

dr hab. Marta Pogrzeba, prof. IETU  
Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych  
ul. Kossutha 6  
40-844 Katowice

Katowice, 01.07.2022 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Barbary Kludii Klik  
pt. „Wykorzystanie substancji o właściwościach myjących pozyskiwanych z komunalnych osadów ściekowych do remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi”

wykonanej na Wydziale Geoinżynierii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Doroty Kulikowskiej, prof. UWM oraz promotora pomocniczego dr hab. inż. Mariusza Gusiatina, prof. UWM.

### Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo (WNoŚ-DZ.53.2.2022) Pana prof. dr hab. inż. Marcina Dębowskiego Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 2 czerwca 2022 roku.

### Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Powierzona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Barbary Kludii Klik została wykonana pod opieką naukową promotor dr hab. inż. Doroty Kulikowskiej, prof. UWM oraz promotora pomocniczego dr hab. inż. Mariusza Gusiatina, prof. UWM. Opisane w doktoracie badania były finansowane ze środków MEiN w ramach prac statutowych jednostki (projekty nr 18.610.006-300 oraz nr. 29.610.024-110) oraz grantu NCN - Nr 2017/27/N/ST8/00255 „Wpływ środków myjących pozyskiwanych z osadów ściekowych na usuwanie metali ciężkich i wartość nawozową gleby” uzyskanego w konkursie Preludium 14, w którym Pani mgr inż. Barbara Klik była kierownikiem. Ponadto koszty Open Access wybranych publikacji sfinansowano ze środków pozyskanych z programu MEiN „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2022 (projekt nr 010/RID/2018/19).

Biorąc pod uwagę, że wszystkie publikacje zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie doktorskiej zostały rzetelnie opracowane i pozytywnie ocenione przez recenzentów w procesie publikacyjnym i opublikowane w bardzo dobrych czasopismach naukowych o szerokim zasięgu międzynarodowym i wysokim współczynniku oddziaływania, skupię się na ocenie formalnej oraz merytorycznej rozprawy doktorskiej.

### Ocena formalna

Przedstawiona do oceny dysertacja naukowa mgr inż. Barbary Klik, zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami (tekst jednolity – Dz. U. 2017 r., poz. 1789), stanowi

cykl pięciu powiązanych tematycznie oryginalnych prac. Rozprawę doktorską opatrzone tytułem „Wykorzystanie substancji o właściwościach myjących pozyskiwanych z komunalnych osadów ściekowych do remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi” zaś przedział czasowy publikacji manuskryptów to lata 2020 – 2022.

Dysertacja, napisana w języku polskim liczy 128 stron. W skład jej wchodzi zbiór pięciu spójnych artykułów:

1. Klik B., Kulikowska D., Gusiatin Z.M., Pasieczna-Patkowska S., 2020. Washing agents from sewage sludge: Efficiency of Cd removal from highly contaminated soils and effect on soil organic balance. *Journal of Soils and Sediments*, 20(1), 284-296., IF: 3,308; MEiN: 100.
2. Klik B., Kulikowska D., Gusiatin Z.M., 2022. Flushing of soils highly contaminated with Cd using various washing agents derived from sewage sludge. *Energies*, 15(1), 349., IF: 3,004; MEiN: 140.
3. Klik B., Gusiatin Z.M., Kulikowska D., 2021. A holistic approach to remediation of soil contaminated with Cu, Pb and Zn with sewage sludge-derived washing agents and synthetic chelator. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127664, IF: 9,297; MEiN: 140.
4. Klik B., Gusiatin Z.M., Kulikowska D., 2021. Kinetics of Cu, Pb and Zn removal during soil flushing with washing agents derived from sewage sludge. *Scientific Reports*, 11, 10067, IF: 4,379; MEiN: 140.
5. Klik B., Gusiatin Z.M., Kulikowska D., 2021. Quality of heavy metal-contaminated soil before and after column flushing with washing agents derived from municipal sewage sludge. *Scientific Reports*, 11, 15773, IF: 4,379; MEiN: 140.

Doktorantka we wszystkich pracach jest pierwszym autorem, a jej wkład w powstanie publikacji wynosi od 51% do 60%, co wskazuje na wiodącą jej rolę w prowadzeniu przedstawionych w rozprawie doktorskiej badań. Sumaryczny IF dysertacji wynosi 24,367, zaś punkty MEiN to 660. Jednocześnie potwierdzają to załączone do dysertacji oświadczenia wszystkich współautorów publikacji, w których jednoznacznie wskazano na rolę Doktorantki w opracowaniu koncepcji badań, wykonanie analiz, opracowanie danych, interpretację wyników oraz przygotowanie manuskryptów. Cykl publikacji poprzedzony został zwięzłymi i starannie przygotowanymi streszczeniami w językach polskim i angielskim, które obejmują wprowadzenie do istoty problemu zarówno w zakresie środowiska glebowego jak i związków wykorzystywanych w procesie remediacji gleb, sformułowano dwie hipotezy badawcze oraz cel naukowy badań. Kolejne istotne elementy streszczenia stanowią opisy etapów badań uzupełnione o schemat, omówienie uzyskanych wyników badań oraz weryfikacja hipotez badawczych. Rozprawa zakończona jest spisem 58 pozycji najnowszej literatury, którą wykorzystano do przygotowania streszczeń, z czego 10% manuskryptów powstało w zespole, w którym Doktorantka prowadziła swoje badania dotyczące wykorzystania substancji o właściwościach myjących z osadów ściekowych do remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

## Ocena merytoryczna

Zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi jest problemem występującym szeroko w Europie jak i na świecie. Badania Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska potwierdzają, że aż 35% gruntów w Europie zanieczyszczonych jest związkami nieorganicznymi. Obszary te mogą obejmować zarówno miejsca dawnej działalności przemysłowej, jak również obszary rolnicze, znajdujące się w ich sąsiedztwie. Wśród istotnych nieorganicznych zanieczyszczeń gleb i gruntów można wyróżnić metale ciężkie. Obecność metali ciężkich w glebie w ilościach przekraczających dopuszczalne normy powoduje iż tereny te zostają wyłączone z produkcji rolniczej na cele żywnościowe, przy jednoczesnym braku skutecznych metod przywrócenia ich do powtórnego użytkowania. Silne zanieczyszczenie gleb powoduje spadek bioróżnorodności, zahamowanie wzrostu roślin, wysokie ryzyko migracji zanieczyszczeń, przede wszystkim poprzez erozję wietrzną oraz ich wymywanie do wód podziemnych. Ponadto, zanieczyszczenia chemiczne gleb (w tym metale ciężkie) wpływają negatywnie na bytujące w nich organizmy żywe, powodując eliminację gatunków wrażliwych, nadmierny rozwój organizmów opornych, a w konsekwencji prowadzą do zaburzeń w obiegu materii i energii, uniemożliwiając prawidłowe jej funkcjonowanie. W przesłanej w listopadzie 2021 roku przez Komisję Europejską do Parlamentu Europejskiego „Strategii glebowej UE do roku 2030 - korzyści ze zdrowej gleby dla ludzi, żywności, przyrody i klimatu” wskazano w celach krótkoterminowych do 2030 roku znaczący wzrost działań dotyczących remediacji terenów zanieczyszczonych. W celach długoterminowych do 2050 roku wskazano osiągnięcie redukcji zanieczyszczenia gleby do poziomów, które nie są szkodliwe dla zdrowia ludzkiego i ekosystemów oraz stworzenie środowiska wolnego od zanieczyszczeń.

Gleby silnie zanieczyszczone metalami ciężkimi stanowią duże zagrożenie dla otaczającego środowiska, a poszukiwanie atrakcyjnych ekonomicznie i przyjaznych dla środowiska rozwiązań technologicznych ograniczających ich szkodliwy wpływ jest w pełni uzasadnione. Zanieczyszczenie gleb metalami w Polsce wynika głównie z działalności przemysłu wydobywczego i przetwórczego metali nieżelaznych oraz energetyki i przemysłu chemicznego. Szczególne nasilenie tych zjawisk występuje w południowo-zachodnich rejonach Polski. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie działań naprawczych, określa się następujące sposoby przeprowadzania remediacji – dla szkód w środowisku w powierzchni ziemi tj. usunięcie zanieczyszczenia, przynajmniej do dopuszczalnej zawartości w glebie i w ziemi substancji powodujących ryzyko, o której mowa w rozporządzeniu wydanym na podstawie art. 101a ust. 5 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2016 r. poz. 672, 831, 903 i 1250). Co znaczy dosłownie, że obszary, na których stwierdza się przekroczenie obowiązujących standardów jakości gleb winny być oczyszczone do stanu określonego standardami jakości. Spełnienie tego wymogu może stanowić poważny problem ze względu na wysokie koszty remediacji oraz ograniczone poziomem zanieczyszczeń możliwości wykorzystania wielu technik. Dlatego też poszukiwanie tanich i bezpiecznych dla środowiska metod oczyszczania gleb, zwłaszcza wykorzystujących produkowane w innych gałęziach gospodarki odpady, jest niezwykle pożądane. Wśród

dostępnych metod remediacji gleby wymienić można metody chemiczne wykorzystujące wymywanie, a w zasadzie fugowanie metali z gleb przy użyciu związków chemicznych. Związki te mogą być wprowadzane do gleby w postaci kwasów, związków chelatujących czy niekonwencjonalnych środków myjących, tworząc z metalem trwałe połączenia i w takiej formie są wymywane z gleby. Wadą jednak niektórych z tych rozwiązań jest nie tylko zniszczenie życia biologicznego gleby tzw. mikrobiomu, ale także usunięcie z niej ważnych z punktu widzenia żywienia i wzrostu roślin makroelementów, materii organicznej czy też trwałość substancji ekstrahujących metale w środowisku i ich powolny rozkład. Gleba wprawdzie po takim procesie jest oczyszczona z metali ciężkich, jednakże pozbawiona substancji odżywczych dla roślin, de facto staje się bezużytecznym podłożem.

Cyrkularne zarządzanie terenami przemysłowymi w zależności od stopnia zanieczyszczenia i dostępnych technik remediacji polega również na włączeniu idei Gospodarki Obiegu Zamkniętego, w której każdy element niezależnie czy jest produktem czy odpadem z produkcji zostaje uznany jako część zasobu, który w środowisku może znaleźć swoje zastosowanie. Zatem idea cyrkularnego zarządzania dobrami wpisana również w strategię europejskiej biogospodarki stawia przed naukowcami wyzwania znalezienia innych zastosowań produktów i odpadów znanych dotychczas. Poszukiwanie więc takich substancji/związków/kompleksowych rozwiązań i łączenie ich z wymogami Komisji Europejskiej dla zwiększenia oczyszczania i przywrócenia do ponownego użytkowania terenów zdegradowanych, w tym zanieczyszczonych, jest największym wyzwaniem obecnych czasów.

Pomimo wieloletnich badań dotyczących procesu oczyszczania gleb, prowadzonych również w zespole, w którym Doktorantka realizowała swoje prace, mechanizmy nie tylko kontrolujące mobilność metali ciężkich, które są poznane, ale wpływ czynników środowiskowych, nowe zastosowane dodatki doglebowe w procesie remediacji wymagają ciągłych i innowacyjnych prac eksperymentalnych nie tylko w warunkach kontrolowanych, ale przede wszystkim *in situ*. Badania podjęte przez Autorkę są szczególnie ważne nie tylko aby poznać jak działają nowe substancje, które mogą zwiększać wymywanie metali ciężkich z gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi, ale czy z ich wykorzystaniem możemy wzmocnić jakość gleby poprzez np. zwiększenie ich wartości nawozowej czy zawartości materii organicznej. Jest to szczególnie istotne, aby ograniczyć wykorzystanie na terenach zanieczyszczonych stosowanie nawozów mineralnych, gdyż niektóre z nich mogą wręcz mobilizować niektóre metaloidy (antagonizm związków fosforu do arsenu) i powodować niekontrolowane uwalnianie do roztworu glebowego zanieczyszczeń. Hipotezy badawcze sformułowane przez Doktorantkę, że środki myjące pozyskiwane z osadów ściekowych mogą być stosowane w remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi oraz że dystrybucja metali, bilans materii organicznej i makroskładników w oczyszczanych glebach zależy od rodzaju środka myjącego oraz metody wypełniają lukę poznawczą w zakresie badań nad wykorzystaniem nowych związków uznanych powszechnie za odpady lub mało wartościowe dla środowiska w procesach oczyszczania gleb zanieczyszczonych związkami nieorganicznymi.

Poza pięcioma publikacjami najważniejszą częścią merytoryczną pracy jest streszczenie. We wstępie Autorka wprowadza czytelnika w problem zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi przytaczając różny poziom zanieczyszczenia gleb w Europie i na świecie w zakresie pierwiastków przebadanych w doświadczeniach. Odnosi się również do stężeń tych pierwiastków stwierdzonych w Polsce oraz prawodawstwa europejskiego i krajowego, które nakazuje takie gleby przywrócić do stanu przed powstaniem zanieczyszczenia. Kolejno charakteryzuje procesy wpływające na zachowanie się metali w kompleksie sorpcyjnym gleby oraz dostępne metody na unieruchamianie lub ekstrakcję z gleb tych zanieczyszczeń. Doktorantka szeroko omawia proces wyflukiwania metali z gleb i najnowsze badania dotyczące wykorzystania środków myjących. Tak jak podkreśla Autorka istotne jest określenie efektywności płukania zarówno w warunkach statycznych (soil washing) jak i dynamicznych (soil flushing), przy czym łatwiejsza w zastosowaniu jak i bardziej przyjazna środowisku jest metoda nie naruszająca gleby do zastosowania *in situ*. Ta część dysertacji oraz zwrócenie uwagi na konieczność, co nie było dotąd przedmiotem badań, zmiany właściwości fizyko-chemicznych włączając wartość nawozową gleby po procesie remediacji, świadczy o wnikliwym rozpoznaniu problemu i jest napisana zwięźle i zrozumiale. Brakuje mi jedynie odniesienia się choćby skrótowo, do ekonomicznych aspektów procesu, dotyczących pozyskania i zastosowania na jednostkę objętości gleby środków myjących stosowanych w remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

Szeroko przeprowadzone studia literaturowe pozwoliły na sformułowanie dwóch hipotez badawczych dla których zweryfikowania wyznaczono jeden cel naukowy. Zarówno cel, jak i hipotezy badawcze są poprawnie i logicznie sformułowane.

Badania zarówno statyczne jak i dynamiczne prowadzono na różnych pod względem składu fizyczno-chemicznego glebach (głina piaszczysto-ilasta i ilt zwykły), które pobrane zostały z obszarów rolniczych i sztucznie zanieczyszczone metalem lub ich mieszaniną oraz traktowano je w kolejnych etapach pracy jako gleby modelowe po 3 miesięcznej inkubacji. Poziom zanieczyszczenia metalami gleby ustalono w oparciu o stężenia występujące w bliskim sąsiedztwie huty Legnica dla Cu, Pb i Zn, zaś stężenie Cd ustalono na podstawie danych literaturowych dla gleb silnie zanieczyszczonych. Tutaj rodzi się moje pierwsze pytanie dlaczego Doktorantka nie zdecydowała się prowadzić swoich doświadczeń na glebie poddanej antropopresji, pochodzącej spod huty w Legnicy? Czy wynikało to z niemożliwości pozyskania takiej gleby do badań, czy też inne przesłanki zdecydowały o wyborze gleby niezanieczyszczonej, którą sztucznie zanieczyszczono? Oczywiście przy badaniach wymagających wielu powtórzeń czy też w doświadczeniach kolumnowych potrzeba jej dużo wagowo i objętościowo i wtedy podejście Doktorantki jest po części uzasadnione, choć z opisanych metod badawczych wynika, że Autorka nie potrzebowała jej dużo, jednak zdecydowanie ciężiej udowodnić efektywność metody na glebie „naturalnie” zanieczyszczonej. Wynika to nie tylko z faktu powiązania metali w różnych frakcjach i ich biodostępności, ale również wpływu czynników abiotycznych na efektywność procesu prowadzonego *in situ* na glebie zanieczyszczonej.

Pomimo powyższego pytania jednoznacznie stwierdzić można, że metodyka przyjęta do badań oraz prace eksperymentalne zostały zaplanowane prawidłowo i szczegółowo oraz wykonane bardzo starannie. Ilość oznaczeń jakie Autorka wykonała w trakcie badań i ich przygotowania w bardzo czytelnej formie do wszystkich pięciu manuskryptów była ponadprzeciętna. Pracochłonność poboru próbek i ich analizy, tak aby oznaczyć wszystkie założone parametry, które ostatecznie miały zweryfikować założone hipotezy i potwierdzić cele, była bardzo duża. To zasługuje na szczególną pochwałę zwłaszcza, że badania były prowadzone tylko w okresie 4 lat, więc można sobie wyobrazić jak długi czas Doktorantka spędziła w laboratorium na przygotowaniu próbek do oznaczeń i ich wykonaniu.

W dalszej części rozprawy doktorskiej Autorka omawia uzyskane wyniki badań w odniesieniu do przyjętych hipotez badawczych, co jest właściwe, ze względu nie tylko na ilość wykonanych badań, ale również ich wpływu na właściwości fizyko-chemiczne gleb poddanych remediacji. Dzięki temu, że każdy z badanych pierwiastków lub ich mieszanin, których dotyczył proces remediacji, jest opisany osobno, możliwe było przywołanie konkretnych publikacji, jak i odniesienie się do rodzaju przeprowadzonych badań oraz ostatecznie sformułowanie wniosków. Tak przedstawiona dyskusja wyników świadczy o kompleksowym podejściu do potwierdzenia założonych tez badawczych i bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Autorki. Ta część dysertacji jest napisana bardzo dobrze, a wyczerpująco temat rozprawy opisują załączone publikacje.

Za najważniejsze osiągnięcia Doktorantki przedstawione w rozprawie, stanowiące jednocześnie element nowości naukowej i wzbogacenie obecnego stanu wiedzy w tym zakresie uważam:

- potwierdzenie, że wszystkie środki myjące pozyskane z osadów ściekowych mogą być efektywnie stosowane w remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi, przy czym najbardziej korzystne zarówno ekonomicznie jak i środowiskowo było stosowanie środka zawierającego rozpuszczoną materię organiczną (RMO), która efektywnie wyłukiwała Cu (sprawność do 92%) i Cd (sprawność do 87%),
- potwierdzenie, że efektywność procesu wyłukiwania metali z gleby zależy od rodzaju środka myjącego, rodzaju metalu oraz warunków płukania, przy czym wyższą efektywność uzyskano w warunkach statycznych, zaś w przypadku warunków dynamicznych w reaktorze konieczne było zwiększenie natężenia przepływu środka, zaś czas utrzymania stabilnego przepływu miał mniejszy wpływ,
- wskazanie, że rodzaj frakcji chemicznych z którym metal jest związany, miał bezpośredni wpływ na całkowitą efektywność procesu, i tak w przypadku Cd była to frakcja redukcyjna i jonowymienna, zaś w przypadku Cu, Pb i Zn tylko frakcja jonowymienna,
- potwierdzenie, że dodatek środków myjących wpływa na zwiększenie zawartości materii organicznej, substancji humusowych oraz przyswajalnych dla roślin makroskładników – azotu, fosforu i potasu w glebach, przy czym wzrost ten zależny był nie tylko od rodzaju środka myjącego, ale też zastosowanych warunków płukania, najlepszy wzrost materii organicznej

i substancji humusowych w glebie uzyskano z wykorzystaniem jako ekstrahenta roztworu rozpuszczonych substancji humusowych.

Mam do Doktorantki kilka pytań dotyczących techniczno-inżynierskich aspektów zastosowanej technologii:

- dlaczego w przeprowadzonych doświadczeniach wyflukiwania metalu z gleby nie zastosowano wariantu przemywania wodą lub np. chlorkiem wapnia, który jest uznanym ekstrahentem w badaniach biodostępności metali ciężkich?

- czy brała Pani pod uwagę jaki jest udział metalu we frakcjach jonowymiennej (exchangeable), redukcyjnej (reducible), tlenkowej (oxidized) i pozostałości (residual) w glebie sztucznie zanieczyszczonej a glebie pochodzącej spod huty? Czy tylko całkowita zawartość była jedynym wyznacznikiem charakteryzującym te dwie gleby? Taka informacja dotycząca udziału frakcji metali owszem jest w Supplementary Materials w Tabeli S1 w publikacji P3, ale dotyczy ona gleby sztucznie zanieczyszczonej, nie przemywanej roztworem środków myjących i przemywanej. Moim zdaniem takie porównanie frakcji metali powinno również być zrobione z glebą naturalnie zanieczyszczonej, aby wiedzieć czy dla gleby naturalnie zanieczyszczonej udział poszczególnych frakcji jest podobny czy też różni się diametralnie.

- jaką efektywność metody możemy zakładać jeżeli metale nie będą głównie związane z frakcją jonowymienną i redukcyjną, czy można na podstawie przeprowadzonych badań przewidzieć, modelować zmiany w innych frakcjach?

- czy planuje Pani zweryfikowanie efektywności metody i ekstrahentów w glebie zanieczyszczonej w wyniku działalności antropogenicznej?

- czy ilość środków myjących dobrano badaniami przedwstępnymi, czy na podstawie literatury?

- czy sugerowano się dopuszczoną prawem dawką/czasem wprowadzania do gleby osadów ściekowych w celu nawożenia gleb (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz. U. z 2015 r. poz.257), dokładne podanie ilości makroskładników jakie można wprowadzić do gleby w okresie czasu, aby nie doprowadzić do przenawożenia gleb, a tym samym niekontrolowanego odpływu biogenów do innych elementów środowiska przyrodniczego (eutrofizacja zbiorników wodnych) lub też uwolnienia nadmiernych ilości biogenów do wód gruntowych i podziemnych w trakcie prowadzenia procesu *in situ*?

- czy wyliczono koszty metody dla 1 m<sup>3</sup> zanieczyszczonej gleby, jak zamierza się prowadzić proces *in situ* bez naruszania profilu glebowego, co w przypadku dużej immobilizacji w krótkim okresie czasu może prowadzić do zanieczyszczenia wód gruntowych i podziemnych nadmiernie uwolnioną pulą metalu w roztworze glebowym?

- jak wykonanie takiego procesu płukania gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi wygląda z punktu widzenia inżynierskiego - czy tłoczy się roztwór, który przemywa glebę pod ciśnieniem i gdzie zbiera się uwolniony z gleby metal – czy w postaci pułapek czy też na granicy warstwy nieprzepuszczalnej (gлина) czy skały macierzystej? Takie rozwiązanie daje możliwość stosowania metody *in situ*. Czy też konieczne jest dla uzyskania dużej skuteczności metody i zachowania bezpieczeństwa dla środowiska, naruszanie profilu glebowego a glebę trzeba przewozić do miejsc kontrolowanego oczyszczania?

Podsumowując, stwierdzam że praca pod względem merytorycznym nie budzi żadnych zastrzeżeń i napisana jest na bardzo dobrym poziomie naukowym, co jednoznacznie wskazuje na bardzo dobrą opiekę promotorów pracy. Istnieją pewne przesłanki do stwierdzenia, że zaproponowana metoda będzie miała duże znaczenia użytkarne, ale po doprecyzowaniu jak jej implementacja ma wyglądać w środowisku, wtedy też znacznie może przysłużyć się oczyszczaniu gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi i zwiększyć pulę gleb przywróconych do ponownego użytkowania.

#### **Dorobek naukowy Doktorantki**

Dane bibliometryczne Doktorantki w bazie Web of Science mimo, iż nie podlegają ocenie w procesie recenzji pracy doktorskiej są imponujące. Zwracam na te dane uwagę, bo jak na młodego pracownika naukowego współautorstwo w 16 publikacjach, Autorka jest pierwszym autorem w 7 pracach, wszystkie w języku angielskim (w tym 5 prac wchodzących w skład dysertacji) jest niewątpliwym osiągnięciem. Na podkreślenie zasługuje również fakt, iż spośród prac angielskojęzycznych wszystkie są z listy JCR o IF w zakresie od 2,061 do 10,588. Sumaryczny IF Doktorantki jest bardzo wysoki i wynosi 74,531, zaś suma punktów MEiN sięga aż 1870 punktów! Prace te były cytowane ponad 220 razy, w bieżącym roku aż 56 razy, a index Hirscha Pani magister wynosi 7. Doktorantka jak podaje brała udział w trzech grantach, jednego finansowanego ze środków NCN (w którym była kierownikiem), zaś dwóch ze środków statutowych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

Na znam poza dorobkiem publikacyjnym innych osiągnięć Autorki dotyczących np. rozpowszechniania wyników badań poprzez uczestnictwo w konferencjach międzynarodowych czy krajowych, czy też pracy w innych projektach w zespole badawczym w którym osadzony został doktorat, śmiem jednak domniemać, że te osiągnięcia są równie imponujące co dorobek publikacyjny. Pani mgr inż. Barbara Klik swoim dorobkiem w tak młodym wieku potwierdziła, że jest świetnie rokującym naukowcem.

#### **Wniosek końcowy**

Podsumowując, rozprawa doktorska Pani mgr inż. Barbary Klik stanowi samodzielne rozwiązanie problemu badawczego przy użyciu adekwatnej metodyki badań, co jest ustawowym wymaganiami stawianym rozprawom doktorskim.

Stwierdzam, że przedstawiony do oceny cykl pięciu prac stanowiących podstawę przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej pt. „Wykorzystanie substancji



o właściwościach myjących pozyskiwanych z komunalnych osadów ściekowych do remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi” spełnia wszystkie 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 (tekst jednolity DZ.U z 2017 r. poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

Zwracam się zatem do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka o dopuszczenie mgr inż. Barbary Klik do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie stwierdzam, że miałam przyjemność recenzowania pracy, którą uznaję za wyróżniającą. Przedstawione wyniki nie pozostawiają żadnej wątpliwości co do wysokiego poziomu naukowego Doktorantki oraz jakości merytorycznej przeprowadzonych badań potwierdzonym jej opublikowaniem w bardzo dobrych czasopismach naukowych. Dlatego też **stawiam wniosek i proszę Wysoką Radę o wyróżnienie recenzowanej pracy stosowną nagrodą.**



dr hab. Marta Pogrzeba, prof. IETU