

Prof. dr hab. inż. Grzegorz Malina
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
AGH Kraków
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Pawluk

**pt.: WIELOWARSTWOWE PRZEPUSZCZALNE BARIERY REAKTYWNE
W ZABEZPIECZENIU ŚRODOWISKA GRUNTOWO-WODNEGO WZDŁUŻ TRAS
KOMUNIKACYJNYCH**

Recenzja została wykonana dla Rady Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie na podstawie umowy o dzieło z dnia 11.12.2014 roku (nr pisma BIS-561/2/2014).

CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA ROZPRAWY

Opiniowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Pawluk pod podanym wyżej tytułem została wykonana pod kierownictwem promotora głównego, Pana prof. dr hab. inż. Kazimierza Garbulewskiego i przy udziale promotora pomocniczego, Pani dr inż. Joanny Fronczyk. Praca liczy ogółem 224 strony numerowane, w tym 28 tabel, 138 rysunków oraz 5 załączników (strony nienumerowane). Przegląd literatury obejmujący 280 pozycji (ok. 80% zagranicznych), w większości z ostatnich 10-15 lat, uzupełniony wykazem obowiązujących aktów prawnych, norm branżowych, wytycznych oraz stron internetowych wskazuje, że Doktorantka w wystarczającym stopniu zapoznała się ze światowym stanem wiedzy w zakresie realizowanego tematu badań. Cytowane są także dwie prace związane z tematyką rozprawy doktorskiej opublikowane w latach 2011-2013: w czasopiśmie branżowym i opracowaniu zwartym, których Doktorantka jest odpowiednio: współautorem i autorem głównym.

Praca składa się z 8. wyodrębnionych i ponumerowanych rozdziałów, z których najistotniejsze z merytorycznego punktu widzenia to:

- Badania bezprzepływowe (rozdz. 4),
- Badania filtracyjne i przepływowe (rozdz. 5),
- Modyfikacja materiałów reaktywnych (rozdz. 6),
- Proponowana koncepcja WPBR (rozdz. 7).

Pracę rozpoczyna krótki wstęp (rozd. 1) zawierający opis problemu oraz schemat postępowania do opracowania wytycznych projektowania wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej. W rozdziale 2 przedstawiono zagrożenia i metody zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego wzdłuż tras komunikacyjnych, a w rozdziale 3 hipotezę pracy, jej cele oraz zakres badań. Na zakończenie pracy (rozd. 8) Doktorantka przedstawia podsumowanie wyników badań i wnioski szczegółowe. Całość pracy uzupełniają: streszczenia w j. polskim i angielskim (na początku pracy) oraz bibliografia i spis załączników (na końcu pracy).

ANALIZA I OCENA ROZPRAWY

Znaczenie podjętej tematyki badawczej

Dynamiczny rozwój transportu drogowego w Polsce stanowi jedno z głównych zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem środowiska gruntowo-wodnego, zarówno substancjami organicznymi (np. ropopochodne), jak i nieorganicznymi (np. metale ciężkie, chlorki), a stosowane systemy odprowadzania i oczyszczania wód spływowych z dróg nie zawsze są efektywne w likwidacji/redukcji tych zagrożeń. Zanieczyszczenie środowiska gruntowo-wodnego zwykle o charakterze lokalnym w niektórych przypadkach może mieć wymiar regionalny, stanowiąc poważne zagrożenia dla człowieka i środowiska.

Ochrona gleb/gruntów jest tematem międzynarodowych konwencji ochrony środowiska w ramach Agendy 21 ONZ, według których wymagane jest zrównoważone użytkowanie powierzchni ziemi oraz ochrona przed degradacją i zanieczyszczeniem. Z kolei, zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej ochrona wód przed zanieczyszczeniem i ich oczyszczanie są wymagane w celu utrzymania/uzyskania „dobrego” stanu chemicznego. W tym kontekście wysiłki zmierzające do opracowania metod skutecznego zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniem wzdłuż dróg i autostrad, zwłaszcza przebiegających przez tereny cenne ekologicznie są celowe. Dlatego uważam, że znaczenie przedstawionej problematyki w pełni uzasadnia wybór tematyki rozprawy doktorskiej.

Przepuszczalne bariery aktywne (ang. *permeable reactive barriers* - PRB) dają możliwość pasywnego i zrównoważonego oczyszczania *in situ* zanieczyszczonych wód podziemnych, wód kopalnianych i odcieków składowiskowych. W strefie aktywnej takiej bariery (wypełnionej odpowiednio dobranym materiałem) następuje usunięcie lub unieruchomienie zanieczyszczeń prowadzące do redukcji ich stężenia w roztworze.

Opracowano rozwiązania przepuszczalnych barier aktywnych umożliwiające usuwanie pojedynczych zanieczyszczeń z wód i odcieków, a ostatnio także ich mieszanin przy pomocy barier sekwencyjnych (ang. *permeable reactive multi-barriers - PRmB*). Natomiast symultaniczne usuwanie zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych ze spływów z dróg z wykorzystaniem tego typu barier (niestosowane dotychczas w celu ochrony środowiska gruntowo-wodnego wzdłuż tras komunikacyjnych) jest niedostatecznie rozpoznane i wymaga wypracowania rozwiązań technicznych i technologicznych oraz metodycznego podejścia. Z tego względu zaproponowana w pracy koncepcja polegająca na zastosowaniu w tym celu wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej ma charakter innowacyjny.

Nie podlega więc dyskusji, że badania aplikacyjne związane z zastosowaniem już istniejących oraz opracowywaniem nowych technologii w celu zlikwidowania wskazanych wyżej zagrożeń są w pełni uzasadnione. Recenzowana praca dotyczy aktualnie ważnego problemu i jest związana właśnie z tego rodzaju obszarem badań i aplikacji.

Najważniejsze osiągnięcia rozprawy doktorskiej

Pragnę podkreślić, że Autorka rozprawy podjęła się niezwykle trudnego zadania – opracowania koncepcji zabezpieczenia/ochrony środowiska gruntowo-wodnego przed zagrożeniem zanieczyszczeniem ze spływów z dróg z wykorzystaniem wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej, które starała się zrealizować w oparciu o szeroki zakres badań laboratoryjnych uzupełnionych próbą optymalizacji przyjętego rozwiązania. Realizując tak szeroki zakres badań wykazała bardzo dobrą znajomość metod i prawidłowe wykorzystanie aparatu badawczego. W Polsce dotychczas nie podejmowano problematyki likwidacji zagrożeń środowiska gruntowo-wodnego wynikających z wód spływowych z dróg i autostrad z wykorzystaniem tego typu barier, dlatego przedłożoną pracę należy traktować jako jedną z pionierskich w tym zakresie.

Praca zawiera dobrze udokumentowany i wartościowy materiał badawczy spełniający wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Pod względem metodycznym nie budzi zastrzeżeń. Hipoteza badawcza została właściwie sformułowana, a odniesione do niej postępowanie badawcze przeprowadzono prawidłowo według jasno i bardzo szczegółowo przedstawionej metodyki. Świadczy to o dojrzałości Doktorantki i możliwości prowadzenia samodzielnych badań. Praca wnosi oryginalny wkład w stan wiedzy i otwiera nowe perspektywy w obszarze remediacji środowiska gruntowo-wodnego.

W szczególności, w trakcie realizacji pracy doktorskiej Doktorantka:

- wykonała wstępne badania fizyczne i mechaniczne materiałów aktywnych oraz badania środowiskowe obejmujące analizy fizykochemiczne wybranych składników wód opadowych i roztopowych z dróg na terenie aglomeracji warszawskiej w pobliżu terenów cennych przyrodniczo i na tej podstawie wytypowała materiały aktywne do szczegółowych badań laboratoryjnych;
- zaprojektowała i zrealizowała bardzo szeroki program badawczy obejmujący: (i) testy statyczne (batch) w celu wstępnej charakterystyki oraz zdolności sorpcyjnych i redukcyjnych materiałów aktywnych, (ii) modyfikacje wytypowanych materiałów aktywnych polegające na wzbogaceniu ich składu pod kątem redukcji wysokich stężeń chlorków, (iii) badania dynamiczne (kolumnowe) w celu określenia właściwości filtracyjnych materiałów aktywnych (współczynniki filtracji i ich zmienność w zależności od substancji zanieczyszczających) oraz parametrów transportu zanieczyszczeń przez barierę (czas kontaktu zanieczyszczeń z materiałem aktywnym oraz czas wyczerpania zdolności reakcyjnych badanych materiałów);
- przeprowadziła optymalizację parametrów wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej z wykorzystaniem algorytmów: siłowego oraz jednokryterialnego;
- zaproponowała (na podstawie wykonanych badań) koncepcję wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej, z uwzględnieniem metodyki doboru materiałów aktywnych oraz kolejności i grubości poszczególnych jej warstw.

Uwagi krytyczne i o charakterze polemicznym

Doktorantka podjęła się realizacji pracy w bardzo szerokim, moim zdaniem zbyt szerokim zakresie. To spowodowało, że nie zawsze była w stanie do końca poradzić sobie z interpretacją uzyskanych wyników i ich syntetycznym przedstawieniem. Dlatego, pozytywnie oceniając pracę w całości i doceniając wysiłek Doktorantki w realizacji tak ambitnego zakresu badań, muszę zwrócić uwagę na kilka istotnych (moim zdaniem) mankamentów recenzowanej rozprawy.

Trudno sobie wyobrazić (ze względu na koszty i czas realizacji), aby w przypadku podejmowania decyzji nt. wyboru technologii remediacji do realizacji inwestor zgodził się na wykonywanie badań laboratoryjnych w tak szerokim zakresie. Sformułowana hipoteza badawcza oraz cele pracy (zdecydowanie o charakterze praktycznym) wskazują, że w zamierzeniu miała ona mieć przede wszystkim charakter aplikacyjny, co akurat uważam za jej zaletę. W badaniach aplikacyjnych dąży się do maksymalnego wykorzystania

istniejącej wiedzy i doświadczeń, i ograniczenia badań laboratoryjnych do tych niezbędnych w danym przypadku. Jakże znaczenie praktyczne w pracy, której celem jest konkretne rozwiązanie technologiczne, mają np. tak szerokie badania nad dopasowaniem różnych modeli sorpcji, oczywiście bardzo ważne ale w przypadku, kiedy procesy sorpcji są głównym celem badań (a takiego celu naukowego nie postawiono). Metody statyczne (testy batch) budzą zwykle poważne wątpliwości, dlatego Doktorantka powinna była skupić się przede wszystkim na przeprowadzeniu eksperymentów kolumnowych, a testy statyczne wykorzystać np. do ewentualnej oceny maksymalnej pojemności sorpcyjnej badanych materiałów. Moim zdaniem bardziej stosowne byłoby zaproponowanie i zrealizowanie: (i) możliwie prostych badań statycznych do wstępnej selekcji (skringingu) skuteczności usuwania zanieczyszczeń przez wybrane na podstawie analizy danych literaturowych materiały aktywne, (ii) badań kolumnowych w zakresie umożliwiającym weryfikację w warunkach dynamicznych wybranych uprzednio materiałów aktywnych pod kątem parametrów istotnych ze względu na pracę bariery, uzupełnionych badaniami pilotowymi (w skali półtechnicznej) oraz modelowaniem numerycznym transportu zanieczyszczeń i modelowaniem geochemicznym. Nawet gdyby przyjąć, że tak szeroki zakres badań był Doktorantce potrzebny po to, aby wybrać spośród nich te, które są niezbędne do prawidłowego zaprojektowania bariery, to należałoby takie informacje przedstawić w formie zaleceń w podsumowaniu pracy.

Czytając recenzowaną rozprawę można odnieść wrażenie o braku konsekwencji w realizowanych badaniach i sposobie ich przedstawiania.

- We wstępie (rozdział 1) zamieszczono „*schemat postępowania do opracowania wytycznych projektowania wielowarstwowych przepuszczalnych barier aktywnych*” (rys. 1.1) co sugerowałoby, że taki jest główny cel pracy. Natomiast w rozdziale 3 podaje się jako główny cel pracy: „*ocenę właściwości fizycznych, mechanicznych, hydraulicznych i zdolności do zatrzymania zanieczyszczeń zeolitu gezy, węgla aktywnego i żelaza zerwartościowego*”. Tymczasem, z tytułu pracy, sformułowanej w rozdziale 3 hipotezy badawczej oraz przeprowadzonych badań, zdaniem recenzenta, jednoznacznie wynika, że głównym (i to utylitarnym) celem pracy było: opracowanie koncepcji ochrony/zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniem ze spływów wód z dróg z wykorzystaniem wielowarstwowej przepuszczalnej bariery aktywnej. W pracy nie określono przejrzyście celu naukowego, a jej treść jasno dowodzi, że nie tyle naukowy, co przede wszystkim

praktyczny wymiar wykonanych prac był brany pod uwagę. Jaki zatem był ostatecznie główny cel rozprawy doktorskiej?

- Początkowo, na etapie testów batch Doktorantka szczegółowo omawia badania wszystkich wskazanych zanieczyszczeń, łącznie z ropopochodnymi. Jednak w dalszych badaniach, podsumowaniu i wnioskach zanieczyszczenia ropopochodne w zasadzie się nie pojawiają, a cała uwaga jest skupiona na metalach ciężkich i chlorkach.
- Doktorantka wiele wysiłku włożyła w przygotowanie roztworów modelowych zawierających całą gamę metali ciężkich, chlorki oraz zanieczyszczenia ropopochodne. Dlaczego nie poszła o krok dalej i nie zastosowała roztworów rzeczywistych?. W badaniach tego typu stosuje się zwykle roztwory modelowe zawierające reprezentatywne zanieczyszczenia, albo roztwory rzeczywiste, licząc się ze wszystkimi konsekwencjami zastosowania jednych lub drugich.
- Układ pracy wskazuje, że w zamierzeniu miała mieć formę „monograficzną”, zgodnie z którą poszczególne badania (testy batch, kolumnowe, modyfikacje materiałów aktywnych oraz koncepcja bariery wielowarstwowej) stanowią niezależne jej rozdziały. Jeśli istotnie takie było zamierzenie, to rozprawę należałoby rozpocząć od ogólnego wprowadzenia, z przedstawieniem: (I) zamiast schematu (rys. 1.1), np. modelu koncepcyjnego proponowanego rozwiązania bariery wielowarstwowej, co ułatwiłoby czytelnikowi dalszą lekturę pracy oraz (II) wskazaniem głównych problemów badawczych, a zakończyć podsumowaniem – syntezą uzyskanych wyników z poszczególnych badań i wnioskami szczegółowymi. Niezależne rozdziały badawcze winny mieć w tym przypadku strukturę typową dla artykułów naukowych, tj.: wprowadzenie, metodyka badań, wyniki i ich dyskusja oraz wnioski. Niestety ta struktura została zaburzona. W efekcie praca jest niepotrzebnie zbyt długa, a niektóre informacje można byłoby pominąć bez szkody dla jej wartości merytorycznej, gdyż nie dotyczą bezpośrednio realizowanego tematu. Można byłoby w ten sposób uniknąć licznych powtórzeń, które również niepotrzebnie ją wydłużają. Poza tym przedstawione w pracy wnioski trudno nazwać szczegółowymi. Stanowią one raczej podsumowanie pracy.
- Nie do końca rozumiem kryteria, jakimi kierowała się Doktorantka decydując, które wyniki zamieścić bezpośrednio w tekście, a które w załącznikach. Zdecydowanie przejrzysiej byłoby w tekście pracy (w rozdziałach badawczych) przedstawić syntezę

uzyskanych wyników (tak jak to się robi w artykułach naukowych), odnosząc się do szczegółowych wyników zamieszczonych w załącznikach.

W rozdziale 2, obok głównych zagrożeń i metod zabezpieczania środowiska gruntowo-wodnego wzdłuż tras komunikacyjnych, w tym możliwości zastosowania przepuszczalnych barier reaktywnych, przedstawiono także wyniki własnych badań próbek wód spływowych z dróg na terenie aglomeracji warszawskiej, co burzy nieco zarówno strukturę tego rozdziału jak i całej pracy. Rozdział jest zbyt rozbudowany (50 stron), zwłaszcza w części dotyczącej np.: obszarów szczególnie chronionych, technologii wykonywania barier oraz procesów wspomaganego samooczyszczania. Informacje te nie są bezpośrednio związane z tematem pracy i prowadzonymi badaniami.

Zamieszczone w rozdziale 3 informacje na temat wyboru i charakterystyki badanych materiałów (podrozdział 3.3) oraz zastosowanych roztworów badawczych (podrozdział 3.4) dotyczą bezpośrednio metodyki realizowanych badań. Wydaje się, że te podrozdziały powinny stanowić samodzielny rozdział pracy. Szkoda, że Doktorantka nie przedstawiła zakresu realizowanych badań w postaci schematu/diagramu ze wskazaniem ich celów. Pozwoliłoby to czytelnikowi na lepsze zrozumienie sensu i celowości wykonywania poszczególnych eksperymentów i znacznie ułatwiłoby lekturę pracy.

Zaproponowane w rozdziale 8 pogrupowanie wniosków na te dotyczące: wyników badań (I), wyników badań materiałów zmodyfikowanych (II), wyników optymalizacji (III) oraz kierunków dalszych badań (IV) nie jest najszcześniejsze i do końca potrzebne. Jeśli już, to należałoby podzielić wnioski na te o charakterze poznawczym i użytecznym.

Podsumowując tę część recenzji, w moim odczuciu w obecnej formie praca bardziej przypomina sprawozdanie z realizacji badań a nie rozprawę naukową. Pewne zastrzeżenia może budzić także interpretacja wyników pod kątem ich praktycznego wykorzystania, a nie wszystkie wnioski są wystarczająco uzasadnione.

Niektóre fragmenty pracy, szczególnie w komentowaniu wyników i podsumowaniu, napisane są językiem nie do końca poprawnym i mało precyzyjnym, i przed opublikowaniem będą wymagały jeszcze starannego przerehabilitowania. Należałoby zwłaszcza zwrócić uwagę na terminologię związaną z hydrogeologią i zanieczyszczonymi wodami podziemnymi. Poniżej zamieściłem wybrane przykłady.

- Określenie „plama” zanieczyszczeń odnosi się do lekkich cieczy organicznych niemieszających się z wodą i unoszących się na zwierciadle wody, podczas gdy w przypadku migracji zanieczyszczeń rozpuszczonych w warstwie wodonośnej posługujemy się pojęciem „chmury” zanieczyszczeń (np. *Słownik hydrogeologiczny*,

2002; Malina, 2007, 2011). W związku z tym, czy np. model koncepcyjny przepuszczalnej bariery aktywnej (rys. 2.6.) dotyczy usuwania „plamy”, czy „chmury” zanieczyszczeń? Czy głównym zadaniem przepuszczalnych barier aktywnych jest usuwanie „plam” zanieczyszczeń ze zwierciadła wody podziemnej, czy zanieczyszczeń rozpuszczonych w strumieniu wód podziemnych („chmur” zanieczyszczeń)?

- Transport zanieczyszczeń w wodach podziemnych, to nie to samo co ich migracja – pojęcie szersze obejmujące transport i przemiany zanieczyszczeń podczas transportu, i dlatego terminy te nie powinny być stosowane wymiennie.
- Współczynnik R w polskiej terminologii jest znany jako współczynnik opóźnienia (retardacji) migracji zanieczyszczeń w środowisku gruntowo-wodnym (np. *Słownik hydrogeologiczny*, 2002; Malina, 2007, 2011). W tym kontekście oznaczenie w pracy takim samym symbolem R „zatrzymania zanieczyszczeń na materiale aktywnym” może prowadzić do nieporozumień.
- Węglowodory monoaromatyczne (BTEX) należą do grupy zanieczyszczeń ropopochodnych, podczas gdy np. zdanie na stronie 57 sugeruje coś innego.
- Na czym polega różnica w usytuowaniu bariery względem ogniska zanieczyszczeń na rys. 2.7? Gdzie na tym rysunku jest ognisko zanieczyszczeń?
- Każda bariera ma trzy wymiary: długość, wysokość i grubość (miąższość). Dotyczy to zarówno barier poziomych (np. stosowanych do uszczelniania dna składowisk), jak i pionowych (np. nieprzepuszczalnych lub przepuszczalnych barier aktywnych). Dlatego sugeruję przygotowując pracę/publikację do druku zrezygnować z terminu: „szerokość” bariery.

Inne znalezione błędy, uchybienia językowe oraz potknięcia stylistyczne i redakcyjne, np.: błędna numeracja niektórych podrozdziałów (np. w rozdziale 3) oraz rysunków (rys. 2.21 i 2.22, rys. 3.5 - 3.17, rys 4.21 - 4.39, rys. 5.2 - 5.19), niekonsekwentne stosowanie wprowadzonych wcześniej akronimów, itp., które nie umieściłem w recenzji powinny zostać wyeliminowane podczas ewentualnego przygotowania pracy do druku.

Kilka innych wątpliwości i kwestii do dyskusji dotyczących rozprawy przedstawiam poniżej, licząc na ustosunkowanie się do nich Doktorantki podczas publicznej obrony.

1. Zagęszczenie materiałów aktywnych w barierach przepuszczalnych może wpływać na ich funkcjonowanie, co nie zostało wystarczająco dokładnie omówione w pracy. Jakim zdaniem Doktorantki czynniki mogą wpływać na zagęszczenie materiałów aktywnych w trakcie pracy barier?

2. Podczas pracy przepuszczalnych barier aktywnych obserwuje się również powstawanie uprzywilejowanych dróg przepływu (szczelin) w materiale aktywnym, co może zaburzyć ich pracę i obniżyć efektywność. Czy są jakieś sposoby zapobiegania/ograniczenia powstawania tych szczelin?
3. Badania laboratoryjne, zarówno statyczne jak i dynamiczne rzadko umożliwiają przewidywanie długotrwałego funkcjonowania barier w czasie eksploatacji i wskazanie procesów/reakcji chemicznych, jakie mogą zachodzić w materiale aktywnym podczas przepływu zanieczyszczonej wody. Czy Doktorantka zastanawiała się, na ile można próbować przewidywać krótkotrwałe i długotrwałe funkcjonowanie barier? Czy i w jaki sposób może tu być pomocne np. modelowanie geochemiczne?
4. W badaniach laboratoryjnych statycznych i dynamicznych (rozdziały 4-6) użyto „roztworów modelowych przygotowanych na bazie wody destylowanej i odpowiedniej dawce substancji zanieczyszczających”. Taki roztwór nie w pełni reprezentuje spływy z dróg, które mogą również zawierać inne związki rozpuszczone (np. związki siarki i azotu) oraz wiele mikrozanieczyszczeń. Doniesienia literaturowe wskazują, że wymienione związki mogą obniżać np. sorpcję metali ciężkich w stosunku do tej obserwowanej w roztworach modelowych. Z tego powodu wielu badaczy sugeruje stosowanie roztworów rzeczywistych. Jakie były powody zastosowania roztworów modelowych i jakie są konsekwencje, jeśli chodzi o praktyczną wartość uzyskanych wyników i ograniczone możliwości ich przeniesienia na skalę techniczną?.

PODSUMOWANIE RECENZJI

Wybór tematyki pracy doktorskiej uznaję za trafny, zarówno ze względów poznawczych jak i aplikacyjnych. Postawiona hipoteza badawcza została potwierdzona, a większość celów osiągnięto poprzez realizację przyjętego zakresu badań, wykorzystanie prawidłowej metodyki, dobrze dobrany, szeroki warsztat badawczy, dobrą ilustrację wyników oraz na ogół poprawną ich interpretację. Opracowana w ramach pracy koncepcja wielowarstwowej przepuszczalnej bariery reaktywnej do ochrony/zabezpieczenia środowiska gruntowo-wodnego przed zanieczyszczeniem ze spływów z dróg i autostrad jest rozwiązaniem innowacyjnym. Strony merytoryczna i metodyczna nie budzą zastrzeżeń, a uzyskane wyniki świadczą o doświadczeniu Doktorantki w zakresie tematu rozprawy, znacznej

wiedzy w swojej dyscyplinie naukowej, a w szczególności umiejętności samodzielnego przygotowania i realizacji programu badań.

Dlatego stwierdzam, że mimo uchybień i przedstawionych uwag (po części o charakterze polemicznym), praca mgr inż. Katarzyny Pawluk dzięki dużej wartości aplikacyjnej oraz poznawczej, stanowi istotny wkład w rozwój inżynierii środowiska i budownictwa komunikacyjnego poprzez zaproponowanie, komplementarnego do dotychczasowych, rozwiązania problemu zagrożenia zanieczyszczeniem środowiska gruntowo-wodnego ze sływów z dróg oraz spełnia wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz.595 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję o jej przyjęcie przez Radę Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

Kraków, styczeń 2015

A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical line on the left and a series of loops and curves on the right.