

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Weroniki Ptak pt. „Ocena oddziaływania wybranych opon rolniczych na podłoże z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu 3D”**

Podstawą formalną do opracowania rozprawy doktorskiej jest Uchwała nr 65.RO.2023 Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 27 czerwca 2023 r. Rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Inżynierii Rolniczej, Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem dr. hab. inż. Jarosława Czarneckiego, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego dr. inż. Marka Brennensthula.

### **Ocena celowości podjętych badań**

Jednym z celów uprawy gleby jest uzyskanie jej optymalnej gęstości w celu zapewnienia roślinom w całym okresie wegetacji najkorzystniejszych stosunków powietrzno-wodnych i cieplnych. Zagadnienie to ma coraz większe znaczenie wobec postępującej intensyfikacji i mechanizacji prac polowych. Oprócz zamierzonego oddziaływania na glebę, prowadzącego do korzystnych zmian jej stanu fizycznego, mechanizacja wpływa destrukcyjnie na glebę skutkiem ugniatania roli przez wzrastającą liczbę ciągników, pojazdów i maszyn poruszających się po polach. Obecnie jest to jeden z najpoważniejszych problemów współczesnego rolnictwa. Negatywnymi skutkami zwiększonego zagęszczenia gleby są m.in.: zmniejszenie plonów, wzmożenie procesów erozji oraz zwiększenie zużycia energii potrzebnej do uprawy roli (zużycia paliwa), a co za tym idzie zwiększoną emisją CO<sub>2</sub> do atmosfery. Opony rolnicze to ważny element warunkujący m.in. wysokość zużycia paliwa przez ciągnik i stopień ugniatania gleby. Powierzchnia powstała po oddziaływaniu koła na glebę, czyli podłoże elastyczne jest powierzchnią trójwymiarową o trudnej do określenia wielkości. Szacunkową wartość nacisku jednostkowego uwzględniającą powierzchnię styku koła z glebą można wyliczyć na podstawie obciążenia, wymiarów koła, ciśnienia powietrza w ogumieniu, warunków glebowych, pomiarów kątów współpracy opony z glebą, ugięcia opony oraz głębokości koleiny. Powierzchnia kontaktu opony z podłożem w warunkach rzeczywistych zależy od wielu czynników między innymi od wilgotności gleby, rodzaju opony, ciśnienia powietrza w oponie oraz rodzaju podłoża. Powierzchnia kontaktu opony z podłożem jest istotna przy opracowywaniu modeli związanych z zagęszczeniem gleby, wydajnością

trakcyjną, określeniem nacisku jednostkowego i szacowaniem strat energii. Mimo, że w praktyce znanych jest wiele metod wyznaczenia powierzchni styku opony z podłożem to nadal związanych jest z tym wiele problemów. Dlatego podjęty temat rozprawy, dotyczący opracowania pomiaru deformacji gleby przy użyciu technik skanowania 3D i komputerowej analizy obrazu, dobrze wpisuje się w krajowe i światowe trendy badawczo-rozwojowe, jest aktualny i nie budzi zastrzeżeń. Przedstawione w rozprawie badania przedstawiają nową metodę pomiaru powierzchni styku koła z podłożem, która może być pomocna w wyznaczaniu nacisków jednostkowych wywieranych na podłoże.

### **Ocena formalna rozprawy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska składa się z czterech opublikowanych artykułów naukowych oraz opracowania (manuskryptu) w języku polskim będącego syntetycznym omówieniem cyklu wymienionych poniżej prac:

**P1.** Ptak, W., Czarnecki, J., Brennenstul, M. 2022. Use of 3D scanning technique to determine tire deformation in static conditions”, *Journal of Agricultural Engineering*, 53(1). doi: 10.4081/jae.2022.1221.

**P2.** Ptak, W.; Czarnecki, J.; Brennenstul, M.; Lejman, K.; Małecka, A. 2022. Evaluation of Agriculture Tires Deformation Using innovative 3D scanning method. *Agriculture*, 12, 1108. doi.org/10.3390/agriculture12081108

**P3.** Ptak, W.; Czarnecki, J.; Brennenstul, M.; Lejman, K.; Małecka, A. 2023. Evaluation of tire footprint in soil using an innovative 3D scanning method. *Agriculture*, 13, 514. doi.org/10.3390/agriculture13030514

**P4.** Ptak, W.; Czarnecki, J.; Brennenstul, M.; Lejman, K.; Małecka, A. 2023. Evaluation of tires acting on soil in field conditions using the 3D scanning method. *Agriculture*, 13, 1094. doi.org/10.3390/agriculture13051094

Przedstawienie rozprawy doktorskiej w oparciu o cztery spójne tematycznie opublikowane prace jest jak najbardziej zasadne i zgodne z Ustawą z dnia 3 lipca 2018 roku – przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, Art. 187, pkt 3 mówiące że: „Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej”.

Suma punktów za ww. publikacje według MEiN wynosi 490, a sumaryczny wskaźnik Impact Factor 12,6. Artykuły zostały opublikowane w latach 2022-2023 w renomowanych czasopismach posiadających IF. Wszystkie publikacje są współautorskie, dlatego w rozdziale 4 zestawienia publikacji

naukowych stanowiących rozprawę doktorską zamieszczono oświadczenia autorów w tym Doktorantki z których wynika, że uczestniczyła Ona w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, prowadzeniu badań, interpretacji danych, jak również przygotowaniem manuskryptów do druku. We wszystkich artykułach Doktorantka jest pierwszym autorem i pełniła rolę autora korespondencyjnego. W związku z tym znaczący udział Doktorantki w powstawaniu tych publikacji nie budzi zastrzeżeń.

Rozprawa doktorska składa się z sześciu rozdziałów, których układ jest spójny i tworzy logiczną całość. W rozdziale pierwszym „**Wprowadzenie**” Doktorantka przybliżyła problematykę której dotyczy rozprawa, opisała negatywne skutki zmian właściwości fizycznych gleby ugniecionej kołami pojazdów i maszyn rolniczych. Rozdział ten powstał w oparciu o starannie dobraną najnowszą literaturę. W rozdziale drugim „**Założenia badawcze, ce i zakres pracy**” Doktorantka sformułowała założenia badawcze oraz przedstawiła główny cel pracy i wyodrębniła cztery cele szczegółowe. W rozdziale trzecim „**Przedmiot i metodyka badań**” zamieszczony został opis warunków badań, stanowiska badawczego, eksperymentu badawczego, metod wyznaczania deformacji opon w warunkach laboratoryjnych i polowych, opis zastosowanych do analizy otrzymanych wyników metod statystycznych. Kolejny czwarty rozdział „**Wyniki**” zawiera syntetyczny opis wyników, zamieszczonych w stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej publikacjach. Cykl publikacji został podsumowany wnioskami końcowymi w rozdziale piątym „**Podsumowanie i wnioski**”, które w mojej ocenie są poprawnie sformułowane i mają potwierdzenie w przedstawionych wynikach badań. W rozdziale tym Doktorantka podkreśliła zasadność podjętych badań, w tym o słuszności zastosowania innowacyjnej metody skanowania 3D do pomiaru deformacji opony. Ponadto stwierdziła, że przeprowadzone badania pozwoliły na osiągnięcie zaplanowanych celów badawczych jednak nadal są potrzebne dalsze prace badawcze w tym kierunku. Rozdział szósty „**Literatura**” zawiera wykaz literatury zacytowanej w manuskrypcie. Składa się na niego 87 pozycji anglojęzycznej literatury.

Przedłożona rozprawa doktorska w mojej ocenie jest kompletna, a jej układ jest spójny i prawidłowy.

### **Ocena merytoryczna pracy**

Głównym celem rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Weroniki Ptak było wyznaczenie wpływu wybranych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych opon rolniczych na deformację gleby identyfikowaną przy użyciu innowacyjnej techniki skanowania 3D i komputerowej analizy obrazu. W ramach celu głównego Doktorantka zdefiniowała cztery cele cząstkowe:

1. Wpływ ciśnienia powietrza w oponie i obciążenia pionowego koła na deformację pionową i poziomą opon rolniczych o konstrukcji diagonalnej i radialnej na podłożu nieodkształcalnym,
2. Wpływ ciśnienia powietrza w oponie i obciążenia pionowego koła na odkształcenia gleby spowodowane oddziaływaniem opon w warunkach laboratoryjnych,

3. Wpływ oddziaływania opon rolniczych na glebę w warunkach polowych, przy przyjętych wartościach powietrza w oponie i obciążania pionowego koła,

4. Opracowania modeli matematycznych opisujących przestrzenną powierzchnię odcisku opon w warunkach laboratoryjnych oraz weryfikacja ich przydatności w warunkach polowych

które posłużyły do weryfikacji sformułowanych dwóch założeń badawczych:

1. *Cechy konstrukcyjne opony diagonalnej i radialnej determinują występowanie różnic jakościowych i ilościowych parametrów ich deformacji, spowodowanej zmianami ciśnienia powietrza w oponie i zmianami jej obciążenia pionowego. Konsekwencją tego jest występowanie różnic w parametrach opisujących deformację przestrzenną gleby pod wpływem oddziaływania opon.*

2. *Matematyczne modele empiryczne odkształcenia gleby opracowane na podstawie badań laboratoryjnych umożliwiają prognozowanie przestrzennej powierzchni odcisku warunkach polowych.*

Założenia badawcze i cele cząstkowe służące do weryfikacji zostały sformułowane poprawnie i odpowiadają poznawczym oraz użytkowym zamierzeniom Doktorantki, które są konsekwentnie realizowane w toku badań. Poszczególne cele badawcze zostały przedstawione w monotematycznym cyklu publikacji stanowiących rozprawę doktorską.

Pierwszy cel cząstkowy dotyczący wpływu ciśnienia powietrza w oponie i obciążenia pionowego koła na deformację pionową i poziomą opon rolniczych o konstrukcji diagonalnej i radialnej na podłożu nieodkształcalnym został przedstawiony w pracy pierwszej i drugiej.

Pierwsza praca z przedstawionego do oceny cyklu pt.: „*Use of 3D scanning technique to determine tire deformation in static conditions*” opublikowana została w czasopiśmie *Journal of Agricultural Engineering* i dotyczy analizy deformacji pionowej i poziomej opon rolniczych na podłożu nieodkształcalnym. Na potrzeby realizacji tego celu dokonano opracowania innowacyjnej metody pomiaru deformacji opony w warunkach statycznych z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu 3D. W ramach przeprowadzonych badań testowych wykazano, że opracowana metoda jest skutecznym narzędziem do odczytywania parametrów deformacji opony w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Pozwala ona na analizowanie ugięcia opony opisywane zmianą wysokości jej profilu oraz powierzchnię przekroju poziomego na dowolnej wysokości profilu.

W drugiej pracy pt.: „*Evaluation of agriculture tires deformation using innovative 3D scanning method*” opublikowanej w czasopiśmie *Agriculture* w oparciu o metodę opisaną w publikacji pierwszej opracowano charakterystykę deformacji opony. W tym celu przeprowadzono badania wpływu ciśnienia powietrza i obciążenia pionowego koła na deformację pionową i poziomą opon rolniczych konstrukcji diagonalnej i radialnej na podłożu nieodkształcalnym. Badania wykazały, że wartości wysokości profili i wysokości odpowiadającej maksymalnej deformacji poprzecznej opony były niższe dla opony radialnej w porównaniu z oponą diagonalną.

Drugi cel cząstkowy został osiągnięty w oparciu o badania przedstawione w pracy trzeciej pt.: „*Evaluation of tire footprint in soil using an innovative 3D scanning method*” opublikowanej w czasopiśmie *Agriculture*. W pracy tej dokonano określenia wpływu ciśnienia powietrza w oponie i obciążenia pionowego koła na odkształcenie gleby spowodowane oddziaływaniem opon w warunkach laboratoryjnych. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że głębokość odcisku znacząco wpływa na jego powierzchnię. Redukcja ciśnienia powietrza w oponie w większości przypadków powoduje wzrost długości i szerokości odcisku oraz powierzchni kontaktu opony z glebą. W odniesieniu do opon radialnych stwierdzono, że przy stałej wartości obciążenia pionowego koła redukcja ciśnienia powietrza powoduje wzrost jej powierzchni kontaktu z glebą. Zależności takiej nie stwierdzono jednak dla opony diagonalnej.

Kolejny trzeci cel cząstkowy został zrealizowany w pracy czwartej pt.: „*Evaluation of tires acting on soil in field conditions using the 3D scanning method*”. W ramach przeprowadzonych badań wyznaczono wpływ oddziaływania opon rolniczych na glebę w warunkach polowych w zależności od ciśnienia powietrza w oponie i obciążenia pionowego koła. Pomiarami objęto długość, szerokość i głębokość odcisku. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że w przypadku opon radialnych zarówno ciśnienie powietrze jak i obciążenie pionowe miały znaczący wpływ na wszystkie analizowane parametry. Z kolei w przypadku opon diagonalnych wykazano, że tylko ciśnienie powietrza miało istotny wpływ na wszystkie analizowane parametry.

Ostatni czwarty cel cząstkowy został przedstawiony w oparciu o pracę trzecią („*Evaluation of tire footprint in soil using an innovative 3D scanning method*”) i czwartą („*Evaluation of tires acting on soil in field conditions using the 3D scanning method*”). W pracy trzeciej przedstawiono modele matematyczne opisujące powierzchnię odcisku badanych opon w funkcji ciśnienia powietrza i pionowego obciążenia koła w warunkach laboratoryjnych, a w pracy czwartej w warunkach rzeczywistych (polowych). W oparciu o opracowane modele matematyczne wykazano, że na podstawie współczynnika korelacji większe odzwierciedlenie w warunkach rzeczywistych wystąpiło dla opon radialnych niż dla diagonalnych. W przypadku opony radialnej dla znanych wartości ciśnienia powietrza i obciążenia pionowego koła opracowany model w warunkach laboratoryjnych pozwala prognozować powierzchnię kontaktu w warunkach polowych.

Ogólnie ocena rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Weroniki Ptak jest bardzo wysoka. Przedstawiony cykl publikacji dowodzi umiejętności prowadzenia pracy naukowej, poszukiwaniu tematów do analizy, odważnego stawiania założeń (hipotez) badawczych, umiejętności testowania tych założeń oraz wyciągania wniosków. Zastosowane w pracy metody badawcze zasługują na wysoką ocenę, zwłaszcza do tak złożonego i wieloaspektowego zagadnienia jakim jest deformacja gleby. Wszystkie prace zawierają obszerny i aktualny przegląd literatury, dowodzący o znakomitej orientacji Doktorantki w najnowszych osiągnięciach naukowych analizowanej tematyki. Przedstawione w cyklu

publikacje potwierdzają wysoki stopień opanowania warsztatu badawczego i rozwoju naukowego Doktorantki. Opublikowanie prac w renomowanych czasopismach świadczy zarówno o ważności podjętej tematyki, poprawności metodycznej, jak i wysokim poziomie merytorycznym prac.

### ***Uwagi o charakterze dyskusyjnym***

Po przestudiowaniu przedłożonej rozprawy nasuwają mi się pytania i uwagi, które mają charakter dyskusyjny:

1) w rozdziale drugim rozprawy doktorskiej *Założenia badawcze, cel i zakres pracy* w pierwszym założeniu badawczym Doktorantka podaje, że *cechy konstrukcyjne opony diagonalnej i radialnej determinują występowanie różnic jakościowych i ilościowych parametrów ich deformacji...*, w dalszej części pracy brak jest jednak informacji za jakie parametry są uznawane parametry ilościowe, a jakie za jakościowe,

2) czym uzasadniony jest wybór wartości i zakres badanych zmiennych niezależnych: ciśnienie powietrza i obciążenie pionowe kół,

3) w pracy nr 3 (*Agriculture*, 13, 514) badania w warunkach laboratoryjnych wykonywano przy wilgotności 25% i zwięzłości gleby 0,9 MPa, a w pracy nr 4 (*Agriculture*, 13, 1094) badania w warunkach polowych przy wilgotności 22,5% i zwięzłości gleby 0,59 MPa dla opony diagonalnej oraz odpowiednio 16% i 0,96 MPa dla opony radialnej. Dlaczego nie przeprowadzono badań w jednakowych (zbliżonych) warunkach glebowych. Czy może mieć to wpływ na opracowane modele matematyczne ?

4) w pracy nr 3 (*Agriculture*, 13, 514) badania w warunkach laboratoryjnych wykonywano dla obciążenia pionowego koła 7,8 kN; 15,7 kN i 23,5 kN a w pracy nr 4 (*Agriculture*, 13, 1094) badania w warunkach polowych dla obciążenia pionowego koła 7,8 kN; 11,8 kN i 15,7 kN. Czym uzasadniona jest ta zmienność i jak to się odnosi do analizowanych wyników badań porównawczych.

### ***Ocena strony edytorskiej rozprawy***

Rozprawa doktorska jest napisana poprawnym językiem. Z obowiązku recenzenta chciałbym zwrócić uwagę na drobne błędy, takie jak:

1) str. 9, z tabeli 2 wynika, że badania w warunkach polowych wykonywane były w zakresie zwięzłości od 0,59 MPa do 0,96 MPa i wilgotności gleby od 16,0% do 22,5% dla obu badanych opon. Natomiast z opisu na str. 9 i prac nr 3 i 4 wynika, że badania prowadzono tylko przy jednej wartości zwięzłości i wilgotności gleby. Powinno być podane zatem w tabeli 0,59 MPa dla opony diagonalnej i 0,96 MPa dla opony radialnej i odpowiednio dla wilgotności 16,0% i 22,5%,

2) str. 9, tab. 2, jest podana wartość 11,7 kN dla obciążenia pionowego. Powinno być 11,8 kN jak w tabeli nr 3 na str. 10,

3) str. 13 jest 11,7 N, powinno być 11,7 kN,

4) str. 13 wymieniono 5 wartości obciążenia koła: 7,8 kN; 11,7 kN; 15,7 kN; 19,6 kN; 23,5 kN, a w tabeli nr 1 na str. 9 tylko cztery – brak jest 19,6 kN,

5) str. 26 jest *poziome* powinno być *poziomie*,

oraz

6) artykuł nr 4 (*Agriculture*, 13(5) 1094), w streszczeniu jest ...*the correlation coefficient R2*... powinno być *determination coefficient*,

Powyższe uwagi w żaden sposób nie obniżają wartości poznawczej i praktycznej przeprowadzonych badań, ani nie wpływają na moją pozytywną ocenę pracy.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że rozprawa pod względem merytorycznym spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą 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) oraz Ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818). Publikacje składające się na rozprawę doktorską pani mgr inż. Weroniki Ptak są powiązane tematycznie. W mojej ocenie przedstawiona rozprawa stanowi dowód wiedzy teoretycznej i praktycznej Doktorantki w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Stwierdzam, że w rozprawie doktorskiej przedstawiono oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się opanowaniem i posiadaniem ogólnej wiedzy teoretycznej i dobrym przygotowaniem do samodzielnego prowadzenia prac badawczych i naukowych. Biorąc pod uwagę powyższą recenzję wnosząc do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo UP we Wrocławiu o dopuszczenie pani mgr inż. Weroniki Ptak do publicznej obrony jej rozprawy doktorskiej „*Ocena oddziaływania wybranych opon rolniczych na podłoże z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu 3D*”.