

dr hab. Rafał Pudełko  
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

### **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr inż. Piotr Mazur**

**pt.: „Optymalizacja nawożenia fosforem i potasem z uwzględnieniem modelu plonowania roślin  
oraz cząstkowych badaniach zasobności gleby”**

wykonanej

w Instytucie Rolnictwa

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

pod kierunkiem

promotora dra hab. inż. Dariusza Gozdowskiego, prof. SSGW

i promotora pomocniczego dr Joanny Adamczyk-Jabłońskiej

### **Ocena istotności podjętego tematu rozprawy doktorskiej**

Sektor kosmiczny jest obecnie jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się obszarów światowej gospodarki. Jak wynika z raportu Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA), krajowy sektor kosmiczny liczy już ponad 400 podmiotów, a wiele z nich to uczelniane lub instytuckie centra badawczo-rozwojowe (dane z 2023 roku). Jak też wynika z tego raportu – dominującą grupą produktów i usług posiadanych lub rozwijanych przez polskie podmioty jest oprogramowanie i przetwarzanie danych, a także systemy informatyczne przeznaczone do modelowania i symulacji, które to bazują głównie na danych pozyskiwanych z sensorów satelitarnych systemów obserwacji Ziemi. Działania te aktywnie wspierane są przez POLSA, która przeznaczona m.in. 38% składki ESA na programy naukowe, a 8% bezpośrednio na rozwój technologii obserwacji Ziemi. Ponadto, dzięki programowi Copernicus, który jest realizowany przez Komisję Europejską we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną, obrazy satelitarne stały się powszechnie dostępne, ale – co bardziej istotne – wraz z udostępnieniem danych rozpoczęto systemowe działania na rzecz ich efektywnego wykorzystania. Dla rolnictwa oznacza to możliwość korzystania z szeregu istniejących i planowanych systemów wsparcia decyzji w produkcji oraz prognoz i symulacji mających kluczowe znaczenie dla strategicznych decyzji gospodarczych, zarówno w skali mikro, jak też w skali makro. Dostępność danych teledetekcyjnych wpływa na rozwój systemów wsparcia decyzji oferowanych przez centra doradztwa rolniczego oraz firmy komercyjne. W najbliższym czasie rolnicy będą mogli skorzystać z obecnie rozwijanych publicznych serwisów, takich jak FASt, EDWIN czy S2MUR – które będą oferowały m.in. wsparcie w optymalizacji nawożenia oraz we wdrażaniu rolnictwa precyzyjnego. W opracowanym przez NCBR

dokumencie: Rolnictwo 4.0 identyfikacja trendów technologicznych (2023) - popyt na nowoczesne technologie w sektorze rolno-spożywcym, głównie w zakresie technik cyfrowych i satelitarnych został wskazany jako jedno z głównych wyzwań w obszarze rolnictwa i agrobiznesu. Również w tym dokumencie wśród najbardziej rozpoznawalnych innowacji wprowadzanych przez polskie firmy na rynek wymieniono serię nanosatelitów produkowanych przez firmę SatRev – satelitów, które mają szansę zostać wdrożone zgodnie z Polską Strategią Kosmiczną do krajowego systemu obserwacji Ziemi, w tym również na potrzeby wsparcia i rozwoju krajowego rolnictwa precyzyjnego.

W świetle powyższych faktów, podjęte przez mgr inż. Piotra Mazura badania nad optymalizacją nawożenia roślin fosforem i potasem na podstawie danych teledetekcyjnych, głównie satelitarnych, należy ocenić jako aktualne i mające potencjalnie duże znaczenie dla rozwoju rolnictwa. Problemy poruszane w ocenianej rozprawie są bardzo istotne, zarówno ze względów poznawczych, jak i utylitarnych.

### **Układ i struktura rozprawy doktorskiej**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie trzech artykułów naukowych wraz z syntetycznym przedstawieniem celów pracy, hipotezy badawczej, warsztatu i wyników badań.

W zwartej, oprawionej formie Doktorant zawarł 5 rozdziałów, poświęconych:

- wprowadzeniu do tematu pracy, jej celowi oraz hipotezie badawczej;
- przeglądowi obecnego stanu wiedzy w zakresie tematu pracy;
- materiałom i metodom badawczym;
- przedstawieniu wyników;
- dyskusji.

Praca zawiera również sześć syntetycznych, najważniejszych wniosków oraz 50 kluczowych cytowanych pozycji literatury.

W ostatniej części pracy dołączono kopie artykułów, na których oparto pracę:

- **Załącznik 1:** Mazur P., Gozdowski D., Wnuk A., 2022. Relationships between Soil Electrical Conductivity and Sentinel-2-Derived NDVI with pH and Content of Selected Nutrients. *Agronomy* 2022 12,354. IF=3,949, 100 pkt MEiN
- **Załącznik 2:** Mazur P., Gozdowski D., Wójcik-Gront E., 2022. Soil Electrical Conductivity and Satellite-Derived Vegetation Indices for Evaluation of Phosphorus, Potassium and Magnesium Content, pH, and Delineation of Within-Field Management Zones. *Agriculture* 2022 12,883. IF= 3,408, 100 pkt MEiN
- **Załącznik 3:** Mazur P., Gozdowski D., Stępień W., Wójcik-Gront E., 2023. Does Drone Data Allow the Assessment of Phosphorus and Potassium in Soil Based on Field Experiments with Winter Rye? *Agronomy* 2023 13, 446 IF=3,949, 100 pkt MEiN

Łącznie rozprawa doktorska obejmuje 103-stronicowy maszynopis. Integralną częścią rozprawy są cztery tabele oraz trzynaście najbardziej istotnych rysunków, które ilustrują syntetyczne wyniki z przeprowadzonych badań, publikowanych uprzednio w formie artykułów. Powyższa treść uzupełniona została o podziękowania Autora, wykaz użytych skrótów, oświadczenia współautorów o procentowym wkładzie w powstanie publikacji, stosowne oświadczenia oraz streszczenie pracy opracowane w języku polskim i angielskim (zgodnie z pkt. 4, Art. 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce).

Oceniając formę przedłożonego manuskryptu należy stwierdzić, że:

- Tytuł pracy jest klarowny i – z małymi zastrzeżeniami wskazanymi w dalszej części recenzji – adekwatny do zawartej w niej treści.
- Układ pracy jest logiczny i spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim.
- Praca napisana jest językiem zrozumiałym i poprawnym stylistycznie – zarówno w części polskojęzycznej, jak też anglojęzycznej.
- Opis realizacji pracy doktorskiej umożliwia sprawne śledzenie procesu prowadzenia badań oraz analizę przedstawionych wyników.
- Pozycje literatury pod względem formalnym są cytowane w sposób właściwy, który umożliwia czytelnikowi ich odszukanie w zbiorach bibliotecznych lub zasobach internetowych.

### **Ocena części merytorycznej rozprawy doktorskiej**

Jednym z najważniejszych zadań rolnictwa precyzyjnego jest udostępnienie rolnikom narzędzi pozwalających na optymalizowanie stosowanych środków produkcji. Optymalizacja taka jest możliwa wyłącznie wtedy, gdy właściwie rozpoznana zostanie zmienność potencjału plonotwórczego pola. Zadanie to może zostać zrealizowane metodami teledetekcyjnymi lub skanowaniem „on-the-go” – co zostało w pełni pokazane w niniejszej pracy. Jej Autor postawił sobie bardzo ambitne i wielowymiarowe zadanie polegające na poszukiwaniu zależności pomiędzy lokalną zasobnością gleby a technicznymi możliwościami jej rozpoznania. W tym celu przeprowadzone zostały szeroko zakrojone badania terenowe polegające na mapowaniu przewodności elektromagnetycznej gleby oraz zawartości materii organicznej, wyznaczeniu na tej podstawie stref wykazujących podobne właściwości wraz z oznaczeniem średnich zawartości makroelementów i odczynu gleby w tych strefach. Badania prowadzone na polach produkcyjnych dodatkowo uzupełniono o teledetekcję niskopułapową przeprowadzoną dla pól doświadczalnych, na których prowadzone były eksperymenty nawozowe. Materiały pozyskane in situ zostały porównane do danych teledetekcyjnych (satelitarnych i niskopułapowych). Po przeprowadzeniu analiz statystycznych, przedstawiono wyniki poszukiwanych zależności (zgodnie z hipotezą badawczą) w postaci korelacji, regresji (liniowych, wielorakich) oraz analizy wariancji i PCA.

W moim przekonaniu, o wartości merytorycznej niniejszej pracy doktorskiej świadczą następujące jej cechy:

- Badania przeprowadzono na dużych obiektach przestrzennych, różniących się zarówno pod względem geograficznym, jak też produkcyjnym;
- Zastosowano nowoczesne metody skanowania gleby, a wyniki potwierdzono oznaczeniami laboratoryjnymi;
- Przeprowadzono dogłębne analizy statystyczne, badając zarówno zależności pomiędzy wybranymi czynnikami, jak również zależności wielowymiarowe poszczególnych kombinacji;
- Wszystkie wyniki zostały opublikowane w uznanych czasopismach międzynarodowych, posiadających wysoki wskaźnik cytowania, jako artykuły o otwartym dostępie (open access).

Niemniej jednak lektura przedmiotowej rozprawy skłania do przedstawienia listy uwag o charakterze krytycznym bądź polemicznym:

*Uwagi:*

1. Tytuł pracy – pierwsza część tytułu „Optymalizacja nawożenia fosforem i potasem z uwzględnieniem modelu plonowania roślin ...” może błędnie sugerować, że w pracy podjęto badania nad oceną efektów zróżnicowania aplikacji dawek nawozu metodami rolnictwa precyzyjnego, w oparciu o matematyczno-empiryczne modele plonowania.
2. Tytuł pracy – w tytule wskazano fosfor i potas, natomiast w pracy uwzględniono równorzędnie pozostałe istotne dla wzrostu i plonowania roślin makroelementy.
3. Streszczenie – po przedstawieniu części wyników, stwierdzono: „Wyniki te mogłyby być wykorzystywane w rolnictwie precyzyjnym” – jest to forma epicka, która nie powinna być stosowana w pracy naukowej. Zdanie to również jest oczywiste, ponieważ wykorzystanie indeksów NDVI oraz pomiarów EC jest standardem w rolnictwie precyzyjnym.
4. Cele pracy – deklaracja weryfikacji przydatności metod teledetekcyjnych do wyznaczania stref na polu – jako jednego z celów pracy – nie powinna mieć miejsca, ponieważ są to od dawna sprawdzone i standardowe metody używane w tym celu.
5. Hipoteza badawcza – wskazano trzy właściwości gleby: jej zasobność w P i K oraz odczyn jako główne punkty odniesienia (w tytule tylko P i K – patrz pkt.1 ) do wykazania ich korelacji z pomiarami teledetekcyjnymi i skanowaniem EC – oraz zawartością próchnicy. W przedstawionej pracy analizowano jeszcze wpływ azotu. Można zrozumieć, że intencją Autora było większe skupienie się na poszukiwaniu zależności dla fosforu i potasu, jednak pod względem metodyki bardziej czytelne byłby wskazanie związków między właściwościami chemicznymi gleby a wynikami ich pomiarów metodami teledetekcyjnymi lub skanowaniem.
6. Przegląd literatury – brak dostatecznego wskazania przykładów badań i wdrożeń w polskim rolnictwie. Z 50 przytaczanych pozycji tylko 4 dotyczą badań wykonanych w warunkach krajowych.
7. „Materiały i metody” – używany termin ‘parcela’ może być mylący i w tym miejscu wydaje się niewłaściwy – zwłaszcza, że Autor również zamiennie używa powszechnie przyjętego terminu ‘strefa’.

8. W rozdziale „Materiały i Metody” brak informacji o właściwościach fizycznych gleby badanych obiektów oraz o fazie rozwoju roślin (tylko dla artykułu 3) – część tych informacji można znaleźć w dołączonych artykułach, ale ze względu na ich istotność, warunki polowe powinny być szczegółowo opisane w tym rozdziale oraz omawiane i dyskutowane w rozdziałach kolejnych.
9. Rysunek nr 1 jest nieczytelny.
10. Dyskusyjnym może być przyjęcie metody korelacji / regresji liniowej w stosunku do analizy zależności badanych czynników od odczynu gleby – ponieważ zależności takie z założenia nie mają dopasowania, które można opisać funkcją liniową.
11. Wyniki i ich dyskusja – (dot. artykułu 1): na Rysunkach 5-8 przedstawiono wyniki, na podstawie których trudno obronić tezy przyjęte w hipotezie roboczej. Podobne, choć trochę lepsze wyniki (związki między lokalną zasobnością gleby a możliwościami jej detekcji) wykazano w kolejnym artykule (Rys. 9-10). W dyskusji tych wyników Doktorant odniósł się jedynie do podobnych przykładów z innych publikacji, natomiast w tej części pracy doktorskiej zabrakło próby wyjaśnienia przyczyn rozbieżności między wynikami oczekiwanymi a otrzymanymi. Takimi przyczynami mogły być np.: wpływ rzeźby terenu, zbyt duża mozaika glebowa czy wpływ niedoboru wody w kluczowych fazach rozwoju roślin spowodowany suszą.

Powyższe uwagi jednak nie umniejszają wartości merytorycznej pracy, ani też nie stanowią o konieczności jej poprawy - mogą natomiast być wskazówką przy planowaniu kolejnych prac badawczych, jeżeli takie będą miały być prowadzone.

### **Podsumowanie**

- Praca doktorska dotyczy zagadnień aktualnych i istotnych dla rozwoju polskiego rolnictwa.
- Doktorant w sposób czytelny sformułował problem badawczy oraz postawił hipotezę badawczą, która została następnie wykazana w rezultacie badań.
- Wybór materiałów i metod badań pod względem merytorycznym nie budzi zastrzeżeń. Analizy danych zostały przeprowadzone starannie, ich opis jest konsekwentny i spójny. Wyniki prac zostały zinterpretowane w oparciu o właściwe wnioskowanie statystyczne. Przeprowadzona dyskusja i sformułowane wnioski odpowiadają wynikom prac terenowych i kameralnych.
- W rezultacie należy stwierdzić, że przeprowadzone badania naukowe doprowadziły do osiągnięcia wyników, które odpowiedziały na określone w pracy doktorskiej cele.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Piotra Mazura pt.: „Optymalizacja nawożenia fosforem i potasem z uwzględnieniem modelu plonowania roślin oraz cząstkowych badaniach zasobności gleby” spełnia wymagania stawiane tego typu pracom w art. 13

ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 r. nr 65 poz. 595 z późn. zm. i kwalifikuję Kandydata do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo. **W związku z powyższym, zwracam się do Rady Naukowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie Pana mgr. inż. Piotra Mazura do dalszych etapów procedury postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**

Puławy, 19.09.2023 r.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. P. de...". The signature is written in a cursive style with a loop at the end.