

Warszawa, dn. 27.09.2023 r.

Dr hab. inż. Jan Radosław Kamiński  
Katedra Inżynierii Biosystemów  
Instytut Inżynierii Mechanicznej  
SGGW w Warszawie

### **Recenzja**

rozprawy doktorskiej Pani magister inżynier Anny Miernik zatytułowanej „Analiza wpływu technologii rolnictwa precyzyjnego na aktywność mikrobiologiczną gleby” w związku z postępowaniem o nadanie Jej stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Recenzja została opracowana na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie na zlecenie Prorektora ds. Ogólnych - prof. dra hab. inż. Andrzeja Lepiarczyka, pismo DZP-291-3662/2023 z dnia 26.06.2023 r.

Rozprawa doktorska napisana została w języku polskim pod kierunkiem promotora dra hab. inż. (prof. URK) Pawła Kiełbasy z Katedry Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

#### **1. Informacje ogólne**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zawiera 304 strony A4, w tym streszczenie, spis treści, spis literatury, oraz dodatkowo aneks składający się z 239 tabel zawierających wyniki badań statystycznych. Praca podzielona została na 10 rozdziałów. Układ pracy, struktura podziału treści oraz kolejność rozdziałów są prawidłowe. Praca jest kompletna i stanowi zamkniętą logicznie całość. Układ pracy jest poprawny pod względem metodologicznym, tym samym odpowiada wymaganiom stawianym pracom naukowym i badawczym. W pracy zamieszczono 192 pozycje literatury plus 7 norm. Źródła literaturowe są odpowiednio zróżnicowane. Przytoczone i rozważane były treści ze 165 artykułów naukowych (prawie wszystkie anglojęzyczne, pochodzące zarówno z czasopism polskich jak i zagranicznych). Ponadto posłużono się treścią z wydawnictw zwartych naukowych, 18 książkowych (m.in. wydawnictwa IUNG i SGGW), 4 monograficznych (w tym rozprawy naukowe). Na pozostałe pozycje literatury składają się: materiały konferencji ISTRO, słowniki tematyczne i opracowania z zakresu statystyki.

Spośród pozycji literaturowych, czasopism naukowych, książek i monografii 162 ukazało się w roku 2000 bądź później, 30 pozycji opublikowano przed rokiem 2000, w latach 80 i 90. Starsze pozycje są dobrym uzupełnieniem informacji i stanu wiedzy w ujęciu historycznym. Literatura jest odpowiednio zróżnicowana a jej dobór jest właściwy. Literatura jest obszerna ilościowo, zakres wiedzy, który obejmuje jest odpowiedni dla realizowanej pracy w obszarze celu, zakresu i rozwiązywanego problemu badawczego o charakterze interdyscyplinarnym. Literatura zawiera treści z kilku dziedzin i dyscyplin naukowych (nauk inżyniersko-technicznych – inżynieria rolnicza, materiałowa, środowiska, rolnictwo, biologia). Podjęty przez Doktorantkę temat mieści się w obszarze wiedzy nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Uzupełnieniem pracy jest starannie opracowane streszczenie w języku polskim i angielskim, dające pełną informację o rozprawie doktorskiej, zwracające uwagę na jej walory poznawcze i użyteczne.

## **2. Zasadność podjęcia tematu**

We wstępie autor przybliżył genezę pracy, jej problematykę, informuje o prowadzonych badaniach. W pierwszej części Doktorantka uzasadnia podjęcie tematyki badań i konieczność rozwiązania problemu badawczego związanego z ilościową analizą, oceną zróżnicowania organizmów glebowych występujących w glebie mineralnej. Uzyskane wyniki badań mają posłużyć do analizy wpływu technologii uprawy na występowanie w glebie mikroorganizmów glebowych. Na tej podstawie możliwy byłby lepszy dobór technik uprawowych niż w przypadku uwzględnienia głównie właściwości fizyko-chemicznych gleby. Autorka we wstępie omawia badania mikrobiologiczne gleby prowadzone w świecie. Umiejętnie nawiązuje do szeroko prowadzonych badań naukowych w zakresie doskonalenia tradycyjnych i niekonwencjonalnych zabiegów (bio)agrotechnicznych m.in. poprzez: opracowanie nowych technologii, nowych rozwiązań technicznych i organizacyjno-ekonomicznych dla rolnictwa zrównoważonego. W kraju prognozuje się w kolejnych dziesięcioleciach stosowanie zarówno płużnych technik uprawy gleby jak i bezpłużnych (zredukowanych, konserwujących, zerowych). Ma to na celu zmniejszenie nakładów materiałowo-energetycznych, ograniczenie emisji gazów szklarniowych, ograniczenie destrukcji (degradacji) gleby (niszczenia struktury, nadmiernego ugniatania, erozji, zakwaszenia, zanieczyszczenia). Wiąże się to z wykorzystaniem energii odnawialnej, lepszą organizacją pracy, rozwojem konstrukcji narzędzi i maszyn rolniczych, ich wyposażania, stosowaniem nowoczesnych technologii rolniczych. Głównie odnosi się to do systemów rolnictwa precyzyjnego, w następnym etapie do systemów mechatronicznych dedykowanych nie tylko rolnictwu precyzyjnemu ale również rolnictwu

ekologicznemu czy też tradycyjnemu, wykorzystującemu zarówno techniki płużne jak i bezpłużne. Dlatego podjęty temat rozprawy dobrze wpisuje się w krajowe trendy badawczo-rozwojowe, jest zarazem aktualny i przyszłościowy oraz nie budzi zastrzeżeń.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Przegląd literatury (rozdział 2) rozpoczyna się od informacji czym jest gleba oraz omówienia wybranych aspektów z zakresu mikrobiologii gleby (podrozdział 2.1). Przedstawiono klasyfikację mikroorganizmów glebowych, ich funkcje, liczebność oraz wpływ na właściwości gleby. Omówiono przemiany mikrobiologiczne jakie zachodzą w glebie w skomplikowanych procesach glebotwórczych, w tym zjawisko mikoryzy. Na zakończenie podrozdziału 2.1 przytoczono metody analiz mikrobiologicznych gleby. Autor dobrze usystematyzował wiedzę w omawianym zakresie. Podkreślił wagę monitorowania składu i różnorodności mikroorganizmów glebowych dla utrzymania na zadawalającym poziomie efektywności współczesnych systemów produkcji roślinnej. Tym samym dobrze nawiązuje to do podrozdziału 2.2 „Technologia uprawy a jakość gleby”. W podrozdziale tym autor analizuje wpływ różnych systemów rolniczych (ekologicznych, precyzyjnych, konwencjonalnych, intensywnych) na zmiany właściwości fizyko-chemicznych oraz biologicznych gleby. Autor właściwie i logicznie uwzględnił tutaj związki przyczynowo skutkowe pomiędzy technologiami uprawy gleby a procesami w niej zachodzącymi, fizyko-chemicznymi i biochemicznymi zwracając uwagę na synergię oddziaływań. Dobrze się to wpisuje w zakres pracy i stanowi właściwy przyczynek do realizacji celu pracy.

W rozdziale 3 autor opisowo przedstawia problem badawczy. Rozdział ten zawiera wprowadzenie do sformułowanego na końcu rozdziału problemu badawczego. Autor ukazuje złożoność ekosystemu glebowego, przytacza badania z obszaru wpływu zabiegów uprawowych na bioróżnorodność ekosystemów glebowych oraz wskazuje na luki w tym zakresie. Autor stwierdza słusznie, że mimo prowadzonych intensywnych badań, nadal brakuje jakościowych danych dotyczących wpływu technologii rolnictwa precyzyjnego na proces biologizacji gleby. Problem stanowi identyfikacja i parametryzacja stanu mikrobiologicznego gleby, możliwość oceny ilościowej, gatunkowej i rozmieszczenia przestrzennego mikroorganizmów obecnych w glebie. Analizy i oceny zjawisk biologicznych w procesach glebowych opierają się głównie na badaniach laboratoryjnych, co ogranicza możliwość wykorzystania tych wyników do regulowania mikrobiologicznego życia gleby za pomocą technologii uprawy. Uzyskane wyniki badań stanowiąc mogą podstawę do sporządzenia wytycznych uwzględniających informacje o mikroorganizmach glebowych, które będą pełnił funkcję czynników determinujących dobór

poszczególnych zabiegów uprawowych. Posiadanie takiej wiedzy pozwoliłoby dostosować parametry produkcyjne różnych typów gleb w zależności od zawartości mikroorganizmów. Problem badawczy został poprawnie sformułowany i przedstawiony.

W rozdziale czwartym podano cel i zakres pracy (badań). Cel badań koresponduje z opisanym problemem badawczym a zakres badań odpowiada postawionemu celowi. W celu pracy przyjęto również trzy hipotezy badawcze:

1. identyfikacja konkretnego rodzaju mikroorganizmów w profilu glebowym pozwoli ocenić stan przydatności produkcyjnej gleby oraz stopień jej zasobności w wybrane składniki mineralne;

2. istnienie możliwości przestrzennej identyfikacji zróżnicowania warunków wodno-powietrznych gleby na podstawie struktury mikroorganizmów glebowych;

3. identyfikacja przestrzenna spektrum mikroorganizmów w profilu glebowym umożliwi rozszerzenie czynników decyzyjnych w planowaniu uprawy i nawożenia w systemach rolnictwa precyzyjnego.

Hipotezy wyrażone są jasno, ich liczba jest odpowiednia, żeby uwzględnić procesy zachodzące w glebie i zjawiska występujące w związku z nimi, omawiane wcześniej i związane z prowadzonymi badaniami. Tak postawione hipotezy umożliwiają ich weryfikację za pomocą istniejących środków technicznych oraz możliwości techniczno-organizacyjnych. Pozwalają na dobór metod badawczych i warunków badań z zakresu postawionych problemów naukowych, służących realizacji celu pracy (badań).

W rozdziale 5 zaprezentowano obiekt, przedmiot badań, miejsca prowadzenia badań oraz omówiono warunki badań. Rozdział 6 „Materiały i metody” zawiera w podpunkcie 6.1 metodykę wyodrębniania pól do badań eksperymentalnych (badania realizowane w trzech gospodarstwach o zróżnicowanej produkcji). Podpunkt 6.2 dotyczy ustalenia miejsc pobrania próbek gleby metodą własną natomiast podpunkt 6.3 dotyczy analizy mikrobiologicznej gleby, która ponownie zaczyna się od pobierania próbek zgodnie z normą PN-ISO 10381-6: 1998. Identyfikacja miejsc pobierania próbek i analiza mikrobiologiczna gleby powinny znaleźć się w jednym podpunkcie. W kolejnym podpunkcie 6.4 przedstawiono metody pomiarów wybranych parametrów fizycznych gleby (zwięzłość, wilgotność, przewodność elektryczna, pH), natomiast w podpunkcie 6.5 metody oznaczania zawartości makroelementów w glebie. Podpunkt 6.6 zawiera mało dokładną metodę interpolacji przestrzennej średnią ważoną odwrotnością odległości punktów w otoczeniu o określonych wartościach. Jest to akceptowalne, proste i wygodne w użyciu narzędzie do tworzenia cyfrowych map przestrzennego zróżnicowania mierzonych wielkości fizycznych. W podpunkcie 6.7 zawarte są

narzędzia statystyczne z zakresu analiz strukturalnych (statystyk opisowych): miar przeciętnego położenia, miar zróżnicowania. Prawidłowo dobrano formy miar opisowych (klasyczne i pozycyjne). Do przeprowadzenia analiz statystycznych użyto pakietu statystycznego Statistica 13. Do badania normalności rozkładu użyto testu Kołmogorova-Smirnova. Jednorodność wariancji między grupami porównywano testem Levene'a oraz testem Scheffe'go. Zależności między badanymi parametrami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi gleby wyznaczono metodą korelacji liniowej Pearsona. Do uwzględnienia przestrzennego charakteru badanych parametrów wykorzystano metodę estymacji geostatystycznej w postaci korelacji przestrzennej, dla której współczynniki korelacyjne wyznaczono za pomocą pakietu obliczeniowego programu ERSI ArcView GIS 3.3.

Metodyka zawiera wszystkie konieczne elementy tj.: opisy aparatury pomiarowej, urządzeń pomiarowych, procedury pomiarowe, sposoby analiz wskaźników glebowych, elementy modelowania procesów fizycznych zachodzących w glebie. Tym samym rozdział ten w zupełności spełnia wymagania metodologii prowadzenia badań naukowych w tym względzie. Treść tego rozdziału jest bogato ilustrowana, zawiera schematy, wykresy, tabele odnoszące się do poszczególnych zagadnień. Doktorantka wybiera w sposób właściwy metody, techniki i narzędzia badawcze. Poszczególne części metodyki oparte są na literaturze. Autor adaptował znane metodyki do swoich potrzeb badawczych, zmodyfikował, wprowadził własne, oryginalne elementy. Można uznać, że kompilacja innych metodyk z elementami autorskimi, adaptacja ich do swoich potrzeb badawczych nosi znamiona opracowania własnego. Za oryginalne elementy metodyki należy uznać opracowanie metody badań wpływu zabiegów bioagrotechnicznych na właściwości biologiczne gleby oraz sposób oceny jakościowej stanu mikrobiologicznego gleby.

Siódmy rozdział stanowią wyniki badań. Za pomocą wykresów scharakteryzowano ilościowy i jakościowy stan mikrobiologiczny gleby. Omówiono przestrzenne zróżnicowanie występowania kolejnych grup mikroorganizmów glebowych, określono ich liczebność oraz strukturę udziałową (procentową) na różnych poziomach głębokości. Podobnie przedstawiono charakterystykę parametrów fizycznych i chemicznych gleby. W dalszej kolejności, na wykresach przedstawiono zależności pomiędzy parametrami fizyko-chemicznymi gleby. Utworzono macierz korelacyjną parametrów biologiczno-chemiczno-fizycznych gleby oraz macierz korelacyjną parametrów chemiczno-fizycznych i różnorodności gatunkowej mikroorganizmów. Wyniki badań przedstawione zostały w sposób przejrzysty i są opatrzone stosownymi komentarzami, uwagami i objaśnieniami autora, co czyni rozdział czytelnym i zrozumiałym. Natomiast wyniki analiz uzyskane w ten sposób jak i wcześniejsze fragmenty

dotyczące metod badawczych oceniam jako wartościowe z punktu widzenia naukowego i praktycznego. Szczególną wartość ma tutaj analiza statystyczna z rozdziału 8 jako metoda empiryczna testowania prawdziwości konsekwencji hipotez poparta elementami logiki (statystyki) matematycznej. Do przeprowadzenia badań weryfikujących wykorzystano pakiet statystyczny Statistica 13. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Dodatkowo, w celu dokładniejszej oceny badanych zależności przeprowadzono dla analizy wariancji test Scheffe'go. Obliczenia funkcji testowych i porównanie z wartościami krytycznymi wykazały zgodność rozkładów empirycznych z teoretycznymi dla wybranego poziomu istotności. Tak więc wyniki pomiarów uzyskane tymi metodami dobrze uzasadniają i potwierdzają stawiane hipotezy. Dwa razy w pracy zamieszczono rozdział zatytułowany analiza statystyczna i oba co innego zawierają. Proszę to wyjaśnić. Dlaczego do statystyk opisowych wykonano test Kołmogorova-Smirnova badający normalność rozkładu mierzonych zmiennych a nie jakiś inny np. test Fishera-Snedecora, test rozkładu t-Studenta, test Shapiro-Wilka ?

W odrębnym rozdziale (nr 9) przeprowadzono dyskusję wyników badań. Można było to połączyć w rozdziale z wynikami badań. Sama dyskusja natomiast jest bardzo dobrze przeprowadzona. Wyjaśnia przyczyny uzyskania takich a nie innych wyników badań, uzasadnia ich wagę. Wskazuje, co można było w badaniach zrobić inaczej, lepiej i dlaczego. Znajdują się tutaj odniesienia do literatury przedmiotu. Autor konfrontuje własne wyniki badań z uzyskanymi przez innych naukowców, umiejętnie formułuje własne stwierdzenia i dowodzi ich słuszności.

Rozprawę zamykają wnioski z rozdziału 10. Rozdział zawiera 9 wniosków oraz zdania wprowadzające i kończące. Na początku autor stwierdza, że wyniki badań potwierdzają sformułowane w rozprawie hipotezy, z czym należy się zgodzić. Wnioski odnoszą się głównie do uzyskanych wyników badań. Sformułowane są opisowo. Poruszają wiele aspektów związanych z prowadzonymi badaniami, w tym ważne kwestie możliwości poprawy stanu środowiska glebowego poprzez lepszy dobór technik rolnictwa precyzyjnego a w perspektywie ich dalszy rozwój. Są to elementy świadczące o użytecznych wartościach pracy wynikających z przeprowadzonych badań. Nasuwa się przy tym pytanie czy można zastosować analogiczne zalecenia dla innych typów rolnictwa, tradycyjnego, zrównoważonego a zwłaszcza ekologicznego. Jakie warunki muszą być spełnione w tym względzie? Jakie badania należałoby dodatkowo przeprowadzić, jakie kierunki dalszych badań można wskazać na podstawie przeprowadzonych analiz i obserwacji?

Podsumowując należy uznać, że stwierdzenia, zalecenia i wnioski są poprawnie sformułowane i logicznie wynikają z treści pracy. Sama zaś praca jest poprawna metodologicznie, problem badawczy został rozwiązany z zachowaniem zasad metodologii badań naukowych a cel pracy został zrealizowany. Oceniając pracę stwierdzam, że do wartości poznawczych pracy zaliczyć należy elementy własne opracowanej metodyki badań, a także zobrazowane zależności pomiędzy parametrami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi gleby, ocenę wpływu technik rolnictwa precyzyjnego na stan biologiczny gleby. Z powyższymi kwestiami, pytaniami i uwagami Doktorantka została zapoznana przed obroną pracy. Uwagi te zostały uwzględnione w otrzymanym egzemplarzu tekstu pracy.

## **5. Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Miernik stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, potwierdza ogólną wiedzę w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Nią badań naukowych. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt. „Analiza wpływu technologii rolnictwa precyzyjnego na aktywność mikrobiologiczną gleby” spełnia wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r. poz. 1669) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku (Dz. U. z 2018 poz. 261). Biorąc pod uwagę powyższe wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Miernik do publicznej obrony Jej rozprawy.

Uwzględniając wysoki poziom merytoryczny i formalny rozprawy (właściwy dobór obszernej i zróżnicowanej literatury, wnikliwe jej omówienie, wartościowe hipotezy, oryginalne elementy metodyki, umiejętny dobór metod, technik i narzędzi badawczych, właściwe rozwiązanie problemu badawczego i realizację celu pracy, wartości poznawcze i użyteczne prace mogące przyczynić się do poprawy efektywności technologii rolnictwa precyzyjnego z uwzględnieniem ochrony środowiska glebowego wnioskuję o jej wyróżnienie.

