

Brno, 20 czerwca 2018 r.

**Assoc. Prof. Magdalena Daria Vaverková**  
Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences  
Department of Applied and Landscape Ecology  
Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic  
e-mail: magdalena.vaverkova@mendelu.cz

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Pani**

**mgr. inż. Anny Marii Sieczki**

pt.: „**Migracja związków azotu pochodzenia nawozowego w środowisku  
gruntowo-wodnym**”

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie pisma nr WBiŚ-218/2018 Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 25 maja 2018 roku.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Sieczki pt. „*Migracja związków azotu pochodzenia nawozowego w środowisku gruntowo-wodnym*”, stanowiąca załącznik do w/w pisma Dziekana.

Recenzję opracowano w nawiązaniu do przepisów ustawy z dnia 14 marca 2003 roku *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zmianami) oraz aktów wykonawczych w tym zakresie.

## 2. Charakterystyka i ogólna ocena rozprawy

Przedłożona do recenzji dysertacja porusza bardzo interesujące zagadnienie, dotyczące zanieczyszczeń środowiska gruntowo-wodnego, a w konsekwencji wód podziemnych i powierzchniowych, związkami azotu pochodzącymi z terenów upraw rolniczych. Rolnictwo stanowi jedno z głównych źródeł emisji ładunków azotu i fosforu do wód podziemnych i powierzchniowych, a w konsekwencji do Bałtyku, kumulującego coraz więcej zanieczyszczeń. Podjęty w rozprawie temat wpisuje się w realizowany od kilkunastu lat program ochrony wód Bałtyku. Celem pracy było określenie czynników (procesów) i ich udział w migracji zanieczyszczeń z terenów upraw rolniczych prowadzonych z wykorzystaniem narzędzi rolnictwa precyzyjnego. Wdrażanie narzędzi rolnictwa precyzyjnego stwarza warunki do ograniczenia zanieczyszczenia wód związkami pochodzenia nawozowego, w tym szczególnie związkami azotu i fosforu. W pracy przeanalizowano czynniki mające wpływ na procesy migracji zanieczyszczeń do środowiska gruntowo-wodnego oraz określanie parametrów opisujących poszczególne procesy związane z transportem zanieczyszczeń i wykorzystanie ich do modelowania numerycznego migracji.

Biorąc pod uwagę formę recenzowanej dysertacji, w stosunku do przyjętego w tym względzie standardu, pracę doktorską Pani mgr inż. Anny Sieczki uznaję za poprawną, a nawet wzorcową. Praca została podzielona na część literaturową, część związaną z badaniami terenowymi i laboratoryjnymi oraz modelowaniem numerycznym.

Opiniowana dysertacja, której promotorem głównym jest dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. SGGW, w zasadniczej części liczy 211 stron, w której zamieszczono 42 tabel i 105 rysunków. Ponadto, rozprawa zawiera 11 załączników, w których udokumentowano wyniki badań przeprowadzonych na trzech obiektach badawczych, wraz z analizą statystyczną tych wyników. Autorka dokonała bardzo obszernego przeglądu literatury obejmującego aż 354 publikacje polskie i zagraniczne. Zdecydowana większość pozycji to publikacje naukowe o zasięgu międzynarodowym (277 publikacji). Ponadto, problematykę nawiązano do najważniejszych aktualnych aktów prawnych (12 pozycji) i norm (14 pozycji). Przegląd literatury obejmuje zarówno ważne pozycje historyczne, jak i publikacje z ostatnich lat, co świadczy o szczegółowej i kompleksowej analizie tematu w ujęciu literaturowym.

Pracę napisano w czytelny sposób, a drobne błędy językowe, stylistyczne i edytorskie nie wpłynęły na jej jakość. Tekst pracy jest przystępny, a użyte terminy specjalistyczne są poprawne, chociaż w niektórych przypadkach odbiegają nieco od przyjętych zasad. Strona graficzna recenzowanej dysertacji jest przejrzysta. Tabele i rysunki są w większości czytelne, przygotowane z wykorzystaniem nowoczesnych technik edytorskich. Praca pod względem metodycznym została również starannie zaplanowana i wykonana z zastosowaniem odpowiednich metod badawczych, które wzajemnie się uzupełniają.

Pracę doktorską rozpoczyna Wprowadzenie (2 strony), w którym Doktorantka przedstawiła ułożenie tematyki badawczej w ramach zadania nr 3 pt. „*Monitorowanie wybranych elementów środowiska naturalnego w produkcji zbóż z wykorzystaniem narzędzi rolnictwa precyzyjnego*”, realizowanego w latach 2013-2015 przez Katedrę Geoinżynierii i Katedrę Kształtowania Środowiska Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW, które stanowiło część projektu nr POIG.01.03.01-14-041/12 pn. „*BIOPRODUKTY, innowacyjne technologie wytwarzania prozdrowotnych produktów piekarskich i makaronu o obniżonej kaloryczności*”, współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. We wprowadzeniu przedstawiono również wykaz 6 publikacji opracowanych przy udziale Autorki, w których zaprezentowano część wyników badań uzyskanych w ramach w/w Projektu. Pięć z tych publikacji znajduje się w bazie Web of Science (WoS).

Rozdział drugi (36 stron) obejmuje przegląd literatury, koncentrujący się na problematyce zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego i udziale w nim związków azotu oraz analizie procesów migracji zanieczyszczeń w tym środowisku. W tym miejscu należy wyraźnie podkreślić, że Doktorantka dokonała bardzo szczegółowej i szerokiej analizy źródeł literatury, przede wszystkim zagranicznej, indeksowanej w bazie WoS (ponad 70 zagranicznych pozycji nie starszych niż 5 lat).

W rozdziale trzecim (3 strony) określono cele i zakres badań oraz hipotezę badawczą. Doktorantka założyła cztery cele badawcze, do osiągnięcia których przyjęła zakres prac obejmujący cztery zasadnicze części: przegląd literatury, badania terenowe i laboratoryjne oraz modelowanie numeryczne. Zakres badań w przejrzysty sposób został przedstawiony na

rysunku 3.1. Mając na uwadze postawione cele naukowe, Doktorantka sformułowała hipotezę badawczą: „*Intensywności migracji związków azotu nie można oszacować bez uwzględnienia formy ich występowania, wpływu procesów odpowiedzialnych za transport oraz właściwości środowiska gruntowo-wodnego*”. Autorka akcentuje w hipotezie konieczność kompleksowego podejścia do kwestii migracji zanieczyszczeń związków azotu w kontekście formy zanieczyszczeń oraz ich wzajemnego oddziaływania w środowisku gruntowo-wodnym.

W rozdziale czwartym (5 stron) przedstawiono charakterystykę obszarów badań, obejmujących sześć pól uprawowych, znajdujących się na trzech gospodarstwach zlokalizowanych w różnych częściach Polski. Uzasadniła też wybór tych obszarów badań, wynikający z realizacji w/w Projektu badawczego.

W dwóch kolejnych rozdziałach przedstawiono zasadniczą część badań Doktorantki. Rozdział piąty (42 strony) zawiera szczegółowy opis metodyki badań terenowych i laboratoryjnych oraz założenia do modelowania numerycznego. Metodyka została poprawnie ustawiona do zrealizowania celów badań i udowodnienia hipotezy badawczej. Badania terenowe koncentrowały się głównie na tradycyjnych pracach związanych z rozpoznaniem profilu litologicznego, pobraniu próbek gruntów i wody do badań laboratoryjnych oraz zebraniem danych dotyczących warstw wodonośnych na potrzeby modelowania numerycznego. W badaniach laboratoryjnych wykorzystano nowoczesną aparaturę, szczególnie w zakresie określania parametrów migracji zanieczyszczeń. Modelowanie numeryczne migracji również zostało poprawnie podzielone na procesy obejmujące dwie strefy, aeracji i saturacji, do których zastosowano odrębne modele. Do modelowania infiltracji (zasilania warstwy wodonośnej) w strefie aeracji wykorzystano Pakiet HELP, a do modelowania transportu w strefie saturacji pakiet Visual Modflow. Podczas tworzenia modelu numerycznego migracji wykorzystano nowoczesne techniki teledetekcyjne do rozpoznania i precyzyjnego wyznaczenia granic struktur geologicznych, które mogą stanowić strefy z uprzywilejowanymi drogami migracji zanieczyszczeń, w tym wpływ na dynamikę przepływu i warunki transportu związków azotu w środowisku gruntowo-wodnym.

W rozdziale szóstym (76 stron) Doktorantka przedstawiła wyniki badań, w tym badania terenowe i laboratoryjne dla wszystkich wytypowanych pól uprawowych oraz wyniki badań

modelowych dla pól z gospodarstwa Imielin. Badania mają charakter kompleksowy, poczynając od właściwości fizyko-chemicznych gruntów i wód, parametrów migracji (metoda kolumnowa) ze szczególnym zwróceniem uwagi na procesy sorpcji (metoda statyczna „batch”) do numerycznych badań modelowych wykorzystujących scenariusze możliwe rozprzestrzeniania się azotanów. Doktorantka przeprowadziła poprawne metodycznie badania parametrów migracji dla modelu numerycznego, co w praktyce jest często przeprowadzane tylko w oparciu o dane literaturowe. Prezentowane wyniki mają duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne do oceny rozprzestrzeniania się związków azotu w środowisku gruntowo-wodnym. Również wykorzystanie technik teledetekcyjnych do rozpoznania i precyzyjnego wyznaczenia granic wychodni struktur geologicznych, które mogą stanowić strefy uprzywilejowanej filtracji i migracji zanieczyszczeń, stanowi oryginalny element rozprawy i może być wykorzystane szerzej w praktyce, usprawniając zbieranie danych do modelowania numerycznego. Zakres badań jest bardzo obszerny, znacznie wybiegający poza standardowe wymagania stawione dla prac doktorskich, zarówno pod względem metodyki jak i zakresu.

**W tym względzie uznaję ocenianą rozprawę za wyróżniającą.**

Całość rozprawy zamykają dwa rozdziały o charakterze dyskusyjnym i podsumowującym wyniki przeprowadzonych prac oraz wnioski końcowe. W rozdziale siódmym (5 stron) Doktorantka przeprowadziła dyskusję podjętego tematu z uwzględnieniem wyników badań własnych oraz zalecenia i propozycję algorytmu postępowania przy prognozowaniu migracji związków azotu pochodzenia nawozowego w środowisku gruntowo-wodnym. Rozdział ósmy (6 stron) obejmuje podsumowanie i wnioski o charakterze ogólnym i szczegółowym z wyników przeprowadzonych badań własnych oraz dotyczące kierunków dalszych badań nad procesami migracji zanieczyszczeń, które Doktorantka ma zamiar realizować w ramach uzyskanego projektu badawczego pt. „*Analiza procesów migracji zanieczyszczeń w środowisku gruntowo-wodnym z wykorzystaniem badań laboratoryjnych oraz technik modelowania numerycznego*” (Preludium 13, NCN, UMO-2017/25/N/ST10/00909).

W końcowej części pracy zamieszczono spis literatury i 11 załączników zawierających szczegółowe wyniki przeprowadzonych badań, opisanych w pracy.

Podsumowując, stwierdzam że przedstawiona do oceny praca doktorska Pani mgr inż. Anny Sieczki pt. „*Migracja związków i pochodzenia nawozowego w środowisku gruntowo-wodnym*” spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim Art. 13 p. 2 i 6 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. Nr 65, poz. 595 z późn. zmian.).

### 3. Uwagi krytyczne i pytania do dyskusji

Analizując recenzowaną pracę doktorską pozwolę sobie na sformułowanie następujących uwag szczegółowych i ogólnych oraz zadanie pytań o charakterze dyskusyjnym:

- Praca jest bardzo rozbudowana o badania o charakterze podstawowym, w sumie z załącznikami obejmuje ponad 300 stron, co wydaje się zbyt obszerne na potrzeby rozprawy doktorskiej i może nasuwać wnioski o mało syntetycznym przeanalizowaniu wyników badań. Dla udowodnienia postawionej w rozprawie hipotezy wystarczyłoby przedstawienie obiektu Imielin, dla którego przeprowadzono również modelowanie numeryczne migracji zanieczyszczeń. Proszę Doktorantkę o odniesienie się do tej uwagi.
- Str. 24 – Proszę w dyskusji rozwinąć zagadnienie przekształcania się nawozowych związków azotu stosowanego na polach upraw oraz wpływ uwarunkowań środowiskowych (np. odczynu pH) na te przekształcenia. Które z form azotu są najbardziej mobilne w procesach migracji w środowisku gruntowo-wodnym? Na rys. 2.4 ładunki azotu powinny być wyrażone w układzie jednostek SI.
- Str. 28 – White (1963) jest dość odległym w czasie źródłem literaturowym, czy nie ma nowszych opracowań w tym zakresie?
- Str. 31 i inne – brak uporządkowania skrótów (np. WHO, UE), które w tekście są stosowane wymiennie z pełnymi nazwami organizacji i innych określeń.
- Str. 60 – Rys. 4.4 – mapka Polski (*Lokalizacja rejonów badań na tle obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związkami azotu – Rojek, 2012*) wstawiono do rozdziału 4.4 dotyczącego obiektu Imielin, a powinien być w rozdziale 4.1.
- Str. 61 – proszę o podanie po jakim czasie od wysiania nawozów pobierano próbki do badań laboratoryjnych, czy było to usystematyzowane w poszczególnych seriach badań?

- Rozdz. 5.2 – badania laboratoryjne są opisane w sposób mało czytelny, powinny być poprawione przy przygotowaniu tej części pracy do publikacji.
- Str. 103-128 (rozdz. 6.1 i 6.2) – wyniki badań właściwości fizyko-chemicznych są opisane w sposób nieczytelny, przy tak dużej ilości badań brakuje usystematyzowania wyników, sugeruję aby do publikacji były one przedstawiane np. w formie tabelarycznej lub wykresów, w celu łatwiejszego porównania poszczególnych właściwości dla sześciu pól uprawowych. Forma tabelaryczna pozwala na przejrzyste przedstawienie anomalii wyników i porównanie wielkości parametrów dla poszczególnych obiektów, pól. W zastosowanej w pracy formie opisowej nie jest to przejrzyste. W pracy brakuje wyników badań próbek z okresu przed pierwszym wysianiem nawozów, które można by uznać jako tło zanieczyszczenia. Czy Doktorantka brała pod uwagę wcześniejsze formy użytkowania wybranych pól i jak one mogły wpłynąć na wyniki badań?
- Rozdział 6.5 – rysunki wynikowe z modelowania numerycznego i kalibracji modelu są mało czytelne, możliwe że proste ich powiększenie poprawiłoby jakość, wskazane uwzględnienie tego przy przygotowywaniu tej części pracy do publikacji, gdyż na modelu mało widoczne są istotne elementy geomorfologiczne mogące sprzyjać filtracji.
- Proszę o krótkie uszczegółowienie metodyki kalibracji modelu numerycznego migracji, w jakim zakresie do tego celu przydatne były badania terenowe i techniki teledetekcyjne?
- W jaki sposób uwzględniano w modelu numerycznym anizotropię filtracyjną? Wątpliwości budzi rozpoznanie zmienności współczynnika filtracji na obszarze wytypowanego do modelowania pola uprawowego.
- Czy opracowany model numeryczny może mieć zastosowanie do oceny migracji zanieczyszczeń na innych obszarach? W pracy brakuje jednoznacznych wniosków dotyczących możliwości wykorzystania modelowania numerycznego migracji przeprowadzonego dla skali lokalnej do modelowania regionalnego. Czy Doktorantka mogłaby w dyskusji rozwinąć to zagadnienie?

Ponadto, w recenzowanym egzemplarzu pracy zaznaczono drobne uwagi i sugestie natury gramatycznej, stylistycznej i określeń, które mogą być uwzględnione przez Autorkę w przygotowaniu pracy lub jej części do publikacji.

Powyższe uwagi mają charakter redakcyjny i dyskusyjny i nie umniejszają wartości naukowej opiniowanej rozprawy doktorskiej, którą uznaję za znaczącą dla oceny migracji związków azotu w środowisku gruntowo-wodnym.

#### 4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Recenzowana praca jest bardzo interesująca i posiada zarówno istotny walor poznawczy jak i aplikacyjny. Zawiera oryginalne wyniki badań uzyskane w wyniku zastosowania szeregu nowoczesnych metod badawczych i interpretacyjnych. Uzyskane wnioski są logiczne, poprawnie opracowane, wynikające z treści pracy i przeprowadzonych badań. Istotnym walorem pracy jest waga przedstawianej tematyki i wpisywanie się jej w nurt aktualnych badań realizowanych na świecie oraz zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem wód związkami azotu. Zasadniczy cel pracy obejmujący ocenę procesów migracji związków azotu pochodzenia nawozowego w środowisku gruntowo-wodnym został osiągnięty.

Opisane uwagi ogólne oraz sformułowane uwagi krytyczne i pytania, zasadniczo nie wpływają na wartość merytoryczną pracy. Sposób prezentacji wyników i swoboda ich omówienia, wskazują na bardzo dobre rozeznanie literaturowe, a także na dojrzałość naukową Doktorantki w samodzielnym formułowaniu i rozwiązywaniu problemów badawczych. Praca ma cechy opracowania interdyscyplinarnego, ale zasadniczo wpisuje się w dyscyplinę naukową **ochrona i kształtowanie środowiska**.

Stwierdzam jednoznacznie, że recenzowana dysertacja Pani mgr inż. Anny Sieczki spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w ustawie z dn. 14.03.2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, a nawet ma wiele walorów skłaniających ją do wyróżnienia. Pracę doktorską opiniuję pozytywnie i rekomenduję do dalszego procedowania w przewodzie doktorskim.

Assoc.Prof. Magdalena Daria Vaverková