W Pani Prof
A. M. Anielak
BARDZO PROSZĘ
O PRZEJRZENIE

ADMINISTRACJA
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Wpłynęło dnia 03 PAŹ. 2019
Nr 1884 szt.

dr hab. inż. Michał Szydłowski, prof. nadzw. PG
Katedra Hydrotechniki
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Krakowskiej
dr hab. inż. Stanisław M. Rybicki, prof. PK

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Moniki Szlapy

pt. Warunki tworzenia i zmian morfo-dynamiki cofkowej strefy zbiornika wodnego, na przykładzie zbiornika Dobczyce na rzece Rabie

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska jest z zakresu morfo-dynamiki zbiorników zaporowych. Przedmiotem szczegółowych badań podjętych w rozprawie jest część cofkowa zbiornika, obejmująca strefę rzeczną i fragment strefy przejściowej.

Praca została poświęcona identyfikacji uwarunkowań i analizie zmian morfologicznych zachodzących w strefie cofkowej zbiornika retencyjnego, na przykładzie zbiornika wodnego Dobczyce na Rabie, będącego obiektem strategicznym dla celu zaopatrzenia w wodę aglomeracji krakowskiej. Rozprawa obejmuje analizę podatności procesów dynamicznych zachodzących w strefie cofkowej zbiornika, na warunki hydrologiczne oraz hydrauliczne związane z eksploatacją zbiornika. Autorka skupiła swoją uwagę przede wszystkim na opisie procesów zachodzących w zbiornikach retencyjnych oraz metodach badawczych tych procesów, w tym na modelowaniu matematycznym hydro- i morfo-dynamiki zbiornika. Doktorantka uznała, że ma to istotne znaczenie dla pogłębienia wiedzy o procesach zachodzących w zbiornikach retencyjnych, odziaływujących na problemy utrzymania ich potencjału retencyjnego w warunkach zmian klimatycznych. Ponadto stwierdziła, że istnieją luki w wiedzy na ten temat. Stało się to dla Doktorantki motywacją do podjęcia prac nad analizą stanu wiedzy w podjętym temacie, analiz teoretycznych opisu procesów fizycznych dominujących w morfo-dynamice zbiorników retencyjnych oraz badań terenowych na obiekcie pilotażowym. Wyniki badań polowych posłużyły Doktorantce do weryfikacji modelu obliczeniowego, który został następnie zastosowany do przeprowadzenia symulacji numerycznych ruchu rumowiska w zbiorniku dobczyckim. Biorąc pod uwagę aspekty teoretyczne pracy, jak również wykonanie własnych badań polowych i modelowych, **rozprawę doktorską można określić jako pracę teoretyczno-empiryczną o charakterze studium przypadku, co nadaje jej istotne walory naukowe oraz praktyczne.**

W świetle opisanego przez Doktorantkę stanu wiedzy na temat modelowania ruchu rumowiska w cofkowych strefach zbiorników retencyjnych, widoczne są braki w zakresie metod modelowania tego zjawiska. Stąd postawiona w dysertacji **teza badawcza** zakłada możliwość efektywnego wykorzystania modelu transportu sedymentu, opartego na podejściu Lagrange'a, na potrzeby analizy i oceny segregacji rumowiska w procesach sedymentacyjnych w zbiorniku wodnym.

Realizując postawiony w pracy cel Doktorantka wykonała szereg zadań, które opisała na łącznie 141 stronach maszynopisu, dzieląc rozprawę na 8 rozdziałów głównych i uzupełniając ją streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisami symboli oraz bibliografią. Bibliografia zawiera 74 pozycje (w pracy podano błędnie 73), obejmujących polską i zagraniczną literaturę naukową, która posłużyła do zobrazowania stanu wiedzy o podjętym przez Autorkę problemie. Wybrane przez Autorkę piśmiennictwo jest aktualne i zostało dobrane właściwie. Praca napisana

jest dobrym językiem polskim, zarówno jeżeli chodzi o styl i jasność wypowiedzi, jak również użytą terminologię naukową i techniczną.

2. Zawartość rozprawy i jej ocena

Pracę rozpoczyna część (na którą składają się **trzy pierwsze rozdziały pracy**) o charakterze wprowadzenia, w którym Doktorantka dokonała przedstawienia podjętego w pracy problemu badawczego, zapoznając jednocześnie czytelnika z podstawowymi zagadnieniami związanymi z morfo-dynamiką zbiorników zaporowych oraz stosowanych teoriach i praktyce opisu procesów rumowiskowych zachodzących w takich zbiornikach. Ponadto w tym rozdziale Doktorantka dokonała przeglądu literatury, oceny stanu wiedzy, wyboru obiektu pilotażowego i sformułowała cel i zakres pracy.

W odczuciu recenzenta, wykonany przez Doktorantkę przegląd literatury i ocena bieżącego stanu wiedzy i rozwoju metod badawczych w dziedzinie podjętych badań są bogate i przedstawiają aktualną wiedzę w tym zakresie. W studiach literaturowych przedstawione zostały zarówno historyczne i klasyczne osiągnięcia badaczy ruchu rumowiska, jak również wyniki najnowszych badań prowadzonych w Polsce i zagranicą. Ta część pracy ma charakter monograficzny i stanowi bardzo dobre wprowadzenie do merytorycznej części rozprawy.

Recenzent zgadza się, że temat badawczy podjęty przez Doktorantkę nie znalazł do tej pory rozwiązania i stanowi otwarte wyzwanie badawcze, a co za tym idzie, że jest aktualny. Ponadto recenzent stwierdza, iż sformułowane: teza, cel i zakres pracy są prawidłowe i jasno zdefiniowane.

W rozdziale 4 Autorka przedstawiła przyjętą metodykę badań. W tym wykonała akwizycję materiałów dokumentacyjnych dla zbiornika Dobczyce, przeprowadziła własne pomiary terenowe oraz wykonała opracowanie materiałów źródłowych i własne analizy bazodanowe. Przedstawiła również modele matematyczne, które wykorzystała do odwzorowania hydrodynamiki oraz dynamiki ruchu ziaren rumowiska w zbiorniku.

Duże uznanie dla Doktorantki budzi ilość czasu i pracy, którą musiała włożyć w badania polowe. Jednak według recenzenta Autorka zbyt ogólnikowo przedstawiła badania in situ, a szczególnie widoczny jest brak jest opisu techniki pomiarowej.

Recenzent zgadza się z wybranym przez Doktorantkę do odwzorowania badanego procesu modelem teoretycznym. Wszystkie modele składowe wybrane i opisane przez Doktorantkę mają oparcie w podstawowych prawach fizyki i są silnie zakorzenione w hydrodynamice. Przyjęte przez Autorkę założenia upraszające również nie budzą sprzeciwu. Można stwierdzić, że ta część rozprawy daje obraz wystarczającej (z pewnymi brakami) wiedzy Doktorantki o zasadach opisu dynamiki przepływu wody ze swobodnym zwierciadłem. Znaczny niedosyt budzi jednak część zamykająca rozdział, dotycząca równań ruchu i trajektorii cząstek rumowiska w układzie Lagrange'a o czym recenzent pisze w uwagach.

Rozdziały 5 i 6 zostały poświęcone charakterystyce zbiornika zaporowego Dobczyce na Rabie. Autorka zebrała podstawowe charakterystyki zbiornika, w zakresie danych topograficznych, rumowiskowych i sedymentacyjnych i abrazyjnych, klimatycznych i hydrologicznych, oraz innych dotyczących pracy zbiornika. Dokonała opisu i charakterystyki granulometrii osadów, procesów erozyjno-sedymentacyjnych w akwenie, a także analizy warunków sedymentacji materiału

dostarczonego do zbiornika, oraz jego przemieszczania się wewnątrz czaszy, w kontekście zasięgu cofki zbiornika Dobczyce. Doktorantka opracowała również charakterystykę meteorologiczną oraz analizę i ocenę relacji wartość dopływu – stan wody na zbiorniku dla okresu 20 lat (1997-2016) jego eksploatacji tak, aby oszacować zakres zmienności tych dwóch wielkości w kontekście ustalenia możliwości deterministycznego modelowania transportu rumowiska w akwenie.

Według opinii recenzenta uzyskane wyniki analiz i obliczeń są wiarygodne, a przeprowadzona przez Doktorantkę charakterystyka zjawisk hydrologicznych, hydrodynamicznych była niezbędna do wykonania późniejszych symulacji i analiz związanych z ruchem rumowiska w obrębie czaszy zbiornika. Wykonane opracowania i analizy, poszerzyły i ujednoliciły bazę danych dotyczącą zbiornika Dobczyce i dały podstawę do analizy hydraulicznej procesów transportu i sedymentacji rumowiska w zbiorniku.

Rozdział 7 dotyczy hydraulicznej charakterystyki procesów sedymentacyjnych w zbiorniku Dobczyce, ze szczególnym uwzględnieniem jego strefy cofkowej. Do wykonania symulacji i analiz Doktorantka wykorzystała narzędzia matematycznego modelowania transportu rumowiska w zbiorniku retencyjnym, na które składały się dwuwymiarowy model pola prędkości przepływu w ruchu ustalonym i nieustalonym (fale powodziowe) oraz równanie ruchu cząstki rumowiska w układzie Lagrange'a. Doktorantka wybrała dwa gotowe numerycznie narzędzia modelowania: hydrodynamiczny model przepływu wody płytkiej, rozwiązany metodą elementów skończonych (AdH - Adaptive Hydraulics model) oraz model transportu cząstek (PTM - Particle Tracking Model), umożliwiający wyznaczanie torów cząstek sedymentu przenoszonych przez pole prędkości wody w zbiorniku, ich transport, osadzanie i podrywanie z dna.

Dla przeprowadzenia analiz procesów transportu rumowiska Autorka wykorzystała dwa rodzaje pól prędkości płynącej wody: dla ruchu ustalonego oraz nieustalonego w warunkach realnych wezbrań (powodzie z lat 1997 i 2010). W pracy przedstawiono wyniki tych symulacji w postaci przykładowych map prędkości.

Kolejnym etapem było wykonanie symulacji ruchu rumowiska (cząstek zawieszonych) w zbiorniku. Autorka przyjęła, że rzeka Raba jest głównym dostarczycielem cząstek stałych do zbiornika i stąd źródło materiału rumowiskowego zostało usytuowane w miejscu jej wlotu do akwenu. W toku analiz uwzględniono następujące scenariusze transportu rumowiska:

- modelowanie hydrodynamiczne (powodzie 1997 i 2010) uwzględniające rozkład cząstek wszystkich wybranych średnic po przejściu fal powodziowych,
- modelowanie transportu w warunkach ustalonych dla stałych poziomów piętrzenia (NPP i MaxPP) oraz stałych, wybranych natężeń dopływu,
- weryfikacja wpływu warunków wiatrowych na warunki transportu,
- modelowanie transportu konglomeratów (cząstek mineralno-organiczych o obniżonej gęstości).

Wyniki analiz zostały przedstawione w postaci map prędkości, oraz map rozkładu rumowiska w zbiorniku, histogramów rozkładu cząstek w zdystkretyzowanej przestrzeni akwenu, wykresów udziałów oraz narastającego udziału zdeponowanych frakcji na długości zbiornika. Na podstawie uzyskanych wyników symulacji i rzeczywistych pomiarów Doktorantka wyciągnęła bogate wnioski.

Według opinii recenzenta rozdział ten we właściwy sposób przedstawia możliwości symulacyjne wybranego przez Doktorantkę modelu obliczeniowego. Wyniki symulacji są wiarygodne, a ich interpretacja i wnioski przekonywujące.

W **rozdziale 8** (ostatnim), Doktorantka podsumowała całość rozprawy i sformułowała wnioski wynikające z przeprowadzonych badan polowych i symulacji numerycznych.

W ogólności recenzent zgadza się z przedstawionymi wnioskami i oceną wyników przedstawionymi przez Doktorantkę.

3. Ocena pracy i uwagi krytyczne

Moja ocena przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej jest **pozytywna**. Moim zdaniem praca ma istotne walory naukowe i charakteryzuje się wystarczająco wysokim poziomem naukowym, a także ma cechy utylitarne. Odnosząc się do zakresu pracy, w mojej ocenie praca mieści się dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Zapoznając się z rozprawą, nie odkryłem w niej istotnych błędów merytorycznych. Nieliczne, wyszczególnione poniżej uwagi dotyczące niewielkich moim zadaniem braków w pracy doktorskiej, nie wpływają na pozytywną opinię o całości pracy i mają znaczenie drugorzędne, gdyż w głównej mierze są formalnego charakteru. Uwagi przedstawiam poniżej w kolejności zgodnej z zawartością rozprawy.

1. *Uwagi edycyjne*. Praca napisana jest bardzo starannie. Pod względem edycyjnym oceniam ją wysoko. Bardzo pozytywne wrażenie robi wysokiej jakości opracowanie graficzne pracy – wszystkie rysunki i wykresy są czytelne i pozwalają czytelnikowi w łatwy sposób śledzić tok myśli autorki oraz analizować uzyskane wyniki (wyjątek stanowi brak klasycznej róży wiatrów). Jednak, jak praktycznie w każdym manuskrypcie, Autorka nie ustrzegła się drobnych pomyłek edytorskich (literówek), a także błędów w zapisie jednostek. Nie przytaczam ich szczegółowo w recenzji. Uwagi natury edycyjnej, zaznaczyłem w tekście rozprawy. Ich ewentualna poprawa byłaby potrzebna w przypadku przygotowania tekstu, bądź jego fragmentów do publikacji.

2. *Badania terenowe*. W części dotyczącej opisu metodyki badań polowych brakuje komentarza Autorki dotyczącego zaproponowanego rozkładu punktów pomiarowych. Ogólnie opis przeprowadzonych prac terenowych wydaje się zbyt ubogi w relacji do tego jak istotnym elementem rozprawy były badania polowe. Należałoby bardziej szczegółowo wyjaśnić wybór lokalizacji punktów poboru próbek do pomiarów granulometrycznych, a także wnikliwiej opisać przebieg kampanii pomiarowych. To właśnie w tym miejscu należałoby wyeksponować własną pracę badawczą Doktorantki, która niewątpliwie była obszerna i zapewne niełatwa.

3. *Model matematyczny hydrodynamiki i model ruchu cząstki rumowiska*. Doktorantka wykorzystała do modelowania procesu przepływu wody płytkiej oraz ruchu rumowiska gotowe rozwiązania (programy) dwóch modeli matematycznych. Pierwszy model to model dwuwymiarowego przepływu wody ze swobodnym zwierciadłem w postaci tzw. równań wody płytkiej. Równania te, reprezentujące prawa zachowania masy i pędu dla przepływu płaskiego, poziomego zostały w rozprawie przedstawione i opisane - chociaż z błędami (występują pomyłki w symbolach kinematycznego współczynnika lepkości, brakuje sił od ciśnienia hydrostatycznego, nie wiadomo co kryje się pod pojęciem sił jednostkowych). Inaczej sprawa wygląda w odniesieniu do drugiego modelu – równań opisujących ruch i trajektorię pojedynczych cząstek rumowiska przemieszczających się w znanym polu poziomych prędkości przepływu wody. W rozprawie odnaleźć można jedynie informację, że model ten (którego równań nie znamy!) w układzie Lagrange'a „daje możliwość śledzenia

ik

cząstek reprezentujących rumowisko o danych parametrach dopływających z danego źródła, uwzględniając ich osadzanie na dnie, ponowne podrywanie lub nawet zakopywanie pod nanoszonym materiałem". Według opinii recenzenta, w pracy brakuje opisu fizyki ruchu cząsteczki rumowiska w wodzie, matematycznego zapisu (równań) praw rządzących tym ruchem wraz z krytycznym opisem sił (statycznych – ciężar, wypór oraz dynamicznych – różne siły o charakterze sił oporu i sił nośnych) determinujących taki ruch. Brak opisu tego modelu i przedstawienia przesłanek do jego ewentualnych uproszczeń (bo zapewne w gotowym rozwiązaniu takie zostały poczynione) uniemożliwia krytyczną ocenę jakości tego modelu w kontekście możliwości jego wykorzystania do przeprowadzonych przez Doktorantkę badań. Z pracy nie dowiemy się również niczego na temat powiązania w modelu ruchu rumowiska procesu sedymentacji i podrywania z uśrednionymi w pionie prędkościami przepływu wody (na przykład, czy w modelu ruchu cząstki zawieszonej uwęglenia się fakt, że w czasie opadania cząstki prędkość pozioma strumienia wody na różnych głębokościach jest inna o średniej).
Bardzo proszę Doktorantkę o sprawdzenie i skorygowanie równań wody płytkiej oraz przygotowanie na obronę doktoratu opisu modelu dynamiki i trajektorii ruchu pojedynczej cząstki rumowiska, który wykorzystywany jest w przedstawionych symulacjach oraz o krytyczne ustosunkowanie się do kwestii założeń i uproszczeń, które w tym modelu zostały wykorzystane.

4. *Symulacje numeryczne hydrodynamiki.* Doktorantka wykonała modelowanie hydrodynamiki Zbiornika Dobczyce wykorzystując gotowe rozwiązanie (metodą elementów skończonych) równań wody płytkiej. W rozprawie Autorka przedstawiła bardzo mało szczegółów dotyczących przeprowadzonych obliczeń numerycznych. Podstawowe mankamenty to: (a) brak omówienia sposobu tworzenia siatki przestrzennych elementów skończonych; w pracy nie ma ani jednego przykładu podziału obszaru przepływu na elementy obliczeniowe, a jak wiadomo wielkość elementów i ich gęstość ma wpływ na dokładność odtworzenia pola prędkości, a co więcej ma to również wpływ na rozwiązanie równań ruchu i trajektorii cząstek rumowiska, (b) Autorka powinna precyzyjniej opisać kwestię przyjmowania warunków początkowych i brzegowych; o ile warunki brzegowe na brzegach otwartych (dopływ, odpływ) przedstawiono jasno, to o warunkach na brzegach zamkniętych nie ma w pracy żadnej informacji, podobnie jak o warunku początkowym, (c) Doktoranta nie wspomniana również o kwestii doboru numerycznych parametrów obliczeń, takich jak krok czasowy obliczeń i jego związek w siatką przestrzenną (stabilność obliczeń). Ponadto Autorka nie wyjaśnia w żadnym miejscu rozprawy w jaki sposób w symulacjach uwzględniono odziaływanie wiatru na kształtowanie się pola prędkości w zbiorniku, co jest szczególnie interesujące w kontekście tego, że w równaniach dynamicznych (12, 13) nie ma wcale członów reprezentujących powierzchniowe naprężenia wiatrowe (nie wiadomo również, co reprezentują siły jednostkowe f_x i f_y).
Proszę się o odniesienie się do uwag w trakcie obrony doktoratu.

5. *Symulacje numeryczne ruchu rumowiska.* Wobec braku w rozprawie opisu modelu ruchu rumowiska, niejasne stały się również opisy założeń wprowadzonych przez Autorkę do symulacji tego zjawiska. I tak: (a) niezrozumiała dla czytelnika jest koncepcja źródła (w kształcie elipsy) dystrybucji cząstek do strumienia płynącej wody i jego wymiarów, (b) idea losowego rozrzutu tych cząstek w źródle, (c) czasowej dystrybucji cząstek w przepływie ustalonym i nieustalonym. Ponadto kwestią samą w sobie jest odniesienie się do czułości obliczeń trajektorii i zasięgów cząstek na wielkość elementów skończonych, w których węzłach obliczono prędkości przepływu, a także na czasowy krok obliczeń.
Proszę się o odniesienie się do uwag w trakcie obrony doktoratu.

MS

Analizując wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 wraz ze zmianami), aby stwierdzić, czy są one spełnione należy odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania:

1. *Czy w rozprawie jasno sformułowane jest zagadnienie naukowe, które Kandydat postanowił rozwiązać oraz jaka jest zasadnicza teza pracy?*

   W przedstawionej mi do oceny pracy doktorskiej widoczne jest jednoznaczne sformułowanie problemu badawczego. Ponadto, przez klarownie przedstawioną tezę i cel pracy zagadnienie naukowe można uznać za jasno sformułowane.

2. *Czy rozprawa wykazuje dostateczny stopień teoretycznej wiedzy ogólnej Doktoranta?*

   Recenzent uznaje, że ogólny stopień wiedzy teoretycznej Kandydatki jest w pracy ukazany w wystarczającym stopniu.

3. *Czy można uznać, że Autor rozwiązał postawione zagadnienie naukowe i czy zrobił to samodzielnie, odpowiednio do stanu wiedzy naukowej i technicznej, z zastosowaniem właściwej metody?*

   Samodzielność zaproponowanego przez Doktorantkę rozwiązania problemu naukowego nie budzi wątpliwości Recenzenta. Do swoich badań wykorzystała ona właściwe metody naukowe (analizę teoretyczną, badania polowe, modelowanie matematyczne), a proces badawczy przeprowadziła poprawnie. Zdaniem Recenzenta opisane w recenzji ułomności pracy nie zmniejszają wartości merytorycznej rozprawy, którą można uznać za rozwiązanie postawionego zagadnienia naukowego.

4. Wniosek końcowy

Recenzowana praca jest ciekawą i wartościową pozycją w zakresie hydro- i morfo-dynamiki zbiorników zaporowych. Stanowi bowiem postęp zarówno w samej metodyce badań procesu transportu rumowiska w czaszy zbiornika, jak też odznacza się walorami praktycznymi, sprowadzającymi się do możliwości wykonywania numerycznych symulacji ruchu cząstek w strefie cofki zbiornika retencyjnego. Autorka rozprawy wykazała się bardzo dobrą znajomością badanych zagadnień i literatury przedmiotu, a sama rozprawa stanowi znaczący wkład do problematyki dynamiki strefy cofkowej zbiorników i badania procesu transportu rumowiska.

W świetle powyższych uwag stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Szlapy jest pracą oryginalną, zawierającą nowe rozwiązania, wartościową w sensie poznawczym i spełnia tym samym wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 wraz ze zmianami). Wnioskuję więc o dopuszczenie Autorki rozprawy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. inż. Michał Szydłowski
prof. nadzw. PG

Gdańsk, wrzesień 2019 r.

M. Szydłowski