

Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. UR
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28
Tel. (012) 662-40-29, e-mail: andrzej.walega@urk.edu.pl

Kraków 22.07.2019 r.

Administracja
Wydziału Inżynierii Środowiska
Wpłynęło dn. 24 LIP. 2019
Nr. 1414 szt.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Agnieszki Greli

pt.:

„Badanie zdolności usuwania fosforanów z wód drenarskich z zastosowaniem materiałów reaktywnych”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, dra hab. inż. Stanisława M. Rybickiego, prof. PK z dnia 13 czerwca 2019 roku (pismo Ś0-520-1120/19.RKP). Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Greli na temat: „Badanie zdolności usuwania fosforanów z wód drenarskich z zastosowaniem materiałów reaktywnych” stanowi uchwała z dnia 12 czerwca 2019 roku Rady Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

2. Ogólna charakterystyka i ocena formalna rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana w Katedrze Inżynierii i Gospodarki Wodnej przez mgr inż. Agnieszkę Greli pod opieką naukową promotora dra hab. inż. Janusza Mikuły, prof. PK i promotora pomocniczego dra inż. Adama Jarząbka.

Praca liczy łącznie 193 strony wraz z załącznikami i podzielona jest na 12 rozdziałów głównych wraz z podrozdziałami. Praca zawiera 56 tabel oraz 47 rycin, obszerny spis wykorzystanej literatury zawierający wykaz 302 publikacji naukowych, książek i raportów, w tym 3 normy branżowe. Do egzemplarza pracy dołączono załączniki w postaci tabel. Z pośród wspomnianych 302 pozycji literatury, 85 stanowią opracowania w języku polskim, a pozostałe w angielskim. Opracowanie przez Doktorantki tak ogromnej ilości źródeł informacji wymagało dużego nakładu pracy. Zatem dobór literatury i jej opracowanie oceniam bardzo pozytywnie.

Pierwszy z rozdziałów zatytułowany „Wprowadzenie i cel pracy”, zawiera informacje wprowadzające w tematykę związaną ze znaczeniem fosforanów dla organizmów żywych ale także o zagrożeniu jakie stwarza jego nadmiar w środowisku. W rozdziale tym krótko

opisano wpływ rolnictwa na wielkość ładunku fosforanów wprowadzanych do wód. To pozwoliło na uzasadnienie tematyki pracy związanej z badaniami nad metodami pozwalającymi na ograniczenie wielkości stężeń fosforu zawartego w odpływach drenarskich a zatem ich niekorzystnego wpływu na wody powierzchniowe. W dalszej części tego rozdziału wymieniono rozwiązania do ograniczania wpływu fosforanów na wody powierzchniowe. W końcowym fragmencie tego rozdziału sformułowano cel badawczy oraz tezę badawczą i przedstawiono zakres pracy. Rozdziały 2 i 3 stanowią swoisty przegląd literatury dotyczący problematyki ograniczenia stężeń fosforanów w wodach drenarskich. W rozdziale 2 „Transport fosforu ze źródeł rolniczych do środowiska wodnego” scharakteryzowano źródła pochodzenia fosforanów w odpływie z wód drenarskich, opisując problem stosowania nawozów organicznych i mineralnych, scharakteryzowano formy fosforu w glebie, dzieląc go na formy łatwo rozpuszczalne, organiczne i nieorganiczne. Omówiono także drogi transportu fosforanów do środowiska wód powierzchniowych oraz roczną zmienność ładunku tego związku odprowadzaną do wód powierzchniowych. W tym fragmencie pracy opisano szczegółowo badania Igrasa i in. (2008) i przedstawiono klasyfikację jakościową wód drenarskich w odniesieniu do stężeń fosforanów. Rozdział 3 „Materiały reaktywne wykorzystywane do usuwania fosforanów” przedstawia stosowane materiały reaktywne opisywane w światowej literaturze. Skupiono się głównie na charakterystyce zeolitów i opisano przykłady eksperymentów laboratoryjnych, których celem była ocena tego materiału pod kątem skuteczności usuwania głównie fosforanów. Końcowe podrozdziały opisują techniczne rozwiązania, wraz z przykładami, stosowania filtrów zawierających materiały reaktywne do usuwania fosforanów w odpływie z różnych obiektów. W rozdziale 4 „Metodyka, zakres i wyniki badań doświadczalnych” omówiono zastosowaną w pracy metodykę badań. W tej części rozprawy scharakteryzowano tok postępowania przy prowadzeniu analiz laboratoryjnych i kameralnych, opisano dwa materiały wykorzystane w analizie, a więc tuf filipowicki i metakaolin, opisano dwa mechanizmy syntezy zastosowane przy modyfikacji wspomnianych zeolitów oraz założenia dotyczące eksperymentu usuwania fosforanów z wód drenarskich związane z dawką początkową fosforanów, stężenia wodorotlenku wapnia oraz pH roztworu początkowego. W dalszej części rozdziału opisano metodykę oznaczania tekstury porowatej, składu mineralnego, chemicznego i morfologii próbek zmodyfikowanych w poprzednim etapie badań materiałów reaktywnych. Na końcu krótko omówiono zastosowane metody oceny wyników dokładności badań laboratoryjnych. Rozdział 5 przedstawia wyniki badań uzyskane w trakcie eksperymentów laboratoryjnych nad skutecznością usuwania fosforanów z wód drenarskich przy wykorzystaniu dwóch materiałów reaktywnych zmodyfikowanych w trakcie procesu syntezy. Na wstępie dokonano szczegółowej charakterystyki wyników badań chemicznych, tekstury i morfologicznych uzyskanych materiałów, co w efekcie pozwoliło na wybór materiału do analiz, po czym

opisano wyniki analiz skuteczności usuwania fosforanów ze wspomnianych wód dla różnych wariantów dotyczących zastosowanego materiału reaktywnego, dawki początkowej wodorotlenku wapnia, stężenia początkowego fosforanów i czasu kontaktu wód z materiałem reaktywnym. W rozdziale 6 przedstawiono ogólne informacje nt modeli matematycznych, a w rozdziale 7 przedstawiono metodykę identyfikacji parametrów modelu statystycznego pozwalającego na ocenę skuteczności redukcji fosforanów z wód drenarskich przy różnych warunkach początkowych oraz poszczególne etapy opracowywania modelu. Model ten został opracowany na bazie danych eksperymentalnych uzyskanych w trakcie eksperymentu laboratoryjnego. Kończącym efektem uzyskanym z badań zaprezentowanych w tym rozdziale było przedstawienie finalnej postaci szczegółowych równań opisujących stężenia fosforanów dla różnych czasów kontaktu wód z materiałami reaktywnymi. Finalnie porównano wyniki dla obu materiałów. W rozdziale 8 zatytułowanym „Podsumowanie i wnioski” Doktorantka w sposób syntetyczny przedstawiła zakres wykonanych prac oraz wnioski z przeprowadzonych badań. Rozdział ten kończy szereg propozycji dalszych badań nad zastosowaniem materiałów reaktywnych w zagadnieniach środowiskowych. Pracę kończy wykaz literatury wykorzystanej w pracy, spis tabel i rysunków oraz załączniki. Zgodnie z wymogami art. 13 ust. 6 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, rozprawa została opatrzona streszczeniem w języku angielskim.

Praca zawiera wszystkie wymagane elementy rozprawy doktorskiej, ma charakter naukowo-badawczy, a także aplikacyjny. Na pochwałę zasługuje umieszczenie na początku pracy spisu stosowanych skrótów i symboli, co znacznie ułatwia czytelnikowi poruszanie się w tekście i jego zrozumienie. Uwagi ogólne, co do układu pracy: 1) Uważam, że podrozdziały 4.3.1 i 4.3.2 zawarte w metodyce badań mają charakter teoretyczny i powinny stanowić przegląd literatury. Z treści tych podrozdziałów nie wynika jednoznacznie jakie metody syntezy zastosowano w dysertacji, 2) Rozdział 6 powinien być umieszczony znacznie wcześniej, np. przed metodyką badań, gdyż stanowi swoisty przegląd literatury nt modelowania matematycznego. Generalnie przy czytaniu pracy można odnieść wrażenie, że układ jest nieco chaotyczny. Treści podrozdziałów opisujących aspekty teoretyczne badanego zagadnienia mieszają się z podrozdziałami prezentującymi szczegółowe wyniki badań.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena istotności tematyki oraz celów, materiałów i metod

W wyniku działalności rolniczej, dążącej do maksymalizowania produkcji, do agroekosystemów wprowadzane są znaczne ilości składników biogenych w formie nawozów naturalnych i sztucznych, które nie w pełni wykorzystane przemieszczają się w środowisku. Mogą być także wymywane w głąb profilu glebowego, a następnie przenikać do wód powierzchniowych i gruntowych, co stanowi zagrożenie dla ich jakości. Świadome i racjonalne wykorzystanie zasobów środowiska naturalnego, a także jego kształtowanie wymaga znajomości mechanizmów zmian najbliższego otoczenia. W odniesieniu do środowiska przyrodniczo-rolniczego konieczna jest znajomość procesów wymiany wody, energii cieplnej i materii w atmosferze, biosferze, hydrosferze, pedosferze i litosferze. Systemy melioracyjne powodują zmiany w strukturze gleby, zasobach wodnych zlewni, mikroklimacie, a w szczególności regulują poziom wody w glebie, likwidują wysięki i źródłiska, przyspieszają odpływ w rejonach zasilanych wodami obcymi i prowadzą do zmian w krajobrazie naturalnym. Jednym z istotnych elementów wpływających na bilans wodny w glebie jest odpływ wody z systemu drenarskiego. Drenowanie użytków rolnych przyspiesza odpływ wody oraz intensyfikuje wymywanie składników z gleb, co jest szczególnie widoczne w przypadku drenowania gleb lekkich. W wodach odpływających systemami drenarskimi często obserwuje się podwyższoną koncentrację substancji biogenych będących podstawowymi składnikami nawozów.

Od wielu lat powszechnie w inżynierii środowiska stosuje się zeolity. Wykorzystuje się je w procesach uzdatniania wody czy oczyszczania ścieków komunalnych. Własności zeolitów dają możliwość ich wykorzystania, jako elementu złoża gruntowego, pełniącego rolę bariery ochronnej dla wód gruntowych, w celu zabezpieczenia ich przed przedostawaniem się zanieczyszczeń z infiltrujących wód (głównie metali ciężkich czy związków biogenych). W tym kontekście uważam za słuszne podjęcie przez Doktorantkę badań nad możliwością wykorzystania modyfikowanych zeolitów w celu ograniczenia stężenia fosforanów odprowadzanych z wodami drenarskimi. Doktorantka postawiła następujący cel pracy: *„Celem naukowym niniejszej rozprawy jest eksperymentalne poszukiwanie i wykazanie, że zmodyfikowane materiały reaktywne mogą zostać wykorzystane do usuwania fosforanów z wód drenarskich.”* Uważam, że jest on poprawny, jednak można zastanawiać się czy sformułowanie „eksperymentalne poszukiwanie” jest niezbędne do wyartykułowania w celu pracy. Badania eksperymentalne były niejako narzędziem do wykazania wpływu materiałów reaktywnych na usuwanie fosforanów. Autorka postawiła tezę badawczą: *„możliwe jest wykorzystanie zmodyfikowanych materiałów reaktywnych do usuwania fosforanów z wód drenarskich”*, którą uważam za poprawnie sformułowaną.

Jak wspomniano w pkt 2 recenzji, Doktorantka bardzo rzetelnie podbudowała swoje badania wiedzą zdobytą w wyniku przestudiowania bardzo licznej literatury. Uważam, że dobór literatury jest właściwy do problemu omawianego w pracy. Szczególnie dużo uwagi Doktorantka poświęciła formom występowania fosforu w glebie, transporcie tego wskaźnika oraz stosowanym materiałom reaktywnym do redukcji fosforanów. W tej części pracy Autorka przede wszystkim korzystała ze źródeł obcojęzycznych. Mimo, że tło literaturowe w pełni odnosi się do tematyki pracy i oceniam ten aspekt dysertacji bardzo pozytywnie to jednak szkoda, że Doktorantka nie wspomniała o innych sposobach ograniczania stężeń związków biogenych w odpływach z wód drenarskich, jak choćby poprzez zmiany rozstawy drenów czy zabiegi agrotechniczne. Przykład takich badań opisany jest w pracy: *Durkowski T., Lipinski J. 2010. Stężenia i ładunki składników chemicznych w odpływach w warunkach Pomorza Zachodniego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 548 (1)*. W tym kontekście nasuwa się pytanie do Doktorantki: Jak Pani ocenia możliwość redukcji stężenia i ładunku związków biogenych, głównie fosforanów, poprzez wykorzystanie zabiegów agrotechnicznych czy zmiany parametrów projektowych systemu odwodnienia w porównaniu do skuteczności materiałów reaktywnych?

Bazując na wiedzy jaką Doktorantka uzyskała po przeanalizowaniu licznych doniesień literaturowych, zaplanowała metodykę i eksperymenty laboratoryjne w celu potwierdzenia lub obalenia tezy badawczej. Szczegółowa metodyka przeprowadzenia wspomnianych eksperymentów została przedstawiona w rozdziale 4. Badania przeprowadzono dla różnych założeń: różnych początkowych stężeniach fosforanów w wodach drenarskich (około 1,0; 3,2 i 7,0 mg·dm⁻³), różnych zakresach odczynu pH, dwóch surowcach pochodzenia naturalnego (tuf filipowicki i metakaolin), materiałach reaktywnych i ich zmodyfikowanych formach; dawkach materiału reaktywnego ustalonego w oparciu o doniesienia literaturowe; różnych czasach kontaktu zmodyfikowanych materiałów reaktywnych z wodami drenarskimi o różnym stężeniu początkowym fosforanów. W celu przekształcenia tufu filipowickiego i metakaolinu w materiał reaktywny zastosowano metodę fuzji i metodę niskotemperaturową oraz modyfikując materiały reaktywne różnymi stężeniami wodorotlenku wapnia. Wszystkie badane materiały naturalne, reaktywne i zmodyfikowane reaktywne poddano ocenie w aspekcie tekstury (powierzchnię właściwą, objętość całkowitą porów, objętość mikroporów i mezoporów) zgodnie ze stosownymi normami. Skład mineralny próbek określono za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej, skład fazowy próbek określono rentgenograficznie metodą proszkową. Morfologia próbek została przeanalizowana w wykorzystaniem mikroskopu skaningowego JEOL JSM-820, z kolei skład chemiczny próbek oznaczono metodą fluorescencji rentgenowskiej. Właściwe eksperymenty dotyczące skuteczności usuwania fosforanów z wód drenarskich przeprowadzono metodą statyczną w układzie zamkniętym dla dwóch zmodyfikowanych materiałów reaktywnych: CaTF – tyfu filipowickiego

po syntezie metodą fuzji modyfikowany 0,25 M Ca(OH)_2 oraz CaMN – metakaolin po syntezie niskotemperaturowej modyfikowany 0,25 M Ca(OH)_2 . Uważam, że eksperymenty laboratoryjne zostały poprawnie zaplanowane oraz przeprowadzone, co w efekcie pozwoliło na wyselekcjonowanie dwóch materiałów, które poddano właściwej analizie. Ze względu na specyfikę badań, część analiz została wykonana przez jednostki zewnętrzne dysponujące odpowiednio zaawansowaną aparaturą, co w tym przypadku jest najzupełniej zrozumiałe. Głównie kryterium jakie decydowało o wyborze metody do otrzymania danego materiału reaktywnego była wielkość powierzchni właściwej. Wstępne analizy skuteczności usuwania fosforanów z wód drenarskich pozwoliły na wskazanie, że najkorzystniejsze jest zastosowanie roztworu wodorotlenku wapnia o stężeniu 0,25 M. Ponadto badania wykazały, że najwyższą skuteczność usuwania fosforanów wynoszącą 82% uzyskano dla CaTF przy czasie kontaktu 144h i najwyższej dawce materiału reaktywnego. Nieco niższą skuteczność uzyskano dla drugiego materiału CaMN także przy największej dawce i czasie kontaktu 144h. Wyniki badań laboratoryjnych stały się podstawą budowy modelu teoretycznego opartego na funkcji wykładniczej – stężenie fosforanów w czasie eksperymentu zmniejszało się wykładniczo do pewnej wartości ustalonej. Parametry funkcji, a więc stężenie początkowe modelowe fosforanów, stężenie ustalone fosforanów (końcowe), stała czasowa są uzależnione od stężenia początkowego fosforanów i dawki materiału reaktywnego. Zostały one określone dla każdego analizowanego wariantu za pomocą oprogramowania Wolfram Alpha. W tym etapie pracy Doktorantka zaproponowała autorską modyfikację modelu, wykorzystując w wariacie podstawowym regresję wielokrotną do oszacowania wartości wspomnianych powyżej parametrów modelu. W kolejnych wariantach przyjęto założenie, że wartości parametrów nie muszą zmieniać się liniowo oraz poszukiwano takiej postaci funkcji, która wymaga ustalenia relatywnie niewielkiej liczby współczynników zachowując jednocześnie wysoką jakość modelu w aspekcie opisu danych empirycznych. Analizę przeprowadzono dla trzech wariantów modeli z których każdy z nich różnił się liczbą poszukiwanych parametrów. Ostatecznie przyjęto model o 6 parametrach dla materiału CaTF i 8 dla CaMN. Etap całego procesu opracowania modelu usuwania fosforanów jest poprawnie udokumentowany, co pozwala na szczegółową ocenę prawidłowości analizy. Na szczególną uwagę zasługuje adekwatny dobór metod statystycznych pozwalających na opracowanie modelu i ocenę błędów wynikających z jego stosowania.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że podjęta przez Autorkę pracy tematyka dotycząca zastosowania materiałów reaktywnych do usuwania fosforanów z wód drenarskich oraz opracowanie modelu statystycznego do szacowania skuteczności usuwania tego wskaźnika jest bardzo aktualna i potrzebna zarówno z naukowego jaki i praktycznego punktu widzenia. Cel pracy oraz teza badawcze są jasno sformułowane. Metody przyjęte w pracy są prawidłowe, uzyskane wyniki są dobrze udokumentowane. Podczas studiowania pracy

nasuwają się pewne uwagi natury dyskusyjnej, które zamieszczono w punkcie 4 niniejszej recenzji.

3.2. Ocena wartości naukowej i aplikacyjnej pracy

Analizując przedstawione w rozprawie doktorskiej zagadnienia za oryginalne i najważniejsze osiągnięcia naukowe i aplikacyjne uznaję:

1. Wnikliwe i krytyczne przeanalizowanie literatury krajowej i zagranicznej związanej z zastosowaniem materiałów reaktywnych do usuwania fosforanów z zanieczyszczonych wód oraz metod syntezy wspomnianych materiałów
2. Wykazanie, że CaTF – tuf filipowicki po syntezie metodą fuzji modyfikowany 0,25 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oraz CaMN – metakaolin po syntezie niskotemperaturowej modyfikowany 0,25 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ najlepiej nadają się jako materiały reaktywne do usuwania fosforanów z wód drenarskich
3. Określenie skuteczności usuwania fosforanów w zależności od zastosowanego zmodyfikowanego materiału reaktywnego, stężenia początkowego fosforanów, dawki materiału i czasu kontaktu
4. Opracowanie autorskiego modelu do szacowania wielkości usuwania fosforanów z wód drenarskich w zakresie dawek: 2,5 do 10 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz stężeń początkowych fosforanów od 1,0 do 7,0 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

4. Uwagi krytyczne

4.1. Uwagi ogólne

Podczas studiowania dysertacji dostrzeżono kilka nieścisłości, które z obowiązku recenzenta chciałbym przekazać Autorowi:

1. Str. 21, w 3-4^g oraz 5-7^g: dlaczego uznano, że graniczne stężenie fosforanów w odpływie w wód drenarskich na poziomie 0,7 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ jest ważne z punktu widzenia procesu eutrofizacji? Brak stosownego uzasadnienia wyboru takiej wartości stężenia. Ponadto w oparciu o pracę (Igras i in 2008) wymieniono zlewnie, w których stężenia fosforanów przekraczają wspomnianą wcześniej wartość graniczną. Nie wymieniono jednak zlewni nr 38, 6 i 8, w których stężenie fosforanów jest większe od 0,7 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a wymieniono np. zlewnię nr 39, gdzie stężenie wynosi 0,2 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Proszę uściślić wybór zlewni.
2. Uważam, że w metodyce (Rozdział 4) powinny się znaleźć informacje o procedurze budowy modelu statystycznego przemian zanieczyszczeń. W obecnej wersji pracy te informacje są w rozdziałach 7.2 i 7.3 opisujących wyniki badań. W opinii recenzenta wprowadza to nieco chaosu w układzie pracy.

3. Str. 69-71. Analizując wpływ pH roztworu na wielkość bezwzględnego błędu procentowego BBP Autorka obliczyła, że jedynie około 4,6% wszystkich wyników ma błąd BBP przekraczający 10%, zatem pH roztworu nie wpływa na skuteczność eliminacji fosforanów. Proszę uzasadnić powód wybrania progu błędu wynoszącego 10%. Czy zastosowanie innej metody porównania wpływu pH roztworu na wielkość błędu, np. metody ANOVA, było by zasadne i pozwoliło by na uzyskanie właściwych wyników? Trzeba pamiętać, że metody statystyczne pozwalają na obiektywny osąd dotyczący badanych procesów oczywiście na założonym poziomie istotności.
4. Str. 84, Tab. 6.1: Uważam, że tabela z podaną klasyfikacją modeli jest niekompletna. Brak np. kryteriów dotyczących stosowanych metod badawczych, czy wartości poznawczych modelu.
5. Rozdział 7.4: Autorka przedstawiła ewolucyjne podejście do budowy autorskiego modelu opisującego zmiany stężenia fosforanów przy różnych warunkach brzegowych. W opinii recenzenta ta część pracy, bardzo istotna, jest zbyt mało czytelna. Proponuje dodatkowo umieścić rysunek ze schematem postępowania, tzw. flowchart, który pozwalałby na przedstawienie w sposób logiczny i przejrzysty całego toku postępowania. Ten rozdział, a przynajmniej jego część teoretyczna, powinien być umieszczony w metodyce.
6. Str. 104, Jaka była przesłanka do przyjęcia ogólnych postaci równań 7.14-7.15, 7.17? W opinii recenzenta brakuje dyskusji wyników w części pracy dotyczącej opracowywania modelu. Czy podobne podejścia są stosowane przez innych badaczy? Wzbogacenie tego rozdziału w dyskusję wyników być może pozwoliłoby na uzasadnienie wyboru wspomnianych wcześniej postaci równań.
7. Autorka często używa sformułowania „mierniki stopnia dopasowania modelu”. Uważam, że poprawnie powinno być „miary stopnia dopasowania modelu”
8. W tabelach 7.3-7.8, 7.11-7.16 powinna pojawić się informacja o istotności statystycznej wyznaczonych współczynników w równaniach regresji wielokrotnej, wartości współczynnika korelacji wielokrotnej R i jego istotności.
9. Ważnym osiągnięciem w pracy jest wykazanie, że autorski model opisujący usuwanie fosforanów z wód drenarskich dla materiału CaTF uzyskał lepszą jakość w stosunku do modelu dla CaMN. Brakuje jednak pogłębionej dyskusji wyników, która mogłaby wyjaśnić zależności między parametrami modelu. Wydaje się, że słusznym byłoby odnieść się do wyników przedstawionych w rozdziale 5.2, opisujących tekturę, skład chemiczny czy morfologię zastosowanych materiałów. Czy zdaniem Doktorantki wymienione czynniki mogą mieć wpływ na wybór postaci modelu? Ważnym dopełnieniem analizy byłaby także ocena niepewności modelu.

10. Str. 143, wniosek V.: Uważam, że wniosek ten ma wyłącznie charakter informacyjny co do przyjętej metodologii i nie odnosi się do kluczowych osiągnięć w pracy. Powinien zatem być usunięty.

4.2. Uwagi szczegółowe

W pracy zauważono kilka nieprawidłowości redakcyjnych, z których najważniejsze to:

Str. 11, w 4^g: brak pozycji Iras, 2008 w spisie literatury

Str. 21, w 7^g: sugeruję: „... oraz jesiennych wytypowano zlewnie o numerach ...”

Str.24, tab 3.1: brak w spisie literatury pozycji Sukias, 2005

Str. 39, w 10^g: winno być: „T. Suchecki [2005] ...”

Str. 78, w 7^d: jest: „...[Kaczmarczyk i Bus, 2014b].” W spisie literatury brak jest jednak pozycji Kaczmarczyk i Bus, 2014a

Str. 120, tab. 7.9, str. 121, tab. 7.10: w kolumnie ostatniej jest: „Liczba wyznaczonych”, powstaje pytanie czego wyznaczonych?

Proszę aby Autorka pracy w trakcie obrony nie ustosunkowywała się do uwag szczegółowych. Omówione niedociągnięcia, drobne potknięcia edycyjne oraz uwagi dyskusyjne nie umniejszają jednak merytorycznej wartości pracy, którą oceniam bardzo wysoko. Uwzględnienie przez Doktorantki wymienionych w niniejszej recenzji uwag pozwoli na udoskonalenie warsztatu pisarskiego oraz pozwoli na uniknięcie różnych uchybień i niedociągnięć na etapie przygotowania publikacji, bądź referatów konferencyjnych.

Pomimo wymienionych uwag, uzyskane wyniki badań, ich opracowanie analityczne oraz wnioskowanie pozwalają na stwierdzenie, że Autorka zrealizowała postawiony w rozprawie cel naukowy, a użyta metodologia była właściwa i odpowiadała aktualnemu stanowi wiedzy naukowej i technicznej. Uzyskane w pracy rezultaty są bardzo ważne dla praktyki. Przedstawione w zakończeniu rozprawy wnioski dają odpowiedź na postawioną tezę badawczą oraz cel pracy. Oceniana praca posiada duże walory naukowe i aplikacyjne.

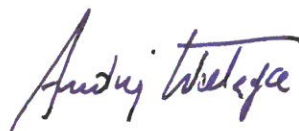
5. Ocena końcowa

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy zagadnień związanych z możliwością zastosowań zmodyfikowanych materiałów reaktywnych do usuwania fosforanów z wód drenarskich. Na podkreślenie zasługuję wykazanie, że materiały reaktywne, zwłaszcza CaTF skutecznie przyczyniają się do usuwania fosforanów z wód drenarskich oraz opracowanie autorskiego modelu do opisu zmian stężenia fosforanów w zależności od przyjętych warunków początkowych i brzegowych. Jest ona oryginalnym opracowaniem i cechuje ją

duży stopień przydatności dla praktycznego wykorzystania. Mgr inż. Agnieszka Grela wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz wysokimi umiejętnościami samodzielnego planowania oraz realizacji badań naukowych.

Biorąc pod uwagę walory naukowe, poznawcze oraz aplikacyjne recenzowanej rozprawy doktorskiej pt. „Badanie zdolności usuwania fosforanów z wód drenarskich z zastosowaniem materiałów reaktywnych” stwierdzam, że spełnia ona wszystkie wymagania określone w art. 13, ust. 1 stawiane rozprawom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Agnieszki Greli do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

Kraków, dnia 22 lipca 2019 r.



.....
Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. UR