

Dr hab. inż. Małgorzata Makowska
Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej
Wydział melioracji i Inżynierii Środowiska
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Anny Twarowskiej pt.

„Ocena właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego z wykorzystaniem wyników badań kinetyki jego suszenia”

1. Podstawa wykonania recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest uchwała Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej podjęta w dniu 17 kwietnia 2013 r. oraz umowa o dzieło z Politechniką Świętokrzyską w Kielcach z dnia 20.05.2013 r.

2. Ocena zasadności podjęcia tematu

Mgr inż. Anna Twarowska zajęła się w pracy doktorskiej pt. „Ocena właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego z wykorzystaniem wyników badań kinetyki jego suszenia” problemem własności sedymentacyjnych osadu czynnego. Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego jest elementem bardzo wielu systemów oczyszczania, gdyż umożliwia skuteczne usuwanie zanieczyszczeń w szerokim zakresie. Nieodłączną częścią takiego układu jest sedymentacja osadu czynnego; skuteczność tego procesu ma istotny wpływ na efekt oczyszczania. Stąd podjęcie problemu właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego jest bardzo istotne tak z punktu widzenia naukowej analizy samego procesu jak i ze względu na zastosowanie do kontroli efektywności pracy biologicznych systemów oczyszczania ścieków. Biorąc pod uwagę próbę wykorzystania

przez Autorkę różnych – w tym nowatorskich – metod oceny i rozwiązania problemu, podjęcie tematu jest szczególnie uzasadnione.

3. Ocena celu i zakresu pracy

Mgr inż. Anna Twarowska wyznaczyła sobie jeden główny cel pracy. Było to wykazanie, że ocenę właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego można przeprowadzić na podstawie analizy zmian masy próbki osadu podczas suszenia. Zadanie postanowiła wykonać przy wykorzystaniu wagosuszarki, umożliwiającej ciągły pomiar i rejestrację masy próbki w trakcie jej ogrzewania. Kolejnym celem było badanie wpływu substancji silnie wiążących wodę, tzw. superabsorbentów, na właściwości sedymentacyjne osadu.

Dużą część pracy Autorka poświęciła testom sedymentacyjnym oraz analizie dopasowania modeli opisujących przebieg sedymentacji oraz zmiany wilgotności osadu w trakcie suszenia. Te istotne części pracy powinny zostać uwzględnione w celach szczegółowych obok modyfikacji właściwości sedymentacyjnych osadu za pomocą superabsorbentów.

Wszystkie wyznaczone zadania i postawione problemy zostały ujęte w zakresie pracy, w którym Autorka wymieniła: studium literaturowe, opis oryginalnej metodyki, analizę uzyskanych wyników eksperymentów obejmujący badania w różnych wariantach właściwości sedymentacyjnych i kinetyki suszenia osadu oraz opracowanie wniosków.

4. Ocena metodyki badań zastosowanej w pracy

Metodyce badań Autorka poświęciła – i słusznie – oddzielny rozdział dysertacji. Krótko scharakteryzowała i zilustrowała fotografiami oczyszczalnie ścieków, w których pobierała próbki osadu do badań, wymieniła również zastosowane superabsorbenty. Opisała sposób wykonania prób sedymentacyjnych oraz zamieściła ogólne równania, które wykorzystywała potem jako modele sedymentacji. Niestety, nie podała, w jaki sposób uzyskała lub skąd zaczerpnęła równania nr (13) i (16). Skądinąd wiadomo, że w literaturze można znaleźć analogiczne zależności.

Doktorantka zaproponowała oryginalną metodykę badania kinetyki suszenia osadu z wykorzystaniem wagosuszarki. Przyjęła również sposób opracowania wyników suszenia otrzymanych w postaci szeregu czasowego zmian suchej masy badanej próbki. Również w tym miejscu opis metodyki Autorka ilustruje wykresami wykonanymi na podstawie

badania własnych, co jest przedwczesne i powinno być umieszczone w rozdziale następnym. Z tekstu rozdziału wynika również, że poszukiwanie współczynników do modeli oraz testy statystyczne zostały przeprowadzone przy pomocy programu Statistica (test Tukey'a, metoda Lovenberga –Marquardta).

5. Struktura i charakterystyka pracy

Praca przedstawiona do oceny składa się z 7 rozdziałów, spisu literatury, tabel i rysunków. Tekst o objętości 133 stron zawiera 31 tabel i 65 rysunków.

Rozdział 1 jest wprowadzeniem, zawierającym informacje na temat oczyszczania ścieków osadem czynnym oraz – stosunkowo rozbudowaną – część dotyczącą zdolności sedymentacyjnych osadu czynnego. Autorka podaje tutaj dość szczegółowe informacje dotyczące teorii sedymentacji i testów sedymentacyjnych. Wspomina o równaniach stosowanych do modelowania procesu sedymentacji oraz objętościowych testach sedymentacyjnych, stosowanych w ocenie zdolności sedymentacyjnych osadu czynnego. Autorka słusznie wskazuje na problemy, jakie występują przy interpretacji wyników stosowanych metod oceny osadu czynnego, uzupełnianych pomiarami parametrów morfologicznych kłaczków i obserwacjami mikroskopowymi. Uważam jednak, że część tych informacji, łącznie z ilustracją pochodzącą z badań własnych, do której Autorka odwołuje się przy omawianiu wyników badań, mogłaby być umieszczona w dalszej, szczegółowej części pracy.

Rozdział 2 zawiera cel i zakres pracy. Omówiono go bardziej szczegółowo w poprzednim punkcie recenzji.

W rozdziale 3 Autorka przeprowadziła przegląd literatury pod kątem właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego. Przedstawiła charakterystykę kłaczków osadu, zwracając szczególną uwagę na czynniki wpływające na ich wielkość i wytrzymałość: zewnątrzkomórkowe substancje polimeryczne (EPS) oraz 2 i 3 – wartościowe kationy. Następnie skupiła się na przyczynach zmian właściwości sedymentacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem zjawiska tzw. puchnięcia osadu, wskazując, że głównymi przyczynami są zbyt duże lub zbyt małe obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń oraz zmienny skład ścieków. Dalej wskazała na stosowane sposoby poprawy zdolności sedymentacyjnych osadu czynnego wymieniając metody chemiczne, technologię Biogradex oraz metodę osadu granulowanego.

Kolejny rozdział 4 stanowi ciąg dalszy przeglądu literatury, tym razem dotyczący teorii suszenia. Autorka podaje w skrócie kilka podstawowych zależności, po czym zajmuje się bardziej szczegółowo kinetyką suszenia, omawiając krzywe suszenia i krzywe szybkości suszenia. Omawiane zależności ilustruje nie tylko przykładami teoretycznymi, ale również wynikami własnych badań, co moim zdaniem należało umieścić w części dotyczącej omówienia wyników badań własnych.

W rozdziale 5 Autorka krótko charakteryzuje i ilustruje fotografiami 5 oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w okolicach Kielc, z których pobierała próbki osadu do badań. Dalej opisuje przyjętą metodykę badań własnych (p. 4 recenzji). W jednym z podrozdziałów zamieściła charakterystykę superabsorbentów, co – moim zdaniem – powinno się znaleźć w przeglądzie literatury. W metodyce wystarczyło podać, jakie substancje będą użyte do badań. Również ilustrowanie przyjętych metod opracowania danych własnymi wynikami badań wydaje się tutaj trochę przedwczesne. Podobnie wyznaczanie stałej n do równania nr (16), co jest istotnym elementem do późniejszej analizy kinetyki suszenia powinno być umieszczone w części dotyczącej analizy badań własnych.

Rozdział 6 zawiera wyniki badań przeprowadzonych przez Autorkę. Doktorantka opracowała wyniki przeprowadzonych testów sedymentacyjnych, konstruując krzywe sedymentacji dla różnych rozcieńczeń osadu z poszczególnych oczyszczalni. Wyznaczyła stałe do równania regresji (13) uzyskując współczynnik determinacji $> 0,90$ i tym samym wykazała, że wybrany model dobrze odwzorowuje analizowane zjawisko. Na podstawie kolejnych wykresów Autorka stwierdziła, że wraz ze zmniejszaniem suchej masy osadu polepszają się właściwości sedymentacyjne – zależność między wysokością strefy rozdziału a suchą masą osadu jest istotna statystycznie. Zależność stałej α od suchej masy osadu była statystycznie istotna dla wszystkich badanych wariantów. Ostatecznie Autorka stwierdziła, że wartość stałej α jest związana z suchą masą osadu funkcją potęgową, a H_{∞} - liniową. Szkoda, że nie poświęciła więcej uwagi indeksowi objętościowemu osadu (SVI), którego wartość wyliczyła dla wszystkich badanych próbek osadu i nie oceniła jego przydatności i wiarygodności w porównaniu z zaproponowanymi przez siebie metodami. Taka analiza mogła być interesująca tym bardziej, że w wielu oczyszczalniach stosuje się indeks objętościowy do oceny zdolności sedymentacyjnej osadu chociaż z praktyki wiadomo, że ma on pewne wady i nie powinien być jedynym kryterium oceny.

Kolejną część omówienia wyników badań Autorka poświęciła kinetyce suszenia osadu oraz związkom parametrów kinetycznych suszenia z wynikami testów

sedymentacyjnych. W tabelach zestawiała wyniki testów, stałe wyznaczone do rów. (13) oraz szeregi czasowe zmian wagi osadu w trakcie suszenia wraz z wyznaczonymi współczynnikami do rów. (16) i (17), opisujących zmianę wilgotności w zależności od bezwzględnej szybkości suszenia osadu. Autorka, konstruując odpowiednie wykresy stwierdziła, że wartość maksymalna szybkości suszenia jest odwrotnie proporcjonalna, a stała empiryczna $k_{1,5}$ wprost proporcjonalna do stężenia suchej masy osadu. Powiązano również stałe α i H_{∞} z rów. (13) z W_{\max} z rów. (16) i uzyskano zależność odpowiednio liniową i potęgową, co ostatecznie doprowadziło do wniosku, że właściwości sedymentacyjne osadu czynnego poprawiają się wraz ze wzrostem maksymalnej bezwzględnej szybkości suszenia.

W ostatnim podrozdziale omówienia wyników Autorka przedstawiła efekty badań przeprowadzonych z dodatkiem superabsorbentów. Najpierw wykonała testy na zawiesinach czystych substancji i na podstawie licznych wykresów ustaliła, że zwiększenie stężenia hydrożelu powoduje zmniejszenie bezwzględnej szybkości suszenia. Lepsze okazało się dopasowanie modelu wg rów. (16), gdyż superabsorbenty charakteryzują się inną naturą wiązania wody, niż kłaczkosy osadu czynnego. Nie bez znaczenia był rodzaj substancji. Dalej Autorka przedstawiła wyniki badań osadu czynnego z dodatkiem różnego rodzaju superabsorbentów. Skonstruowała krzywe szybkości suszenia oraz zastosowała ponownie modele wg rów. (16) i (17). Stwierdziła, że wyniki są porównywalne przy dodatku hydrożelu w ilości do 10% suchej masy osadu.

Autorka podjęła również próbę powiązania objętości osadu po 30 minutach sedymentacji z parametrami opisującymi kinetykę suszenia. Stwierdziła – biorąc pod uwagę wszystkie uzyskane wcześniej wyniki – że istotna statystycznie jest zależność objętości od szybkości suszenia, co pozwoliło na konkluzję o możliwości oceny zdolności sedymentacyjnych osadu czynnego na podstawie kinetyki suszenia.

W ostatnim rozdziale 7 doktorantka podsumowała całość pracy i sformułowała 6 wniosków, w których stwierdziła przydatność podanego wcześniej modelu do opisu procesów sedymentacji osadu czynnego oraz wskazała na zależności między parametrami, pozwalające na ocenę zdolności sedymentacyjnych na podstawie kinetyki suszenia osadu czynnego. Wnioski mogły być ułożone w innej kolejności, co jednak nie wpływa na ich wartość. Wstępne podsumowanie zawarto już w rozdziale 6, gdzie Autorka słusznie doszła do wniosku, że właściwości sedymentacyjne są cechą indywidualną osadu czynnego pochodzącego z danego systemu oczyszczania.

6. Syntetyczna ocena pracy

Mgr inż. Anna Twarowska w ramach pracy doktorskiej przeprowadziła badania procesu sedymentacji osadu czynnego i przeanalizowała właściwości sedymentacyjne osadu. Na podstawie wyników uzyskanych w testach sedymentacyjnych stwierdziła przydatność równań (13) i (16) do modelowania procesu sedymentacji oraz opisu kinetyki suszenia osadu. W pracy zastosowała oryginalną metodę oceny właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego przy wykorzystaniu procesu jego suszenia w wagosuszarce, analizując szeregi czasowe zmian suchej masy osadu w trakcie suszenia. Wszystkie wnioski formułowane na podstawie obliczeń były poparte testami statystycznymi. Doktorantka wykonała również serię badań właściwości sedymentacyjnych osadu z dodatkiem superabsorbentów i oceniła wpływ tych substancji na sedymentację osadu.

Wyniki badań stały się podstawą zgłoszenia patentowego pt. „Sposób i urządzenia do określania właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego”, co stanowi istotne osiągnięcie Doktorantki.

Na uwagę zasługuje znaczna ilość cytowanej literatury – aż 245 pozycji, z czego niektóre są dość luźno związane z tematem - co świadczy o dobrej orientacji w tematyce pracy.

Wymienione elementy pracy doktorskiej stanowią istotny wkład w problematykę oceny właściwości sedymentacyjnych osadu czynnego, zwłaszcza, że ocena jakości osadu, w tym zdolności do sedymentacji, prowadzona na bieżąco jako bardzo istotna dla prawidłowej eksploatacji oczyszczalni ścieków, powinna być wykonywana metodami dającymi wiarygodne wyniki.

Podjęta w pracy tematyka była bardzo obszerna i wymagała odpowiednich umiejętności tak w zakresie rozważań teoretycznych, jak i w zakresie prowadzenia eksperymentów. Przeprowadzone badania i sposób opracowania wyników świadczą o predyspozycji i zaangażowaniu Autorki w prowadzenie badań naukowych i umiejętności wieloaspektowego analizowania uzyskanych wyników.

7. Uwagi szczegółowe

W pracy, oprócz wskazanych wcześniej uchybień związanych z kolejnością czy umiejscowieniem w tekście pracy prezentowanych zagadnień, zauważono drobne błędy edytorskie, np.:

- brak na rys. 13 punktów omawianych w tekście,
- w rów. (16) k zamiast k_n (por. rów. 17),
- wartości w tabeli 21 podawane z dokładnością aż do 5 czy 8 miejsca po przecinku (w sytuacji, gdy jednostką jest cm),
- brak części jednostek w tabelach,
- w tytule rys. 53 „zależność wykładnicza” zamiast potęgowej, która jest na wykresie,

co proponuję poprawić w trakcie przygotowania pracy do publikacji.


Ponadto zamiast „osady czynne” proponuję użyć określenia osad czynny, zamiast „złoże zawirowalne” nazwy „złoże ruchome” , a zamiast wykres rozrzutu – wykres korelacji.

8. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa mgr Anny Twarowskiej pt. „Ocena właściwości sedimentacyjnych osadu czynnego z wykorzystaniem wyników badań kinetyki jego suszenia” zawiera oryginalne wyniki badań oraz oryginalną metodykę a jej treść wskazuje na dobrą znajomość poruszanej tematyki oraz umiejętność prowadzenia przez Autorkę badań naukowych.

Praca spełnia warunki 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 art.13 (Dz.U. nr 65 poz. 595, 2003).

W związku z tym wnioskuję do Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Anny Twarowskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Dr hab. inż. Małgorzata Makowska