

Kraków, dnia 22.05.2018 r.

dr hab. Krzysztof Chmielowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
tel. 698-611-964
e-mail: k.chmielowski@ur.krakow.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Sebastiana Kujawiaka**

pt., „**Wpływ warunków hydraulicznych w reaktorach barbotażowych ze złożem ruchomym na efektywność oczyszczania ścieków**”

1. Podstawa opracowania

Zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego – Pana dr. hab. inż. Andrzeja Greinerta, prof. UZ, nr WI-P/102/2018 z dnia 20.04.2018 r.

2. Ogólne omówienie rozprawy

Bytowanie człowieka związane jest z zużyciem wody do różnych celów. W wyniku jej zużycia powstają ścieki bytowe, które nie oczyszczone mogą stanowić poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Polska znajduje się w basenie morza Bałtyckiego i odprowadzanie nadmiernej ilości zanieczyszczeń do wód płynących może spowodować zagrożenie dla życia i funkcjonowania tamtejszego ekosystemu. Dlatego w Polsce na ogromną skalę buduje się nowe oczyszczalnie ścieków lub modernizuje istniejące. Najbardziej rozpowszechnioną technologią oczyszczania ścieków bytowych jest osad czynny.

W ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej Autor określił wpływ warunków hydraulicznych i wypełnienia złożem ruchomym w reaktorach barbotażowych na hydrodynamikę, efektywność procesu napowietrzania i usuwania zanieczyszczeń. Doktorant dokonał analizy procesu podnoszenia i transportu, napowietrzania oraz oczyszczania małych ilości ścieków, pochodzących z kanalizacji odciążonej i miejskiej, w prototypowym bioreaktorze biologicznym. Autor wykonał opis matematyczny napowietrzania reaktora, optymalizację dwukryterialną w sensie Pareto pracy reaktora, model przepływu mieszaniny dwufazowej w podnośniku oraz analizę statystyczną wyników badań.

Generalnie praca doktorska Pana mgr inż. Sebastiana Kujawiaka została podzielona na 7 ponumerowanych rozdziałów. Pierwszy rozdział „Wstęp” stanowi półtorej stronicowe wprowadzenie czytelnika we właściwą tematykę. Drugi rozdział stanowi swoisty przegląd literaturowy dotyczący poruszanej przez Doktoranta tematyki. Rozdział ten został podzielony przez Autora na trzy podrozdziały, w których odpowiednio opisuje zagadnienia dotyczące podstaw mechaniki płynów (w układzie ciecz - gaz), technik napowietrzania oraz metod oczyszczania ścieków. Układ tego rozdziału jest poprawny i logiczny. W znacznej części tego rozdziału Autor powołuje się na literaturę zagraniczną oraz krajową. Rozdział ten składa się z 41 stron co stanowi około 25% całej pracy. Bogata literatura wykorzystana przez Autora rozprawy doktorskiej świadczy o jego zaangażowaniu w poszukiwaniu dostępnych źródeł, co z kolei pozwoliło na przejrzyste nakreślenie problemu, który zamierza rozwiązać.

Rozdział trzeci dotyczy celu i zakresu badań. Jest to krótki rozdział (1 strona), w którym Doktorant precyzyjnie przedstawił, co zamierza zrobić i w jakim celu. Zasadniczym celem naukowym pracy doktorskiej była analiza warunków hydraulicznych pracy podnośników powietrznych i reaktorów barbotażowych, warunków tlenowych w reaktorze barbotażowym bez wypełnienia i z wypełnieniem złożem ruchomym oraz ich wpływu na efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Autor sformułował trzy hipotezy badawcze:

- zainstalowanie dodatkowego króćca w podnośniku wodno - powietrznym wpływa na cyrkulację cieczy, zdolność natleniania i stężenie tlenu w reaktorze oraz wysokość podnoszenia cieczy,
- wypełnienie reaktora kształtkami o powierzchni właściwej $350 \text{ m}^2/\text{m}^3$ wpłynie korzystnie na czas zatrzymania tlenu w reaktorze, a zarazem poprawi zdolność natleniania i efektywność natleniania cieczy w reaktorze barbotażowym,
- Skuteczność napowietrzania i usuwania zanieczyszczeń ze ścieków zależy od warunków hydraulicznych i tlenowych w reaktorze, wynikających z jego konstrukcji (położenie króćca i wypełnienie złożem ruchomym).

Dodatkowo Doktorant sformułował cel praktyczny pracy doktorskiej, którym było podczyszczenie ścieków poprzez redukcję zanieczyszczeń organicznych i biogennych przy stężeniu tlenu rozpuszczonego min. $1 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ dla najkorzystniejszego wariantu konstrukcji reaktora.

W kolejnym, czwartym rozdziale Autor przedstawił metodykę badań. Rozdział ten został bardzo starannie przygotowany, jego układ jest czytelny i nie budzi wątpliwości. Metodyka badań przedstawiona w pracy jest odpowiednia i pozwoliła Autorowi na zrealizowanie postawionych celów badawczych. Rozdział ten składa się z dwóch zasadniczych części

dotyczących: instalacji laboratoryjnej i terenowej. Metodyka badawcza do każdej z tych instalacji została opisana i przedstawiona poprawnie. Rozdział składa się z 21 stron, co stanowi około 13% objętości pracy.

Rozdział piąty (wyniki badań i ich dyskusja), jest najważniejszym rozdziałem w rozprawie doktorskiej i stanowi on o wartości naukowej pracy. Rozdział ten składa się z 69 stron, co stanowi około 42% objętości pracy. Takie proporcje są poprawne i świadczą dobrze o podejściu Autora do pisania pracy naukowej. Rozdział piąty został podzielony na pięć podrozdziałów, w których Autor przedstawił wykonane badania oraz dokonuje interpretacji uzyskanych wyników. Rozdział jest napisany z dużą starannością i pozwala Doktorantowi na rozwiązanie problemów postawionych w celu pracy. W pierwszym z podrozdziałów, dotyczących badań laboratoryjnych, Doktorant w sposób szczegółowy przedstawia uzyskane wyniki i dokonuje ich dyskusji. W drugim podrozdziale Autor przedstawia wyniki z badań przeprowadzonych w terenie oraz dokonuje szczegółowej ich dyskusji. Podrozdział kończy podsumowanie, w którym Autor przedstawia najważniejsze spostrzeżenia z badań terenowych. Kolejny podrozdział dotyczy przeprowadzonej przez Autora optymalizacji dwukryterialnej. Na podstawie przeprowadzonej optymalizacji Autor stwierdza, że najkorzystniejszym pod względem optymalności w sensie Pareto jest reaktor barbotażowy z 30% wypełnieniem złożem ruchomym. W czwartym podrozdziale Autor przedstawia model matematyczny napowietrzania reaktora. W ostatnim, piątym podrozdziale Doktorant dokonał szczegółowej analizy statystycznej uzyskanych wyników badań. Należy podkreślić, że rozdział piąty (Wyniki badań i ich analiza) został wykonany z dużą starannością, co pozwoliło Autorowi na uzyskanie odpowiedzi na problem postawiony w celu pracy.

W szóstym, przedostatnim ponumerowanym rozdziale Doktorant dokonał swego rodzaju podsumowania dotychczasowej pracy. Rozdział ten składa się z 6 stron i zawiera najważniejsze informacje uzyskane przez Autora podczas realizacji rozprawy doktorskiej. Podsumowanie jest zrobione w sposób odpowiedni, dzięki czemu potencjalny czytelnik może w przejrzysty sposób uzyskać informacje dotyczące najważniejszych dokonań Doktoranta.

Ostatni siódmy rozdział stanowią wnioski, które zostały sformułowane przez Autora pracy na podstawie przeprowadzonych badań. Na podstawie sformułowanych wniosków Autor rozprawy doktorskiej odpowiedział na problem postawiony w celu pracy.

Rozprawa doktorska obejmuje 149 stron spójnego tekstu oraz 15 stron, na których zawarto spis literatury, spis rycin i spis tabel. W tekście rozprawy doktorskiej znajdują się 30 tabele i

104 rysunki. Literatura jest bardzo liczna i obejmuje 145 pozycji, z których 92 pozycje stanowią prace obcojęzyczne (głównie w j. angielskim).

Doktorant, na podstawie przeprowadzonej analizy zebranego materiału wykazał, że:

- Położenie króćca zainstalowanego na odcinku tłocznym podnośnika powietrznego, w większym stopniu wpływa na wydajność układu Qw, warunki napowietrzania i skuteczność usuwania zanieczyszczeń, niż wypełnienie reaktora złożem ruchomym „W”.
- Niezależnie od położenia króćca nad dnem reaktora, w granicach $34 \leq H \leq 84$ cm, również przy jego minimalnym zatopieniu $H_d = 40$ cm, przez króciec zawsze następuje wypływ mieszaniny ciecz - gaz.
- Poprawa warunków napowietrzania cieczy w reaktorze barbotażowym odbywa się kosztem zmniejszenia wysokości podnoszenia H_t i natężenia przepływu transportowanej cieczy Qw.
- Wypełnienie reaktora złożem ruchomym poprawia warunki tlenowe przy górnym położeniu króćca ($H = 84$ cm) i może wpływać korzystnie na sprawność usuwania zanieczyszczeń. Poprawę warunków natleniania umożliwia umieszczenie w reaktorze złoża ruchomego.

Na podstawie przeprowadzonych badań Doktorant w sposób poprawny odpowiedział na problem postawiony w celu pracy. Wnioski są rzetelne i wynikają z przeprowadzonych prac badawczych. Należy dążyć do kontynuowania badań w tym zakresie w skali póltechnicznej lub technicznej, co pozwoli w przyszłości wykorzystać wyniki w praktyce.

3. Uwagi krytyczne i dyskusyjne o charakterze merytorycznym i edytorskim

Recenzent po zapoznaniu się z rozprawą doktorską ma następujące uwagi:

- a) Brak powołań na literaturę we wstępie pracy. W tej części pracy doktorskiej Autor przekazuje znaczą ilość danych, które proponuję poprzeć stosowną literaturą fachową.
- b) W spisie ważniejszych oznaczeń brakuje kilku symboli, które są w pracy: np. SPL, prędkość poślizgu, Q_L i Q_P , μ_H , μ_g , μ_l , C_L .
- c) Na stronie 11 proponuję przenieść rycinę 2.2 poniżej tekstu stanowiącego wymienienie przez Autora dwóch zasadniczych wariantów, w których może się odbywać ruch wody w kolumnie barbotażowej (przesunąć ryc. 2.2 o 5 wierszy w dół).
- d) Czy oznaczenia na rycinie 2.2 są poprawne?. Czy „W” nie powinno być niżej (tam gdzie jest ciecz?).
- e) Rycina 5.5 jest mało czytelna, proponuję poprawić opis tekstowy ryciny, co znacznie poprawi jego czytelność.
- f) We wzorach 2.3 i 2.4 są zaznaczone przepływy jako „ Q_L ” „ Q_P ” a w oznaczeniach poniżej jest „ Q_l ” „ Q_p ” (raz są małe a raz duże litery w indeksach dolnych). Proponuję ujednoczyć zapis.

- g) Czy wzór 2.6 jest poprawnie zapisany? Czy zamiast dwa razy opisywać lepkość gazu nie powinno być raz lepkość gazu a drugi raz lepkość cieczy?.
- h) Na stronie 25 w wierszu 3 od dołu jest średnik a powinien być przecinek.
- i) Na stronie 28 w wierszu 12 od dołu brak jest przecinka.
- j) Na stronie 29 w wierszu 1 brak jest jednostek przy „t” i „C_L”.
- k) Opisy na rycinie 2.13 są mało czytelne , proponuję zwiększyć czcionkę tekstu.
- l) W tabeli 2.6 w pierwszej kolumnie należy ujednoczyć sposób zapisu (albo wszystko z dużej litery albo z małej – sugeruję poprawić na dużą literę)
- m) Na stronie 35 w wierszu 1 od dołu jest literówka - proszę zmienić zapis z „zmiana prędkości wznoszących się pęcherzyków o 5 cm/s powoduje zwiększania wnikania tlenu...” na „zmiana prędkości wznoszących się pęcherzyków o 5 cm/s powoduje zwiększanie wnikania tlenu...”.
- n) Na stronie 37 w wierszu 4 od dołu Autor powołuje się na dane z GUS z 2014 roku. Proponuję uaktualnić dane do obecnie dostępnych (2016 lub 2017 rok).
- o) W tabeli 2.7 proszę poprawić jednostkę dla fosforu ogólnego (błędnie zapisano dla azotu ogólnego).
- p) Proszę ujednoczyć zapis jednostki „Litr” ponieważ raz Autor zapisuje małą a raz dużą literą.
- q) W tabeli 2.8 proponuję zmienić opis na „Średnie wartości wskaźników zanieczyszczenia ścieków bytowych”.
- r) Na stronie 42 w wierszu 7 powinien być zapis „Dwie pierwsze wymienione formy ...” a jest „Dwa pierwsze wymienione formy ...” – proszę to poprawić.
- s) We wzorze 2.61 brak jest opisu składowej „L_z” – proszę to uzupełnić.
- t) W nagłówku rozdziału 3 jest błąd literowy, jest „Cel i zakres **badan**” a powinno być „Cel i zakres badan” – proszę poprawić ten zapis.
- u) W opisie pod ryciną 4.2 w wierszu 2 niepotrzebnie wprowadzono słowo „zainstalowanego” – proszę usunąć ten zapis.
- v) Na stronie 58, tam gdzie Autor wymienia na czym polegały etapy badań, proponuję po każdej serii wprowadzić przecinek a na samym końcu kropkę.
- w) Bezpośrednio pod nagłówkiem rozdziału 5 jest tzw. Tekst pływający. Proszę go usunąć. Między podrozdziałami nie powinno być żadnego tekstu.
Proponuję zapis :
 - 5. Wyniki badań i ich analiza
 - 5.1 Wyniki badań laboratoryjnych
 - 5.1.1 Wyniki badań hydraulicznych
 - 5.1.1.1 Etap L1
- x) Proponuję usunąć tekst pływający (4 linijki tekstu) pod nagłówkiem 5.1.2
- y) Z opisu ryciny 5.33 proszę usunąć średnik.
- z) Proszę usunąć tekst pływający (4 linijki tekstu) pod nagłówkiem 5.2.

Powyższe uwagi mają charakter edycyjny i nie wpływają znacząco na merytoryczną wartość pracy, którą oceniam wysoko.

4. Wniosek końcowy

Według opinii Recenzenta, rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Kujawiaka jest bardzo wnikliwym i cennym opracowaniem podjętego problemu badawczego. Doktorant osiągnął zamierzony cel pracy, a założone tezy badawcze zostały przez Niego udowodnione. Autor rozprawy doktorskiej wykazał się odpowiednim przygotowaniem teoretycznym i

praktycznym. Wykazał się znajomością współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy oraz umiejętnością planowania i prowadzenia badań naukowych. Autor pokazał, że potrafi właściwie wykonać zamierzone cele badawcze oraz prawidłowo i wnikliwie zinterpretować uzyskane wyniki badań.

Biorąc po uwagę zaprezentowaną powyżej pozytywną ocenę osiągnięć Doktoranta stwierdzam, że Jego praca pt. „Wpływ warunków hydraulicznych w reaktorach barbotażowych ze złożem ruchomym na efektywność oczyszczania ścieków” spełnia warunki obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595). Dlatego wnioskuję o jej przyjęcie jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Sebastiana Kujawiaka do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Kraków, dnia 22.05.2018 r.

.....

dr hab. inż. Krzysztof Chmielowski