

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy : **MODELOWANIE FILTRACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH PRZEZ ZMIANĘ PARAMETRÓW PROCESU**

Autor : **mgr inż. Anna Tucholka**

Afiliacja : **Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska**

Podstawa formalna

recenzji : **Umowa o Dzieło nr RN-UC-144/22 z dnia 9. sierpnia 2022r.**

Słowo wstępne

Recenzowana rozprawa doktorska związana jest z problemem odwadniania osadów ściekowych powstających w procesie oczyszczania ścieków komunalnych. Ze względu na globalną ilość tego rodzaju odpadów oraz wysoki stopień uwodnienia i konieczność ich przetwarzania do postaci użytkowej, to zmniejszenie zawartości wody w osadach odgrywa kluczową rolę efektywnego zagospodarowania osadów ściekowych. Działaniem mającym na celu zwiększenie sprawności wydzielenia i usunięcia wody z ośrodka wielofazowego, jakim są osady ściekowe, jest kondycjonowanie osadów w fazie preprocesowej. W rezultacie następują zmiany właściwości fizycznych, w tym osłabienie sił adhezji odpowiedzialnych za skuteczne wiązanie wody z cząstkami stałymi. Substancjami wykorzystywanymi od wielu lat do kondycjonowania osadów są m.in. polielektrolity wpływające na efektywność flokulacji cząstek osadu oraz materiały mineralne również te, które były przedmiotem badań w recenzowanej rozprawie. Kluczowym czynnikiem warunkującym szybkość odwadniania osadów przy zastosowaniu np. pras filtracyjnych jest ciśnienie wymuszające jednokierunkowy przepływ fazy ciekłej. Wpływ kondycjonowania osadów oraz parametrów procesowych, w tym ciśnienia na efektywność filtracji był przedmiotem licznych badań

prezentowanych w dostępnej literaturze. Zatem trudno mówić w przypadku recenzowanej rozprawy o badaniach przełomowych. Natomiast sposób przeprowadzenia badań wyrażony ilością analizowanych wariantów i w konsekwencji uzyskanie komplementarnej wiedzy w przedmiocie prowadzonych badań jest warty uznania. Na uwagę zasługuje również sposób interpretacji uzyskanych wyników, w tym próba zastosowania sztucznej sieci neuronowej (ANN), jako narzędzia opisu matematycznego procesu odwadniania osadów.

Reasumując, w sytuacji stale przybywającej ilości osadów ściekowych i rosnących kosztów ich przetwarzania, prace poświęcone zagadnieniu odwadniania osadów mają istotne znaczenie tym bardziej, jeżeli ich wyniki można zastosować w praktyce. Bez wątplenia recenzowana rozprawa ma walory użytkowe, co nadaje jej charakter pracy aplikacyjnej.

Ocena rozprawy doktorskiej

Ocenę pracy doktorskiej mgr inż. Anny Tuchołki, uwzględniając wymogami określone w umowie przez Zamawiającego recenzję, przeprowadzono w oparciu o 7 kryteriów.

1. Układ rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska ma formę opracowania monograficznego. Rozprawa zawiera 178 stron tekstu podzielonego pomiędzy części wprowadzającą, merytoryczną i uzupełniającą składającą się ze spisu literatury oraz wykazu tabel i rysunków. W części wprowadzającej umieszczono: wykaz oznaczeń, streszczenie w j. polskim i angielskim oraz wstęp. Część merytoryczna zawiera 7 rozdziałów. Biorąc pod uwagę opisy poszczególnych rozdziałów można odnieść wrażenie, że strukturę rozprawy oparto na klasycznym *modus operandi*, charakterystycznym dla tego rodzaju rozprawy doktorskiej. Oznacza to, że: przeprowadzono przegląd literatury, zdefiniowano cel i zakres pracy, opisano metodykę badawczą, przedstawiono wyniki badań, dokonano ich interpretacji i sformułowano wnioski. A gdzie wyartykułowana hipoteza badawcza? Można ją odnaleźć w rozdziale 2. Cel i zakres pracy. Należy podkreślić, że hipoteza (nie teza) z definicji podlegająca weryfikacji jest rezultatem przeprowadzonego studium, czyli przeglądu literatury naukowej. Natomiast cel pracy, wynika bezpośrednio z przyjętej hipotezy i w pewnym sensie ustawia kierunek planowanych badań. Tak więc chronologicznie rzecz ujmując, umieszczenie tezy w części definiującej cel pracy jest nielogiczne. Odrębną kwestią jest treść postawionej hipotezy. Jeżeli cyt.: *Dodatek substancji mineralnych do osadów ściekowych kondycjonowanych środkami chemicznymi powoduje zmniejszenie ich ściśliwości dzięki temu niweluje wzrost oporu hydraulicznego przegrody filtracyjnej, a co za tym idzie nie zmniejsza wydajności i prędkości procesu filtracji ciśnieniowej, to rodzi się pytanie o wymiar praktyczny rozstrzygnięcia tej kwestii. Natomiast stwierdzenie, że owy dodatek zwiększa wydajność i prędkość procesu filtracji ciśnieniowej, nadałoby hipotezie intrygującą treść prowokującą do jej weryfikacji.*

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy, pomimo wskazanych wątpliwości, jest pozytywna.

2. Zastosowane piśmiennictwo

Piśmiennictwo Doktorantki jest poprawne i adekwatne do treści oraz charakteru rozprawy. Wszystkie części merytoryczne rozprawy, a w szczególności: Cel i zakres pracy (pkt. 2.), Obiekt badań i metodyka badawcza (pkt. 3.), Wyniki i ich analiza (pkt. 4.) oraz Ocena efektywności odwadniania osadów ściekowych (pkt. 5.) są opisane czytelnie przy wykorzystaniu nomenklatury odpowiadającej specyfice omawianych zagadnień. Wnioski końcowe (pkt. 7.) sformułowano jednoznacznie, w sposób umożliwiający bezpośrednio ich zastosowanie w praktyce.

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy jest pozytywna.

3. Cel pracy i metody badawcze

Doktorantka sformułowała cel pracy, określony jako cel naukowy, w sposób nie budzący wątpliwości. Natomiast, podany cel użyteczny, w gruncie rzeczy należy ocenić w kategorii hipotezy, a nie celu pracy, jako takiego. Organizację zaplanowanych i przeprowadzonych badań można odczytać ze schematu badawczego przedstawionego na rys. 26. (str. 56). Warty podkreślenia jest duża ilość wariantów przeprowadzonych eksperymentów. W procesie kondycjonowania osadów ściekowych ustalono optymalny dodatek polielektrolitu typu C-944, który w ilości 2,5 mg/ g s.m. osadu był powtarzany w różnej konfiguracji z arbitralnie wybranymi dodatkami mineralnymi w postaci: cementu, popiołu, gipsu i zeolitu. Uwzględniając: 2. dawki dodatków mineralnych (0.4 i 0.8 g), 4 wartości ciśnienia filtracji (2, 3, 4 i 5 bar) oraz 9 konfiguracji dla jednego rodzaju osadów, to liczba testowanych wariantów wyniosła 72, co dla 3. badanych rodzajów osadów, tj. wstępnego, zmieszanego i pofermentacyjnego, daje liczbę 216 wariantów, które zostały opisane danymi umieszczonymi w tabelach 4÷30. Powyższa wartość nie zgadza się z liczbą podaną na str. 156, której wartość wynosi 256. Biorąc pod uwagę, że podane wartości oznaczają w rzeczywistości liczbę przypadków zastosowanych na etapie tworzenia sieci neuronowej, to powstaje pytanie która z nich jest właściwa. Do stworzenia modelu opisującego proces filtracji zastosowano ANN generującej odpowiedzi ilościowe, a więc realizującej zadanie regresji uogólnionej. W takim przypadku, liczba przypadków jest kluczowa ze względu na kryterium określającym minimalną liczbę przypadków wobec liczby zmiennych zależnych (StatSoft, handbook). W tym kontekście, uwzględniając relatywnie małą liczbę przypadków, akceptacja standardowego podziału bazy danych na zbiory: uczący, testujący i walidacyjny w proporcji 70:15:15 jest dyskusyjna. Można było testować konfiguracje sieci przy mniejszym zbiorze walidacyjnym, który jest wykorzystywany w fazie tworzenia sieci przez algorytm kontrolny zatrzymujący proces uczenia w momencie zagrożenia

przetrenowaniem sieci. Trudno zrozumieć dlaczego stworzono dwa różne modele ANN, prognozujące wartości współczynnika ściśliwości- MLP 20-11-1 (nr.1) oraz uwodnienie końcowe i wydajność- MLP 19-25-2 (nr.2), skoro wszystkie trzy parametry były badane równolegle. Jeżeli nawet istnieje współzależność pomiędzy zmiennymi wyrażona wysoką korelacją, to sieci neuronowe nie wykluczają takiego związku. Ta cecha odróżnia ANN od innych narzędzi regresyjnych, np. regresji wielokrotnej. Co ważne, w przypadku sieci nr.1, wykorzystano 9 zmiennych niezależnych, a w przypadku sieci nr.2 było ich 8. Przy tak dużej liczbie zmiennych należało przeprowadzić tzw. testy wrażliwości, polegające na ocenie i eliminacji tych zmiennych, których usunięcie nie wpłynęłoby na jakość prognozy, a wręcz mogłoby ją poprawić. Stosując ANN, jako aplikację pakietu STATISTICA należy mieć świadomość aktualnych ograniczeń tego narzędzia. Dotyczy to przede wszystkim dostępnych w aplecie algorytmów uczących jakimi są BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) i tzw. gradientów sprzężonych (Scaled Conjugate Gradient), wobec dynamicznie rozwijających się algorytmów np. optymalizacji rojem cząstek- PSO (particle swarm optimization). Zastosowane przez Doktorantkę metody badawcze obejmujące sposób prowadzenia eksperymentów, rodzaj zastosowanej aparatury i urządzeń oraz archiwizowanie i przetwarzanie wyników badań nie budzą zastrzeżeń. W metodyce badawczej nie opisano w jaki sposób oznaczano węgiel organiczny. Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy jest pozytywna.

4. Omówienie wyników badań i możliwość ich praktycznego zastosowania

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w sposób czytelny, a w kontekście sformułowanej tezy omówiono je wyczerpująco. Wnioski końcowe syntetycznie opisują rezultat przeprowadzonych badań, co umożliwia bezpośrednio zastosowanie podanej informacji/wartości w praktyce. Tak więc aspekt praktyczny rozprawy jest ewidentny.

Wyniki badań wszystkich testowanych wariantów przedstawiono w tabelach 4-30. Z danych wynika, że generalnie zwiększenie ilości dodatku w postaci polielektrolitu i/lub materiału mineralnego oraz wzrost ciśnienia powodują poprawę wydajności filtracji. Do oceny efektywności odwadniania wprowadzono parametr V_k oznaczający ilość wody usuniętej z osadu, zdefiniowany wzorem nr 22. Wątpliwości budzi interpretacja tego wzoru, w którym mnożona jest wydajność filtracji- Q , oznaczającej *de facto* masę placka filtracyjnego uzyskanego w procesie filtracji przypadającą na powierzchnię jednostkową w ciągu godziny przez współczynnik oznaczający zawartość s.m. w osadzie, o czym świadczy sposób obliczania tj. $((100 - U\%_{(zawartość\ wody\ w\ osadzie)}/100)$. Tak więc, obliczana w ten sposób efektywność filtracji oznacza, co najwyżej ilość oddzielonej w procesie filtracji suchej masy, a nie wody.

Doktorantka, na str. 70, słusznie artykułuje potrzebę określenia granicy błędu podawanych wartości średnich, informującą o prawdopodobieństwie wystąpienia wartości rzeczywistej w danym

przedziale. Trudno jednak zgodzić się ze stwierdzeniem, że cyt.: „*Błąd przypadkowy pomiaru nie może być skompensowany przez poprawkę, ale może być zmniejszony przez wielokrotne powtarzanie pomiarów ,...’*”. Błąd przypadkowy, często określany błędem grubym, na ogół jest wartością odstającą widoczną w każdej statystyce i po prostu należy go usunąć. Natomiast błędy systemowe związane z aparaturą, niedokładnością odczytu, czy wynikające z niejednorodności analizowanego materiału, są nie do uniknięcia. Dlatego wykonuje się n pomiarów, ustalając tzw. przedział ufności dla zadanego prawdopodobieństwa opisanego np. rozkładem normalnym (krzywa Gaussa). Doktorantka podała wartość bezwzględną błędu dla każdego pomiaru (Tab. 4+30) ale nie podała sposobu jego obliczenia. Być może jest to wartość równa $1 \times \text{Std.Dev.}$ liczone dla 5. powtórzeń (str. 71), co określałoby wiarygodność wystąpienia danej wartości w podanym przedziale na poziomie 68.3% (dla $2 \cdot \text{Std.Dev.}$ to 95.5%).

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy jest pozytywna.

5. Oryginalność rozwiązania problemu badawczego

Realizując zaplanowane badania zawsze, w mniejszym lub większym stopniu, muszą być rozwiązywane problemy natury: organizacyjnej, technicznej oraz interpretacyjnej. Wydaje się, że w każdym z tych obszarów Doktorantka poradziła sobie w sposób świadczący o jej wysokich kompetencjach naukowych. Zastosowane w pracy narzędzia w postaci: urządzeń technicznych, procedur analitycznych, statystyk czy baz danych bibliograficznych są powszechnie dostępne i stosowane, a więc nie są wyjątkowe. Oryginalny jest natomiast plan badawczy przedstawiony w formie schematu blokowego umieszczonego na rys. 26. (str.56). Doktorantka zidentyfikował *step by step* kolejne działania tworzące poziomy wykonawcze. Schemat ten można wykorzystać do kontynuowania badań będących przedmiotem rozprawy, jak również w przypadku planowania nowych badań.

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy jest pozytywna.

6. Poziom wiedzy teoretycznej w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

Realizacja poszczególnych etapów wykonanej przez Doktorantkę pracy, w szczególności zaplanowanie i przeprowadzenie badań oraz wykonanie poszczególnych analiz w tym laboratoryjnych i statystycznych, oczywiście wymagało wiedzy interdyscyplinarnej ale przede wszystkim znajomości zagadnień powiązanych z rzeczoną dyscypliną. Doktorantka przeprowadziła wnikliwy przegląd literatury zawarty na 44. stronach rozprawy (str. 10-54), wykorzystując w tym celu 87 pozycji literaturowych. Na tej podstawie można wnioskować, że poziom wiedzy teoretycznej Doktorantki jest wysoki i z pewnością kwalifikuje ją do grona ekspertów z zakresu odwadniania

osadów ściekowych, których przetwarzanie tematycznie wpisuje się w problematykę związaną z dyscypliną Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy jest pozytywna.

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Z tą kwestią w zasadzie korespondują wszystkie wcześniejsze uwagi i komentarze zawarte w ocenie kryteriów nr 1÷6. Realizując swoje badania, Doktorantka zdobyła wiedzę i nabyła doświadczenia pozwalającego jej planować i wykonywać samodzielnie badania naukowe. Jedyne czego zabrakło, to dyskusja wokół uzyskanych wyników w kontekście badań prowadzonych w innych ośrodkach. Ostatnie cytowanie (poz. 87) ma miejsce w podrozdziale 3.8 , rozdziału 3. pn. Obiekt badań i metodyka badawcza. W rozprawie nie przedstawiono części dyskusyjnej, na ogół zawartej w odrębnym rozdziale pn. Podsumowanie, w którym odwołując się do dostępnych danych naukowych opublikowanych w literaturze światowej można przeprowadzić krytyczną ocenę badań własnych.

Ocena tego aspektu recenzowanej rozprawy, pomimo w/w braku, jest pozytywna.

Podsumowanie

Wskazane w recenzji ewentualne błędy nie wpływają na wartość merytoryczną badań przeprowadzonych przez Panią mgr inż. Annę Tuchołkę, syntetycznie przedstawionych w rozprawie doktorskiej. Informacje zawarte w recenzowanej rozprawie, potwierdzają zwiększenie efektywności odwadniania osadów ściekowych w procesie filtracji w wyniku kondycjonowania poprzez dodatek materiału mineralnego. Bez wątpienia, przeprowadzone badania wpisują się tematycznie w zakres Inżynierii Środowiska, Górnictwo i Energetyka, jako dyscypliny naukowej.

Biorąc pod uwagę formę, zakres oraz treść recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Tuchołki, jak również oceny cząstkowe poszczególnych kryteriów, w/w rozprawę doktorską opiniuję pozytywnie.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Tuchołki spełnia wszystkie wymogi zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574). Na tej podstawie wnioskuję do kierownika dyscypliny naukowej Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, Pani dr hab. inż. Iwony Zawieji, prof. P.Cz. o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Tuchołki do kolejnych czynności w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Koszalin 16.08.2022 r.

