



Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Dr hab. inż. Agnieszka Baran  
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny  
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej  
E-mail: Agnieszka.Baran@urk.edu.pl

Kraków, 31.01.2019 r.

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr Aleksandry Ukalskiej - Jarugi pt.:**

**"Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebach  
w zależności od składu frakcyjnego materii organicznej"**

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi została wykonana w Zakładzie Gleboznawstwa Erozji Ochrony Gruntów IUNG – PIB w Puławach pod kierunkiem prof. dr hab. Barbary Maliszewskiej – Kordybach oraz promotora pomocniczego dr inż. Bożeny Smreczak.

### **1. Uwagi ogólne i znaczenie podjętej tematyki**

Problematyka omawianej rozprawy dotyczy tematyki związanej z zawartością materii organicznej oraz jej wpływu na akumulację WWA w glebach poddanych intensywnej antropopresji. Warto dodać, że materia organiczna jest jednym z najistotniejszych składników fazy stałej gleb. Pełni przede wszystkim kluczową rolę w sorpcji oraz transformacji zanieczyszczeń w glebach. Z kolei WWA należą do trwałych zanieczyszczeń organicznych, charakteryzują się wysoką odpornością na rozkład, długim czasem pozostawania w formach niezmiennych w glebie oraz toksycznością względem organizmów żywych. Biorąc pod uwagę narastający poziom antropopresji związany z emisją WWA do środowiska, a także wskazane zdolności sorpcyjne materii organicznej istotne jest poznanie wpływu materii organicznej w zapobieganiu migracji tych zanieczyszczeń i ich detoksykacji,

szczególnie w glebach użytkowanych rolniczo na obszarach poddanych długotrwałej i silnej antropopresji przemysłowej. Gleba na użytkach rolniczych jest miejscem produkcji żywności oraz siedliskiem życia różnych organizmów i nie powinna stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz stanu środowiska (bioróżnorodności). W ten nurt doskonale wpisuje się tematyka pracy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi. Należy również dodać, że pomimo licznych publikacji na powyższy temat, metody badań dotyczące oznaczania składu frakcyjnego materii organicznej i ich wpływu na zawartość WWA wydają się być ciągle niedostateczne i słabo poznane, szczególnie w warunkach in situ tj. realnego zanieczyszczenia gleb WWA. W powyższym kontekście problematyka ocenianej rozprawy ma znaczenie użytkowe i praktyczne ze względu na możliwości wdrożenia osiągniętych wyników, szczególnie z części 1 „badania metodyczne”, do praktyki laboratoryjnej związanej z oznaczaniem składu frakcyjnego materii organicznej. Uzyskane rezultaty dotyczące oceny zależności pomiędzy zawartością materii organicznej i jej składem frakcyjnym a zawartością WWA mogą być również bardzo cenne i przydatne w ocenie ryzyka środowiskowego i zdrowotnego, a także efektywności procesów remediacyjnych gleb zanieczyszczonych tymi związkami. Rozprawa opiera się na metodach analitycznych i statystycznych, co tworzy podstawy do miarodajności przedstawionych w rozprawie badań. Warte podkreślenia jest również to, że w rozprawie jasno i profesjonalnie przedstawiono wyniki badań oraz przeprowadzono bardzo rzeczową dyskusję naukową, poprzedzoną interesującą analizą statystyczną danych na temat zależności pomiędzy frakcjami materii organicznej a zawartością WWA w badanych glebach.

Przedstawiona powyżej problematyka pracy dotyczy bardzo istotnych i aktualnych zagadnień związanych ochroną środowiska glebowego, a w oparciu o uzyskane rezultaty bardzo wysoko oceniam istotność, trafność i aktualność podjętej problematyki badawczej.

## **2. Ocena formalna rozprawy**

Opiniowana rozprawa doktorska ma postać monotematycznej dysertacji liczącej 144 strony. Składa się ona z klasycznych rozdziałów zgodnych ze schematem prac badawczych: Cel i zakres pracy, Przegląd literatury, Materiał i metody badań, Wyniki badań i Dyskusja oraz Wnioski. Ponadto Rozprawa zawiera kilkunastostronicowy, bogaty Spis literatury zawierający łącznie 286 pozycji piśmiennictwa, w tym 251 prac anglojęzycznych. Do opracowania dołączono również Wykaz skrótów i akronimów oraz Streszczenie w języku polskim i angielskim. Treść pracy dodatkowo została podzielona na liczne podrozdziały wyodrębnione

w Spisie treści, co nadaje rozprawie dużą przejrzystość i czytelność. Rozprawa doktorska Pani mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi ma również bogatą i starannie wykonaną dokumentację graficzną w postaci 63 tabel oraz 16 rysunków, w większości zawierających szczegółowe wyniki lub schematy analiz chemicznych. Układ omawianej pracy jest poprawny, czytelny i niebudzący większych zastrzeżeń. Ponadto poszczególne rozdziały i podrozdziały są ze sobą logicznie powiązane, stanowią całość, co ułatwia śledzenie i merytoryczną ocenę uzyskanych wyników. Mam uwagę do skonstruowania Spisu treści, a w szczególności wyodrębnienia Przeglądu literatury z numeracji porządkowej kolejnych rozdziałów rozprawy. Moim zdaniem taki układ sugeruje, że punkty od 1 do 5 należą do Przeglądu literatury. Generalnie rozprawa doktorska jest napisana językiem poprawnym stylistycznie, pozwalającym w łatwy sposób na dokładne śledzenie toku prowadzonych badań i rozważań naukowych. Praca nie jest jednak wolna od drobnych błędów i pomyłek redakcyjnych (np. na stronie tytułowej „IUNG-Puławy”; str. 23 „powierza”; str. 27 błąd w cytowaniu nazwiska autora; str. 38 jest napisane „do badań środowiskowych” a ma być metodycznych; str. 48 pod tabelą 5 jest dodatkowe słowo „zawartość”; zapis jednostek w tab.36a, 19, 16, 13c, 13d 13a; brak wyjaśnień pod rys. 16; liczne dodatkowe spacje), które jednak nie mają znaczącego wpływu na prawidłowy i pozytywny odbiór rozprawy i nie są przeszkodą w merytorycznym zrozumieniu jej treści.

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

W pierwszej części rozprawy zatytułowanej Cel i zakres badań, Doktorantka w krótkim dwustronicowym rozdziale uzasadnia problematykę badawczą, prezentuje ogólny cel pracy, dwa cele szczegółowe oraz hipotezę badawczą. Następnie w sposób jasny i klarowny prezentuje sposób realizacji celów i zakres badań. Pierwszy etap ma na celu modyfikację metod frakcjonowania materii organicznej. Celem drugiego etapu jest określenie wpływu frakcji materii organicznej na akumulację WWA w glebach. Cele, zakres pracy jak i etapy badawcze są dobrze określone od strony merytorycznej i wystarczająco dokładnie precyzują zamiary badawcze Doktorantki. Pewnym mankamentem tej części pracy jest sformułowana hipoteza badawcza, która brzmi następująco: *„zawartość WWA w glebach zależy od składu frakcyjnego glebowej materii organicznej”*. Po pierwsze jest ona identyczna z celem głównym rozprawy oraz jej tytułem. Po drugie jest ona według mnie bardzo ogólna i trudna do jednoznacznej weryfikacji. Dlatego też proszę wyjaśnić, dlaczego w hipotezie badawczej pominięto czynnik związany z ilością materii organicznej w glebach,

który w późniejszej części pracy jest szeroko omawiany i wydaje się być na tyle istotny, że jest na nim oparte wnioskowanie końcowe (np. wniosek 11).

Kolejny rozdział rozprawy stanowi Przegląd literatury, liczący 25 stron. Rozdział ten składa się z dwóch części. W pierwszej części Doktorantka szczegółowo omawia występowanie WWA w środowisku: ich właściwości, źródła oraz przemiany. Szczególną uwagę zwraca na czynniki wpływające na degradację i akumulację WWA w glebach. W drugiej części Przeglądu literatury Autorka szeroko przedstawia znaczenie, funkcję i budowę materii organicznej gleb. Omawia również dość szczegółowo frakcje materii organicznej, które mogą istotnie determinować akumulację zanieczyszczeń organicznych w glebach. Wśród nich wymienia: rozpuszczalną materię organiczną, substancje humusowe (kwasy fulwowe, huminowe oraz huminy) oraz czarny węgiel. Autorka uzasadnia również istotną potrzebę badań składu frakcyjnego materii organicznej, ponieważ jej zróżnicowany skład frakcyjny powoduje, że określenie stopnia akumulacji WWA tylko na podstawie badań całkowitej zawartości węgla organicznego daje niepełną informację na temat przemian tych związków w glebach. W dalszej kolejności Doktorantka omawia metody analiz zawartości frakcji materii organicznej, wskazując jednocześnie problemy analityczne i ograniczenia związane z oznaczeniem jej poszczególnych frakcji w bardzo złożonej matrycy jaką jest gleba. Autorka widzi potrzebę modyfikacji dotychczasowych metod analitycznych, które umożliwią dokładniejsze określenie wpływu wybranych frakcji materii organicznej na zawartość WWA w glebach. Treść powyższego rozdziału jest trafnie dobrana i świadczy przede wszystkim o bardzo dobrym odczuciu Autorki i znajomości tematu.

Rozdział trzeci pracy Materiał i metody badań obejmuje zwarty opis zastosowanych metod oraz warunków prowadzenia badań, liczy 19 stron. Rozprawa od strony metodycznej obejmuje dwa powiązane ze sobą etapy. Pierwszy etap stanowią Badania metodyczne, które są związane z modyfikacją, adaptacją i wdrożeniem metod frakcjonowania materii organicznej. Drugi etap obejmuje Badania środowiskowe dotyczące określenia wpływu wybranych frakcji materii organicznej na zawartość WWA w glebach rolniczych poddanych intensywnej antropopresji przemysłowej. Tak przedstawiona dwuetapowa koncepcja badań z punktu widzenia postawionych celów badawczych jest właściwa i pozwala z dużą dokładnością i poprawnością metodyczną określić, które z frakcji materii organicznej są najbardziej odpowiedzialne za długotrwałą akumulację WWA w glebach.

Odnosząc się do pierwszego etapu badań, uważam, że Doktorantka zaplanowała i przeprowadziła poprawnie, zgodnie z obowiązującą w tym zakresie metodologią, część analityczną związaną z modyfikacją metod oznaczania składu frakcyjnego materii organicznej gleb oraz ich walidacją. Opis metod i procedur oznaczania składu frakcyjnego materii organicznej jest przejrzysty, czytelny, wykonany z należytą starannością i co warto podkreślić, udokumentowany licznymi schematami. Badania prowadzono na 6 próbkach glebowych o zróżnicowanej zawartości węgla organicznego, pochodzących z archiwum Zakładu Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów IUNG-PIB w Puławach. Dla oceny wpływu wybranych w etapie pierwszym frakcji materii organicznej na akumulację WWA w glebach, Autorka przeprowadziła badania środowiskowe (etap 2). Badania te prowadzono na terenie gminy Czerwionka-Leszczyny zlokalizowanej w powiecie rybnickim w województwie Śląskim. Gleby w tym obszarze historycznie narażone są na akumulację WWA ze względu na intensywną i długotrwałą antropopresję przemysłową. Z obszaru badań pobrano 41 próbek glebowych z użytków rolnych z poziomu 0-25cm. Wykonano analizy podstawowych właściwości gleb, analizy składu frakcyjnego materii organicznej oraz zawartości 16 WWA. Opisy dotyczące obszaru badań oraz metod analitycznych są czytelne oraz zgodne z obowiązującymi w tym zakresie normami, co wskazuje również na poprawność metodyczną badań.

Oceniając tę część pracy duże znaczenie z punktu widzenia celów pracy mają przeprowadzona walidacja zastosowanych metod frakcjonowania materii organicznej oraz metody statystyczne zastosowane w rozprawie. Warto dodać, że w efekcie wykonania walidacji uzyskuje się pewność, że proces analizy przebiega w sposób rzetelny i precyzyjnie oraz daje wiarygodne wyniki. Podane opisy zastosowanych parametrów walidacyjnych są czytelne oraz zgodne z obowiązującymi w tym zakresie wytycznymi. Ponadto należy szczególnie podkreślić duży zakres zastosowanych metod statystycznych (podstawowe parametry statystyczne, Anova, analiza korelacji i regresji oraz analiza składowych głównych PCA). Zastosowane i dobrze dobrane metody statystyczne do oceny i interpretacji uzyskanych wyników znacząco podnoszą walory ocenianej rozprawy, czyniąc uzyskane uogólnienia i wnioski miarodajnymi. Podsumowując, rozdział ten jest kompletnie opracowany i nie budzi większych zastrzeżeń.

Jedynie uwagi lub pytania jakie mi się nasunęły przy czytaniu tej części pracy przedstawiam poniżej:

- Proszę o wyjaśnienie większej lub identycznej zawartości węgla całkowitego i węgla organicznego w glebach wykorzystanych w badaniach metodycznych (Tabela 4) oraz jakie metody zastosowano w analizie właściwości tych gleb?
- Proszę zwrócić uwagę na przedstawioną w tabeli 5 zawartość kationów wymiennych, szczególnie wapnia i magnezu, np. zawartość maksymalna  $Mg^{2+}$  wynosi 0,7, a mediana 4.3.
- Dlaczego w grupie gleb o zawartości C org. < 12,0 g/kg jest próbka, która ma zawartość węgla organicznego 13,2 g/kg. (Tabela 7a).
- Czy poprawne jest użycie terminu właściwości fizykochemiczne czy fizyczno-chemiczne gleb, a może nie ma to znaczenia?
- Jeśli chodzi o nazewnictwo frakcji materii organicznej, czy mając tylko oznaczony węgiel zasadne jest używanie terminów: frakcja kwasów fulwowych, frakcja kwasów huminowych lub humin? Czy nie powinno się używać terminów węgiel kwasów fulwowych, węgiel kwasów huminowych i węgiel niehydrolizujący? Proszę o opinię na ten temat.
- Proszę wyjaśnić czym kierowano się podczas wyboru punktów poboru próbek w etapie 2 (badania środowiskowe).
- Proszę również o wyjaśnienie kwestii związanej z głębokością poboru próbek glebowych - w etapie pierwszym jest to poziom 0-30 cm, a w etapie 2 poziom 0-25 cm, z czego wynikały te różnice? Na tle tego mam pytanie do dyskusji: czy głębokość poboru próbek ma wpływ na zawartość i transformację materii organicznej oraz WWA w glebach i jaka jest relacja między tymi związkami w profilu glebowym.

Rozdział czwarty pracy „Wyniki badań i Dyskusja” stanowi najobszerniejszą część rozprawy i obejmuje 62 strony. W rozdziale tym przedstawiono szczegółowy opis uzyskanych wyników z badań metodycznych (podrozdział 4.1) oraz środowiskowych (podrozdział 4.2) wraz z ich odniesieniem do wyników innych autorów, z którymi Doktorantka często podejmuje merytoryczną dyskusję.

W podrozdziale 4.1. Autorka omawia bardzo szczegółowo kolejno uzyskane wyniki analiz poszczególnych frakcji materii organicznej oraz wskazuje, że zastosowane modyfikacje przynoszą korzyści związane z ograniczeniem kosztów oraz oszczędności czasu prowadzonych analiz. Ponadto otrzymane parametry walidacyjne dla stosowanych metod oznaczania rozpuszczalnego węgla organicznego, substancji humusowych oraz czarnego

węgiła są na akceptowalnym poziomie granicy wykrywalności ( $LOD_{SH} < 5\%$ ) i precyzji ( $RSD < 20\%$ ), a miarodajność i rzetelność otrzymanych wyników potwierdza brak istotnych błędów systematycznych i stałych. Również otrzymane dla poszczególnych frakcji odzyski na poziomie 80% - 99,8% potwierdzają poprawność wykonywanych oznaczeń i użyteczność stosowanych metod w badaniach składu frakcyjnego materii organicznej gleb. W podsumowaniu tego podrozdziału Doktorantka stwierdza, że przeprowadzony proces oceny metod oznaczania składu frakcyjnego materii organicznej dostarczył obiektywnych dowodów potwierdzających ich poprawność oraz spełnienie założonych kryteriów jakościowych, co stanowi podstawę do wdrożenia ich do dalszych badań środowiskowych.

Analizując wyniki rozprawy doktorskiej w podrozdziale 4.2. Badania środowiskowe daje się wyraźnie wyodrębnić powiązane ze sobą trzy obszary tematyczne. Pierwszy z nich dotyczy analizy zawartości 16 WWA w glebach z terenu rolniczego poddanego silnej antropopresji. Doktorantka ocenia poziom zanieczyszczenia badanych gleb tymi związkami, identyfikuje ich źródła emisji w oparciu o indeksy molekularne oraz wykazuje wzajemne zależności korelacyjne pomiędzy zawartością poszczególnych WWA. W badaniach środowiskowych wykazano większą zawartość WWA w glebach badanego obszaru w porównaniu do gleb użytkowanych rolniczo na innych, niezanieczyszczonych obszarach. Zawartość sumy 16 WWA w badanych glebach była bardzo zróżnicowana i wahała się pomiędzy 381,70 - 2241,33  $\mu\text{g}/\text{kg}$  gleby, przy medianie wynoszącej 1253  $\mu\text{g}/\text{kg}$  gleby. W glebach dominowały węglowodory o 4 i więcej pierścieniach. W 63% próbek gleb wykorzystanych w badaniu środowiskowym wykazano zawartość WWA wskazującą na zanieczyszczenie. Najwięcej przekroczeń wartości dopuszczalnych obserwowano dla benzo(b)fluorantenu, benzo(a)antracenu oraz benzo(a)pirenu. Wyniki badań autorki wskazują również na silną wzajemną relację pomiędzy zawartością analizowanych WWA w glebach, co świadczy o ich jednakowym pochodzeniu i podobnej transformacji. Ponadto Doktorantka wykazuje na podstawie wyliczonych indeksów molekularnych, że większość WWA w glebach ma mieszane źródła – pirogeniczne i petrogeniczne. Bardzo cennym uzupełnieniem wyników w tej części pracy jest pokazanie w sposób graficzny lokalizacji punktów poboru w stosunku do głównych źródeł emisji WWA na badanym terenie (rysunek 12), jak również rysunek 13 przedstawiający ocenę potencjalnego pochodzenia WWA na podstawie analizy stosunków molekularnych poszczególnych związków.

Drugi obszar tematyczny obejmuje ocenę zawartości i składu frakcyjnego materii organicznej w badanych glebach. Autorka w tej części pracy dokonuje również oceny zależności korelacyjnych pomiędzy oznaczonymi frakcjami materii organicznej. W swych badaniach Doktorantka wykazała, że skład frakcyjny był determinowany ogólną zawartością C org. oraz sposobem użytkowania gleby, przy czym zależności istotne wykazano tylko w glebach bardziej zasobnych w C org. W większości badanych gleb wykazano wysoki indeks humifikacji, co wskazuje na dominujący udział stabilnych form materii organicznej. Dominującą frakcją w badanych glebach były substancje humusowe, głównie węgiel kwasów huminowych i węgiel niehydrolizujący w gruntach ornych oraz węgiel niehydrolizujący w użytkach zielonych i użytkach ornych odłogowanych. Frakcja węgla rozpuszczalnego oraz czarny węgiel miały mniejsze udziały w ogólnej zawartości materii organicznej. Doktorantka wykazała również silne i istotne zależności korelacyjne pomiędzy zawartością węgla kwasów fulowych i humusowych a rozpuszczalnym węglem organicznym oraz pomiędzy zawartością węgla niehydrolizującego a zawartością czarnego węgla. Należy szczególnie podkreślić szerokie omówienie i przeanalizowanie przez Doktorantkę frakcji czarnego węgla, za którego obecność w glebie odpowiada w dużej mierze opad pyłu zawieszzonego. Warto dodać, że tematyka ta jest stosunkowo nowa, mało poznana w literaturze przedmiotu i bardzo istotna, szczególnie na terenach poddanych silnej antropopresji przemysłowej związanej ze spalaniem węgla.

Trzeci obszar tematyczny stanowi kompleksową ocenę zależności pomiędzy zawartością oraz składem frakcyjnym materii organicznej a zawartością WWA w badanych glebach. W tej części rozprawy Autorka wykazała, że zasobność gleb w węgiel organiczny oraz sposób użytkowania gruntu są kluczowymi parametrami wpływającymi na zależności pomiędzy zawartością WWA a materią organiczną. Istotny wpływ składu frakcyjnego materii organicznej na zawartość WWA stwierdzono w próbkach gleb o większej zawartości węgla oraz na użytkach zielonych i odłogowanych. Ponadto autorka stwierdziła, że za akumulację WWA w badanych glebach odpowiedzialne są głównie stabilne formy materii organicznej (HN, BC), natomiast wpływ pozostałych frakcji FA, HA oraz DOC zależał od ich udziału w całkowitej zawartości C org. Jak podaje Doktorantka, również właściwości WWA mogą wpływać na ich akumulację w poszczególnych frakcjach materii organicznej. Bardzo wysoko oceniam w tej części pracy interpretację uzyskanych danych z analizy korelacji, regresji oraz PCA w oparciu o posiadaną wiedzę oraz dostępne dane literaturowe.



Podsumowując, rozdział ten od strony merytorycznej jest napisany bardzo kompetentnie i profesjonalnie. Ponadto ma duże walory edukacyjne dla czytelnika, ponieważ Doktorantka przedstawia bardzo szczegółowe wyjaśnienia otrzymanych wyników i prowadzi dyskusję z wynikami innych badaczy. Bardzo cenne jest również umieszczenie pod rozdziałami 4.1 oraz 4.2 zwartych podsumowań i konkluzji, co czyni pracę łatwą w odbiorze i powoduje, że jej przeczytanie ze zrozumieniem nie jest trudne i czasochłonne. Umiejętność łączenia wyników własnych badań z danymi literaturowymi wskazuje, że Doktorantka ma dużą wiedzę w zakresie problematyki badawczej i bardzo dobre odczytanie w literaturze fachowej. Rozdział ten jednoznacznie wskazuje na duże kompetencje naukowo-badawcze i bardzo dobre predyspozycje do pracy naukowej pani mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi.

Po przestudiowaniu tego rozdziału nasuwają mi się pewne uwagi lub pytania, często natury dyskusyjnej:

- Proszę o wyjaśnienie, dlaczego w tabelach 8, 9ab, 12, 13abcd, 16 podano wartość przedziału ufności jedną cyfrą, ponadto proszę podać na jakim poziomie był on wyznaczony. Najczęściej wyraża się go jako średnia  $\pm 2 \times$  błąd standardowy średniej.
- Dlaczego w części metodycznej opisu wyników zawartość frakcji rozpuszczalnego węgla organicznego podana w tabelach jest wyrażona w mg/L.
- Str. 82 – brak cytowanej tabeli 23b.
- Sposób prezentacji wyników – czasem w pracy zdarza się, że w tabelach są one przedstawione z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku a w tekście są zaokrąglone do 1 miejsca po przecinku lub do jednej liczby w przypadku wyników podawanych w % (str. 84, tabela 26a, podrozdział 4.2.3.2.1, str. 97; tabela 26b z % udziałem frakcji węgla rozpuszczalnego [w tabeli 0.35-18.59, w tekście 0.3-18.5]; tabela 35, rozdział 4.2.3.2.3 w tabeli jest 1.59%-38.51%, w tekście 2%-39%). Oceniana praca doktorska jest pracą analityczną, w której całe wnioski oparte jest na uzyskanych wynikach. Poprawność zapisu wyniku ma tu, więc znaczenie. Polecam więc większe zwracanie uwagi na to w jaki sposób prezentowane są wyniki badań.
- W tabeli 37 nie ma przedstawionych wyników analizy korelacji zawartości BC a kwasowością hydrolityczną. W tekście jest powołanie na tę tabelę.
- Rysunek 15 – w badaniach wykazano większą zawartość węgla kwasów humusowych niż węgla niehydrolizującego w glebach gruntów ornych, natomiast na rysunku 15 oznaczone litery wskazują na inną zależność.

- Analiza korelacji - ponieważ w tekście pojawia się określenie „silne zależności korelacyjne” (np. str. 99) warto w metodyce określić, co to jest słaba, średnia i silna korelacja.
- Analiza PCA (str. 102) – „współczynnik eigenvalue”, czy chodzi tu o „wartość własną”, która jest wyznaczana dla każdej składowej (PC1, PC2 itd.) w analizie PCA. Po pierwsze sugerowałabym w tym miejscu użycie języka polskiego. Po drugie, jakie kryterium zastosowano do wyboru składowych głównych? Bardzo często wybór ten opiera się o tak zwany wykres osypiska, kryterium Kaisera, może być to też procent wariancji wyjaśnionej przez daną składową. Niektórzy autorzy, uważają, że powinno się brać te czynniki do analizy, dla których wartość własna jest powyżej 1 lub suma ich wariancji przekroczy 75% - 80%.
- Czy Pani wyniki mogą być wykorzystane w ocenie biodostępności WWA z gleb oraz czy wyznaczone frakcje materii organicznej mają znaczenie w tym procesie?

Na końcu pracy doktorskiej w rozdziale 5, autorka formułuje 13 wniosków, w tym 5 z etapu metodycznego oraz 8 z etapu badań środowiskowych. Analiza ich treści wskazuje, że są one poprawne pod względem merytorycznym i znajdują potwierdzenie w otrzymanych wynikach.

#### **4. Wniosek końcowy**

Podsumowując prezentowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi. W świetle powyższej oceny, rozprawa spełnia aktualne wymagania merytoryczne i formalne, które zostały określone w art. 13 Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym z 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65 poz. 595 wraz późniejszymi zmianami). Wnoszę więc do Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach o dopuszczenie mgr Aleksandry Ukalskiej - Jarugi do kolejnych etapów postępowania doktorskiego.

Ponadto, pracę mgr Aleksandry Ukalskiej - Jarugi oceniam bardzo wysoko. Dlatego też mając na uwadze wysoką jakość prowadzonych badań, dobrze udokumentowane i szczegółowo opisane wyniki oraz przede wszystkim ich wysoką wartość naukową wnoszę do Rady Naukowej IUNG-PIB o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Ukalskiej – Jarugi.

