

Zielona Góra, 08.09.2022 r.

dr hab. inż. Sylwia Myszograj, prof. UZ  
Uniwersytet Zielonogórski  
Instytut Inżynierii Środowiska  
ul. Z. Szafrana 15, 65-246 Zielona Góra

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Tucholki

pt.: *Modelowanie filtracji osadów ściekowych przez zmianę parametrów procesu*,  
wykonanej pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Mariusza Kowalczyka, prof. PCz

#### **Podstawa opracowania**

Podstawą wykonania recenzji rozprawy doktorskiej jest pismo z dnia 12.07.2022 r. od Kierownika dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Częstochowskiej, Pani dr hab. inż. Iwony Zawieja, prof. PCz.

#### **Zasadność problematyki podjętej w rozprawie doktorskiej**

Gospodarka komunalnymi osadami ściekowymi to sposób postępowania pozwalający na skuteczne rozwiązywanie problemów ich zagospodarowania przy jednoczesnym osiągnięciu dobrych efektów oczyszczania ścieków. Równolegle należy zapewnić zrównoważony rozwój w sferze gospodarki odpadami przy zachowaniu obowiązujących regulacji prawnych. W oczyszczalniach ścieków w coraz większym stopniu wprowadza się nowoczesne rozwiązania technologiczne, które można zaliczyć do dobrych praktyk w zakresie gospodarki osadami ściekowymi. Innowacyjne działania ukierunkowane są na zmniejszenie ilości wytwarzanych osadów, optymalizację linii technologicznych ich przeróbki, wdrażanie metod termicznego przekształcania oraz uregulowanie problemu cieczy osadowych. Podjęcie przez Doktorantkę tematu rozprawy jest uzasadnione i wynika głównie z aspektów użytkowych dotyczących optymalizacji procesu odwadniania osadów ściekowych, ponieważ koszty ich transportu i zagospodarowania bezpośrednio zależą m.in. od zawartości wody. Niezależnie od wybranej technologii odwadniania uzyskanie informacji dotyczących wyboru odpowiedniego środka kondycjonującego i jego dawki wymaga wykonania pomiarów laboratoryjnych i badań w pełnej skali. Podjęty przez Doktorantkę temat badań i uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w projektowaniu i eksploatacji oczyszczalni ścieków.

#### **Struktura i ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej**

Rozprawę doktorską Pani mgr inż. Anny Tucholki pt.: *Modelowanie filtracji osadów ściekowych przez zmianę parametrów procesu* stanowi tekst zawarty na 165 stronach, uzupełniony 85 rysunkami i 34 tabelami oraz spis 87 cytowanych pozycji bibliograficznych.

W rozprawie doktorskiej w części teoretycznej zamieszczono streszczenia w języku polskim i angielskim, a tekst główny (55 str.) stanowi rozdział *Przegląd literatury* podzielony na podrozdziały obejmujące zagadnienia: *Osady ściekowe - aspekty prawne, Właściwości osadów ściekowych, Kondycjonowanie osadów, Odwadnianie osadów ściekowych, Zagospodarowanie osadów ściekowych w Polsce.*

1  
Smygał

W drugiej zasadniczej części rozprawy doktorskiej (90 str.) Autorka przedstawiła kolejno rozdziały: *Cel i zakres pracy*; *Obiekt badań i metodyka badawcza*; *Wyniki i ich analiza*, *Ocena efektywności odwadniania osadów ściekowych*, *Modelowanie procesu filtracji*, *Wnioski końcowe* oraz odpowiednie spisy: bibliografii, rysunków i tabel. Można uznać układ rozprawy doktorskiej za prawidłowy.

We wstępie Autorka, odniosła się bardzo ogólnie i chaotycznie do zagadnień związanych z przeróbką i zagospodarowaniem osadów ściekowych. Należy stwierdzić, że wstęp rozprawy powstał po niewielkim przeredagowaniu wstępu do dokumentu *Strategia postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi na lata 2019-2022*. Zapoznając się z rozprawą w tym miejscu, oczekuje się wykazania uzasadnienia podjęcia badań w nawiązaniu do obecnego stanu wiedzy i techniki.

Następnie zamieszczono przegląd literatury.

W podrozdziale 1.1 zatytułowanym *Osady ściekowe – akty prawne* wymieniono podstawowe akty prawne, które definiują osady ściekowe i regulują możliwości ich zagospodarowania. Nieuzasadniony jest kolejny podział tekstu na punkty: 1.1.1 *Definicje pojęć w literaturze i aktach prawnych*, 1.1.2 *Unijne akty prawne w zakresie komunalnych osadów ściekowych* i 1.1.3 *Polskie przepisy prawne*. Wymienione w 3 punktach zagadnienia opisano na 6 stronach, z wieloma powtórzeniami informacji. Tekst ten można było zredagować jako jeden spójny rozdział.

W podrozdziale 1.2 *Właściwości osadów ściekowych* Autorka skupiła się na opisanu podstawowych parametrów charakteryzujących osady ściekowe takich jak: zawartość wody, zawartość substancji organicznych, podział wody zawartej w osadach ściekowych, zawartość związków azotu i fosforu oraz metali ciężkich. Poruszyła również aspekty zagrożenia sanitarnego związanego ze stosowaniem osadów ściekowych. Rozdział ten napisano wg cytowania na podstawie 6 pozycji literaturowych wydanych w latach 1988-2007, co niestety wpłynęło na brak aktualnych informacji w tym zakresie.

W kolejnym podrozdziale 1.3. *Kondycjonowanie osadów* zawarto informacje dotyczące klasyfikacji, zalet i wad metod kondycjonowania osadów ściekowych. Scharakteryzowano podstawowe grupy stosowanych środków i opisano nowe kierunki badań. Doktorantka powinna zwrócić większą uwagę na zasadność stosowania zamiennie lub łącznie określeń *polimery* i *polielektrolity*. Wątpliwość budzi również klasyfikacja mechanizmu flokulacji (str. 24) jako wydzielonej metody kondycjonowania. W opisie badań nie podano czynnika, który powoduje rozrywanie kłaczków osadów, ani warunków dla ponownej reflokulacji. Niepoprawnie wskazano w tekście (str. 23), że na rys. 4 *przedstawiono kilka przykładów niekonwencjonalnych metod kondycjonowania osadów ściekowych przed ich odwadnianiem oraz wpływ na ich efektywność*. Na rys. 4 przedstawiono mechanizm procesu kondycjonowania jedną metodą opisaną w akapicie powyżej: „*przełamywania-reflokulacji*”.

Podrozdział 1.4. *Odwadnianie osadów ściekowych* dotyczy rozwiązań technicznych usuwania wody z osadów ściekowych. Najwięcej uwagi Autorka poświęciła doniesieniom literaturowym dotyczącym opisu mechanizmu filtracji. Szczegółowe informacje dotyczą również możliwości zastosowania wirówek i pras filtracyjnych oraz innych rozwiązań technologicznych do usuwania wody z osadów ściekowych.

Dalsza część rozprawy doktorskiej (1.5 *Zagospodarowanie osadów ściekowych*) to szczegółowy opis strategii postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi. Autorka wskazała programowe kierunki działań uwzględniające rozwój technologii tlenowego i beztlenowego przetwarzania oraz termicznego przekształcania osadów ściekowych.

W części teoretycznej rozprawy doktorskiej podano nieprawidłowe sformułowania i niewłaściwe merytorycznie stwierdzenia, tekst zawiera bardzo dużo niedociągnięć edycyjnych i stylistycznych. Przykładowo:

• wybrane uwagi redakcyjne i stylistyczne, np.:

- wskazane jest ujednolicenie w całym tekście formy zapisu i cytowania dokumentów prawnych. Autorka stosuje zamiennie dla tych samych aktów prawnych zapisy, np.: Dyrektywa Parlamentu i Rady Europejskiej (powinno być: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE)), Dyrektywa Unijna, Dyrektywa, Rozporządzenie nie podając nazwy, odniesienia do roku wprowadzenia, numeru dziennika ustaw, itd.  
Unia Europejska (UE) posiada osobowość prawną i jako taka ma własny system prawny, odmienny od międzynarodowego porządku prawnego. Porządek prawny UE regulują: traktaty, rozporządzenia, dyrektywy, decyzje, zalecenia i opinie. Stąd nie jest właściwe stosowanie zapisu np. (str. 11) *Poza ustawami obowiązującymi w Polsce oraz Unii Europejskiej ...*
- należy unikać zapisu na poniższym rysunku/schemacie/w tabeli, podaje się numer obiektu graficznego;
- str. 12, *Osady wysterylizowane z organizmów chorobotwórczych*, str. 14 *Osady ... muszą posiadać dopuszczalną zawartość metali ciężkich*, str. 19/43 *Metody osuszania osadów...*;
- w tekście użyto wielokrotnie: *osady ścieków komunalnych* oraz: *same osady ściekowe*, *same oczyszczalnie ścieków*, *sam przebieg filtracji*, *sama filtracja*, w *samym* modelu matematycznym, *sam przepływ*;
- co najmniej w nagłówkach rozdziałów należałoby zachować pełny zapis *osadów ściekowych*, a nie tylko *osadów*;
- str. 30, błędy edycyjne rys. 11, błąd źródła odwołania.

• nieprawidłowe merytorycznie sformułowania, np.

- str. 9, *...praktycznie cała ilość niesionych w ściekach zanieczyszczeń jest przetwarzana na biomasę w postaci osadu*. Stwierdzenie takie pomija powstawanie osadów wstępnych, udział frakcji mineralnych i niebiodegradowalnych organicznych.
- str. 11, *Osady wstępne są wynikiem sedymentacji w osadniku wstępnym zawieszin niezutrzymanych w piaskownikach*. Stwierdzenie takie wskazuje na uzasadnioną technologicznie możliwość sedymentacji zawiesiny ogólnej w piaskowniku.
- str. 12, *Ze względu na różnicę w definicjach prawnych oraz definicjach technicznych może dochodzić do różnej interpretacji przepisów*. Doktorantka nie wykazała różnic, pozostawiając stwierdzenie bez dalszego komentarza i interpretacji.
- str. 17, *Osady ściekowe charakteryzują się wysoką zawartością wody – w przypadku osadów surowych może sięgać ponad 99% i 55% dla osadów odwodnionych*. Bardziej właściwe byłoby podanie zakresów. Nie można uznać technologicznie za zasadne podanie wartości 55% jako granicznego uwodnienia osadów odwodnionych i jednocześnie za wysoką zawartość wody.
- str. 17, *Osady w stanie wysuszonym posiadają poniżej 10% wody*. Nie uwzględniono technologicznego podziału metod suszenia na częściowe i całkowite.
- str. 22, *Stosowane dawki polimerów i polielektrolitów są ogólnie niewielkie i nie przekraczają 15 mg/ g s.m.* Nie można się zgodzić z tym stwierdzeniem w zakresie co najmniej: *ogólnie niewielkie*.

- str. 28, *Zawartość wody w osadach ściekowych wynosi średnio 95%*. Stwierdzenie zbyt ogólne i w związku z tym nieprawdziwe.
- str. 29, Niewłaściwie podpisano opracowanie graficzne na rys. 10, który nie zawiera krzywej uwodnienia i zagęszczenia osadów.
- str. 43, *Wybór technologii odwadniania ścieków, oprócz właściwości samych ścieków komunalnych, zależy od wielkości oczyszczalni oraz jej możliwości technologicznych i finansowych.*

Po zapoznaniu się z przedstawionym przeglądem danych literaturowych można stwierdzić, że w rozdziałach wprowadzających do poruszanych zagadnień wskazane byłoby większe usystematyzowanie podanych informacji, przeredagowanie tekstu w aspekcie wykluczenia wielu powtórzeń oraz uzupełnienie o najnowsze doniesienia w zakresie poruszanego tematu. Autorka cytowała 87 pozycji literaturowych umieszczonych w spisie, w tym: 17 aktów prawnych, 38 artykułów literatury zagranicznej. Tylko 20 pozycji literaturowych (wyłączając akty prawne) zostało opublikowane w ostatnich 10 latach (od 2012 r.). Niestety opracowanie części teoretycznej wskazuje na podstawową umiejętność Doktorantki do poszukiwania i systematyzowania wiedzy naukowej, w oparciu o zebraną literaturę przedmiotu.

Następną część pracy, stanowią rozdziały dotyczące przedstawienia tezy, celów i zakresu pracy, wyników badań i ich dyskusji oraz wniosków końcowych. Ta część pracy uzupełniona jest opracowaniem graficznym wyników badań i analiz: rysunkami oraz tabelami.

W rozdziale 2 dysertacji Autorka sformułowała tezę i określiła cele i zakres rozprawy doktorskiej.

Teza rozprawy doktorskiej:

1. 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.

Dla realizacji badań w rozprawie doktorskiej przyjęto cele szczegółowe:

1. Cel naukowy: Badania interakcji między zawartymi w osadach ściekowych zdestabilizowanymi kłaczkami kondycjonowaniem chemicznym, a dodatkiem substancji mineralnych na obniżenie współczynnika ściśliwości i utrzymanie określonej wydajności i prędkości procesu filtracji.
2. Cel użytkowy: Utrzymanie wysokiej wydajności procesu filtracji i zahamowanie wzrostu oporu przegrody filtracyjnej jak i warstwy placka (zjawisko kolmatacji) przez zmianę współczynnika ściśliwości prowadzi do efektywniejszego odprowadzenia wody zawartej w osadach ściekowych.

W ocenie ogólnej zarówno teza, jak i cele: naukowy i użytkowy powinny być stylistycznie przeredagowane.

W rozdziale 3 dotyczącym metodyki badań Autorka podała charakterystykę substratów: osadów wstępnych, osadów mieszanych i osadów przefermentowanych przez tylko zestawienie wartości badanych parametrów w tabeli 3. Wymaganiem uzupełnieniem informacji jest opis ciągu technologicznego oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych, co ma znaczenie zwłaszcza dla charakterystyki osadów przefermentowanych w aspekcie ich zagęszczania i kondycjonowania przed procesem fermentacji metanowej, a także temperatury procesu stabilizacji beztlenowej. Nie zdefiniowano również osadów mieszanych.

W dalszej części opisu metodyki podano charakterystykę stosowanych środków kondycjonujących. Należy zwrócić uwagę, że podana dla dawki polielektrolitu jednostka mg/g s.m.o. dotyczy zwyczajowo suchej masy organicznej, a można przypuszczać, że była obliczana w stosunku do suchej masy osadów ściekowych. Najczęściej podaje się również dawki w przeliczeniu na 1 dm<sup>3</sup> (Doktorantka podaje 0,4 i 0,8 g na próbkę 500 cm<sup>3</sup>). Doprecyzowania wymaga również źródło pochodzenia popiołu oraz rodzaju cementu i gipsu. Niewłaściwie podpisano rys. 29 *Odmierzane związki organiczne... (cement, zeolit, popiół ..., gips)*. Doktorantka w rozdziale 4.1 *Dobór rodzaju i dawki organicznych środków kondycjonujących* opisała wyniki badań nad doбором stosowanego polielektrolitu. Badała wpływ dawki polielektrolitów: słabo kationowego C-494, średnio kationowych C-498 i PRESTOL855 BS oraz silnie kationowego PROESTOL 863 BC na wartość parametru CSK. O procedurze tej nie wspomina jednak w opisie metodyki badań. Zasadne byłoby przeniesienie tych informacji do tego rozdziału.

W kolejnym rozdziale Autorka bardzo szczegółowo opisała wykorzystaną aparaturę, nadmiernie dbając o dokumentację fotograficzną. Fotografie podstawowego sprzętu laboratoryjnego (eksykator, pH-metr, parowniczkę, suszarkę, piec) są zbędne w opracowaniu na poziomie rozprawy doktorskiej.

W podrozdziałach od 3.4 do 3.6 Doktorantka zestawiała wzory będące podstawą obliczeń analizowanych parametrów i zależności. Podrozdział 3.7 dotyczy opisu działania i możliwości stosowania sieci neuronowych. W kolejnym podrozdziale *Statystyczna analiza wyników i niepewności pomiarów bezpośrednich* (3.8) Autorka zdefiniowała wyłącznie błąd przypadkowy pomiaru oraz niepewność pomiaru. Z tytułowanie podrozdziału *Statystyczna analiza wyników...* wydaje się być za szerokie i nieadekwatne do przedstawionych treści.

Wyniki jakie otrzymano realizując cel i zakres badań wraz z dyskusją przedstawiono na 90 stronach rozprawy doktorskiej, w rozdziale 4 podzielonym na 3 podrozdziały.

Dla każdego z badanych substratów (osady wstępne, mieszane i przefermentowane) opisano wyniki badań dla kondycjonowania polielektrolitem C-494, cementem, popiołem, zeolitem i gipsem, a także kondycjonowania łączonych wymienionymi substancjami mineralnymi i polielektrolitem. Doktorantka wykazała, że zastosowanie kondycjonowania osadów ściekowych badanymi środkami spowodowało obniżenie wartości współczynnika ściśliwości, co w efekcie wpłynęło na wzrost wydajności i prędkości filtracji. Najwyższą efektywność odwadniania uzyskano dla filtracji osadów ściekowych pod ciśnieniem 0,5 MPa. Uzyskane najniższe zawartości wody kształtowały się na poziomie: 74,6% dla osadów wstępnych, 77,2% dla osadów mieszanych i 75,4% dla osadów przefermentowanych.

Doktorantka bardzo obszernie (13 str.) opisała wyniki badań dotyczących zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO) w filtratach. Wykazano, że zmian zawartości OWO w filtratach wraz ze wzrostem ciśnienia filtracji nie można opisać zależnością liniową. Jakość cieczy osadowych powstających w procesach zagęszczania i odwadniania jest czynnikiem, który determinuje m.in. wybór metody kondycjonowania, ze względu na obciążenia wtórne układu oczyszczania ścieków. Stąd należy uznać tę część badań za istotną, choć pełny obraz tego problemu dałaby analiza rozszerzona o związki azotu i fosforu.

W rozdziale *Modelowanie procesu filtracji* Autorka przedstawiła model sieci neuronowej w oparciu o mierzone i obliczone parametry: współczynnik ściśliwości i uwodnienie końcowe osadów ściekowych oraz wydajność filtracji.

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki Doktorantka podsumowała podając siedem wniosków, w tym udowadniających postawioną tezę oraz wniosków szczegółowych, które zawierają podsumowanie pozostałych osiągnięć uzyskanych w badaniach.

Analizując treść pracy, opis i dyskusję wyników oraz wnioski należy stwierdzić, że teza pracy badawczej została udowodniona, a cele postawione w pracy osiągnięto. Doktorantka wykazała się umiejętnością analizy wyników badań, ich opracowania graficznego i syntetycznego podsumowania. Na wysoką ocenę zasługuje doświadczalny wkład Doktorantki w rozwiązanie problemu. Doktorantka nie ustrzegła się usterek o różnym charakterze: redakcyjnych, stylistycznym i merytorycznych. Ich wykazanie powinno ułatwić Autorce poprawne opracowanie tekstu publikacji w dalszej pracy naukowej.

#### Pytania do rozprawy doktorskiej:

1. Proszę o zdefiniowanie pojęć *polimery* i *polielektrolity*, z uwzględnieniem możliwości ich zastosowania w procesach przeróbki osadów ściekowych.
2. Wątpliwości budzi zapis (str. 63): *Zawartość wody w osadach to stosunek masy wody zawartej w osadzie do masy uwodnionego osadu. Stosunek ten jest tym większy, im mniejsze są cząstki substancji stałych*. Proszę o wyjaśnienie.
3. Proszę o wyjaśnienie wzorów (19) i (20) *Uwodnienie końcowe płacka osadu* i *Uwodnienie końcowe osadu*.
4. Proszę o wyjaśnienie podstawy wyboru dawek środków kondycjonujących (cement, gips, popiół, zeolit) w ilości 0,4 i 0,8 g/500 cm<sup>3</sup>.
5. W jednym z wniosków wykazano, że sieci neuronowe mogą stanowić narzędzie do prognozowania wartości współczynnika ściśliwości i uwodnienia końcowego osadów ściekowych oraz wydajności filtracji. Proszę omówić możliwości praktycznego zastosowania.

#### **Wniosek końcowy**

W recenzowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Anny Tuchołki pt.: *Modelowanie filtracji osadów ściekowych przez zmianę parametrów procesu*, przedstawiono rozwiązanie problemu technologicznego w oparciu o wyniki badań o walorach poznawczych i znacznym potencjale aplikacyjnym. Warunki stawiane rozprawom doktorskim, a zarazem cechy, jakie powinna wykazywać dysertacja, zostały określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668). W odniesieniu do tych zapisów stwierdzam, że rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr inż. Anny Tuchołki w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Warsztat metodyczny zaproponowany przez Doktorantkę był odpowiedni dla realizacji celów pracy, odpowiadający współczesnym standardom badań w tej dziedzinie. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, z możliwością zastosowania wyników badań naukowych w sferze gospodarczej.

Mając powyższe na uwadze wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Tuchołki do publicznej obrony.

Sylwia Mysiołowej