie nadano im numeracji? To samo dotyczy „tabel” przedstawiających wartości

wskaźników bioakumulacji s. 73 i 75) nie jest poprawny. Nie jest to bowiem zawartość pierwiastków (metali ciężkich), którą wyrażamy w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m./św.m., ta została podana we wcześniejszych tabelach i na rysunkach (wykresach), a relatywne zmiany tej zawartości.

W kolejnym podrozdziale „Właściwości i potencjał plonotwórczy gleby użyźnianej ocenianymi mieszaninami” – część B rozprawy, Doktorant przedstawił wyniki badań wazonowych, w których oceniano możliwość wykorzystania otrzymanych mieszanin do użyźniania zdegradowanej gleby antropogenicznej. Proporcja gleby do mieszaniny wynosiła 1 : 1. Eksperyment wazonowy prowadzono przez dwa lata, a roślinami testowymi w kolejnych latach były ponownie gorczyca biała i kukurydza. Zakres analiz materiału glebowego przed rozpoczęciem badań, po pierwszym i drugim roku była taki sam jak w części A rozprawy. Drobne uwagi do tej części rozprawy są analogiczne jak przedstawione powyżej (część A).

Rozdział „Podsumowanie i dyskusja” obejmuje 25 stron druku komputerowego. Dobór literatury i sposób przeprowadzenia dyskusji wyników świadczą o dobrej znajomości problematyki badawczej i umiejętności analizy danych przez Doktoranta. Wartością dodaną w tym rozdziale jest porównanie podobieństw ocenianych podłoży w oparciu o wyniki analizy skupień poszczególnych właściwości, zawartości pierwiastków, a także plonowania roślin i zawartości metali ciężkich w biomasie.

Przeprowadzone badania, ich opis i analiza wyników, a także konfrontacja z wynikami badań innych naukowców, pozwoliły mgr. inż. Szymonowi Roszkowskiemu sformułować łącznie 17 wniosków, oddzielnie dla każdej części rozprawy. Na podkreślenie zasługuje fakt, że Doktorant we wnioskach zawarł nie tylko efekty swoich badań, ale również zaproponował sposób wykorzystania karbońskich odpadów wydobywczych:

- karbońskie odpady mogą być wykorzystywane w nawożenia i rekultywacji gleb,
- ze względu na niebilansowane właściwości nie powinny być stosowane samodzielnie, a w mieszaninach, szczególnie z 5% udziałem osadu ściekowego,
- zagospodarowanie karbońskich odpadów wydobywczych i odpadów optymalizujących ich właściwości na cele przyrodnicze może być skuteczną strategią w ramach gospodarki obiegu zamkniętego co jednocześnie zwiększy efektywność zarządzania glebami zdegradowanymi i słabej jakości,
- właściwości, a szczególnie wskaźniki bioakumulacji metali ciężkich w roślinach mogą być skutecznym narzędziem warunkującym bezpieczne wykorzystanie odpadów do nawożenia i rekultywacji gleb.

O dojrzałości naukowej Doktoranta świadczy fakt, iż zauważa on potrzebę kontynuowania badań i potwierdzenia uzyskanych wyników w doświadczeniach polowych.

Pozwoli to na opracowanie zasad i technologii stosowania karbońskich odpadów wydobywczych do nawożenia gleb i rekultywacji. Autor postrzega także w przyszłości możliwość wprowadzenia zmian w przepisach prawnych dotyczących ich zagospodarowania.

Reasumując stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska zawiera bogaty, oryginalny i nowatorski materiał badawczy, rzetelnie opracowany i przedstawiony w sposób systematyczny. Uzyskane wyniki mają dużą wartość poznawczą i aplikacyjną. Zamieszczone w recenzji drobne uwagi nie obniżają wartości merytorycznej pracy, którą oceniam bardzo wysoko.

Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny formalnej i merytorycznej rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Szymona Roszkowskiego p.t. „Wykorzystanie karbońskich odpadów wydobywczych do odbudowy i kształtowania właściwości gleb: Strategia w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego”, przygotowanej pod opieką naukową Pani dr hab. Grażyny Żukowskiej, prof. uczelni stwierdzam, że praca stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i wnosi nowe aspekty zarówno poznawcze, jak i aplikacyjnej do nauk rolniczych. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia wymogi określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U z 2018 r. poz. 1668 z późn. zmianami).

W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie wniosek o dopuszczenie Pana mgr. inż. Szymona Roszkowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na tematykę pracy, jej zakres, znaczenie poznawcze i użyteczne, a także staranność opracowania wnioskuję o nagrodzenie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Szymona Roszkowskiego p.t. „Wykorzystanie karbońskich odpadów wydobywczych do odbudowy i kształtowania właściwości gleb: Strategia w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego” stosowną nagrodą.

