

## **Recenzja**

### **rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Hyrycza pt. „Analiza procesu odwadniania osadu z oczyszczalni ścieków”**

#### **1. Podstawa formalna opracowania recenzji**

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- pismo Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej prof. dr hab. inż. Ewy Kaczorek z dnia 8 października 2024 o powołaniu przez Radę Dyscypliny Nauki Chemiczne mojej osoby na recenzenta rozprawy Pana mgra inż. Michała Hyrycza,
- rozprawa doktorska mgra inż. Michała Hyrycza pt. „Analiza procesu odwadniania osadu z oczyszczalni ścieków”, Politechnika Poznańska, Poznań 2024.

#### **2. Ogólna charakterystyka pracy**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pt. „Analiza procesu odwadniania osadu z oczyszczalni ścieków” realizowana przez Pana mgra inż. Michała Hyrycza na Politechnice Poznańskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Marek Ochowiak, a opiekunem z ramienia przedsiębiorstwa mgr inż. Monika Pielach. Rozprawa doktorska została wykonana w ramach Programu Doktorat Wdrożeniowy Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego realizowanego w latach 2020-2024 na podstawie umowy nr DWD/4/23/2020.

Rozprawa podlegająca recenzji składa się z dwóch części: studium literaturowego (Rozdziały 1-4) i części doświadczalnej (Rozdziały 6-7). Dopelnieniem jest także rozdział zawierający cel i tezy pracy, a także posumowanie i wnioski, spis rysunków i tabel, spis literatury, streszczenie w języku polskim i angielskim oraz charakterystyka osiągnięć naukowych Autora.

Praca liczy 127 stron (bez spisu literatury, tabel i rysunków), zawiera 119 rysunków oraz 40 tabel, przy czym część literaturowa stanowi 44% całości pracy, pozostała to część doświadczalna. W spisie literatury Autor przytacza 251 pozycji. Wykorzystane źródła literaturowe to głównie pozycje anglojęzyczne zamieszczone w uznanych czasopismach międzynarodowych. W zdecydowanej większości są to pozycje opublikowane po 2018 roku. Na końcu pracy został przedstawiony spis osiągnięć Autora obejmujący 7 artykułów naukowych, 23 rozdziały w monografiach, 24 postery oraz 8 komunikatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Dodatkowo Autor pracy zamieścił informację o udziale w dwóch projektach naukowych.

### **3. Ocena rozprawy**

Oceniana rozprawa rozpoczyna się od krótkiego wprowadzenia w zagadnienie pracy. Następnie przedstawiona została analiza stanu wiedzy w zakresie dotyczącym tematyki rozprawy. Autor przechodzi od opisu procesu powstawania osadów ściekowych, problemu z ich zagospodarowaniem, poprzez opis technik odwadniania (Rozdział 1) do metod poprawiających odwadnialność osadów ściekowych (Rozdział 2). Szczegółowo został omówiony proces flokulacji i koagulacji oraz czynniki wpływające na efektywność działania flokulantów (Rozdział 3). Jak również zostały scharakteryzowane podstawowe metody oceny stosowane do pomiaru odwadnialności służące do wyboru technologii odwadniania i kondycjonowania osadów ściekowych (Rozdział 4).

Studium literaturowe wykonane przez mgr inż. Michała Hyrycza przedstawia kluczowe mechanizmy procesu odwadniania osadów oraz wskazuje na główne problemy związane z jego efektywnością.

Niestety część literaturowa nie została zakończona podsumowaniem, w którym to Doktorant bazując na informacjach literaturowych, sformułowałby najważniejsze wnioski wynikające z analizy stanu wiedzy, określił luki badacze i mocno uwypuklił konieczność prowadzenia badań w tej tematyce. Taki podrozdział prowadziłoby bezpośrednio do celu pracy i hipotez badawczych jasno uzasadniając konieczność ich podjęcia.

Jednakże, podsumowując tę część pracy stwierdzić należy, że Autor dobrze przygotował się teoretycznie do zaplanowanych badań i wykazał się znajomością w zakresie problematyki podejmowanej w rozprawie doktorskiej.

Część doświadczalna rozpoczyna się sformułowaniem celu pracy, przedstawieniem dwóch zadań badawczych oraz trzech hipotez badawczych (Rozdział 5).

Cel pracy został zdefiniowany następująco *...zapropnowanie rozwiązania technologicznego pozwalającego na zmniejszenie kosztów prowadzenia procesu odwadniania osadów ściekowych i ich zagospodarowania na obiektach Aquanet S.A...* i do tego celu zostały określone dwa zadania badawcze.

Szkoda, że nie został tu przedstawiany zakres prac, co znacznie ułatwiłoby analizę i weryfikację podejścia autora do zrealizowania zdefiniowanego celu rozprawy doktorskiej.

W rozdziale 6 autor zapoznaje czytelnika z materiałami i metodyką badawczą. W opisie metodyki badawczej zabrakło zestawienia oraz wyjaśnienia co służyło i w jakim zakresie do zrealizowania założonych zadań badawczych. Nie zostało wyraźnie przedstawione, co jest przedmiotem badań w skali laboratoryjnej, a co działaniami w skali przemysłowej. Zadaniem recenzenta należało wyraźnie rozdzielić te dwa obszary badawcze, czy też przedstawić kolejność poszczególnych etapów prac.

Badania własne, ich rezultaty i dyskusja wyników zaprezentowane zostały w Rozdziale 7 składającym się z 10 podrozdziałów. Wyniki badań zostały przedstawione na 53 stronach rozprawy i dotyczą m.in. takich aspektów jak:

- wpływu wybranych typów i dawki flokulantów na odwadnialność osadów. Ustalono efektywne dawki flokulantów dla badanych osadów ściekowych.
- oceny zmienności procesu odwadniania w ustalonym okresie dla wybranych osadów ściekowych. Wyznaczono opory właściwe filtracji dla różnych dawek flokulanta oraz określono dawki zapewniające najwyższą skuteczność.
- wpływu czasu przetrzymywania osadów w warunkach tlenowych i beztlenowych na efektywność ich odwadniania i jakość odcieków. Udowodniono, że czas przetrzymywania ma wpływ na jakość odcieków zarówno dla osadów przefermentowanych i nadmiernych, a napowietrzanie wpływa niekorzystnie na odwadnialność osadów przefermentowanych.
- analizy pracy wirówek dekantacyjnych, która pozwoliła na określenie parametrów efektywnej pracy urządzenia.
- wytycznych do koncepcji zmniejszenia ilości osadów w oczyszczalniach spółki *Aquanet S.A.*

Ciekawym i użytecznym wynikiem prac Autora jest propozycja oceny ofert zakupu flokulanta, która uwzględnia oprócz ceny flokulanta, także koszt odwodnienia i zagospodarowania osadów przy jednoczesnym narzuceniu maksymalnego dopuszczalnego stężenia zawiesiny w odciekach.

Na uwagę zasługuje fakt realizacji mnogości badań i przeprowadzonych eksperymentów. Przy jego opracowaniu Autor wykazał się niezbędną wiedzą i umiejętnościami prowadzenia badań. Wszystkie prezentowane przez Doktoranta wyniki badań są dobrze udokumentowane z wykorzystaniem tabel, rysunków oraz zdjęć. Wszystkie rysunki w pracy zostały przygotowane starannie, a ich jakość nie budzi zastrzeżeń. Przeprowadzone badania odznaczają się oryginalnością i mają duży potencjał w aspekcie ich zastosowania w praktyce.

Rozdział 8 podsumowuje uzyskane wyniki badań oraz przedstawia 18 sformułowanych wniosków dotyczących najważniejszych osiągnięć wynikających z przeprowadzonych badań. Świadczą one o realizacji wyznaczonego przez Doktoranta celu badań. Wnioski wyciągnięte ze zrealizowanych badań są szczegółowe, lecz pozostawiają pewien niedosyt – nie odnoszą się bezpośrednio do założonych hipotez badawczych.

Temat podjęty przez Doktoranta jest niewątpliwie aktualny i wart dogłębnych analiz i eksperymentów. Według literatury przedmiotu, a także praktyki przemysłowej można wyraźnie stwierdzić, że nie ma uniwersalnych rozwiązań w dziedzinie odwadniania osadów ściekowych i ich zagospodarowania. Procesy te w dużej mierze zależą od specyficznych warunków lokalnych, rodzaju i zmienności oczyszczanych ścieków oraz czynników ekonomicznych. Odwadnianie osadów ściekowych stanowi jedno z głównych wyzwań pracy oczyszczalni i bezpośrednio przekłada się na koszty związane z końcowym zagospodarowaniem osadów ściekowych. Ze względów technicznych, ekonomicznych i środowiskowych nadal poszukuje się metod efektywnego odwadniania osadów, dostosowanych do specyfiki technologii oczyszczania oraz rodzaju ścieków dopływających do danej oczyszczalni.

W związku z tym dogłębna analiza parametrów ścieków, doboru skutecznej dawki flokulanta oraz pracy urządzeń odwadniających, opracowanie wytycznych technologicznych dla konkretnego obiektu jest niezwykle przydatna i potrzebna w praktyce.

Autor podjął się analizy procesu odwadniania osadów ściekowych w wybranych obiektach spółki *Aquanet S.A.*, koncentrując się na optymalizacji tego procesu w celu obniżenia kosztów operacyjnych. Tematyka badawcza jest niezwykle aktualna i zgodna z potrzebami branży

wodno-kanalizacyjnej, dążącej do wdrażania rozwiązań sprzyjających zrównoważonemu rozwojowi.

Z tego względu nie mam żadnej wątpliwości co do zasadności doboru tematu rozprawy doktorskiej jako wychodzącej naprzeciw obecnym wyzwaniom branży wodno-kanalizacyjnej.

Przedstawiona do recenzji praca napisana jest poprawnym językiem polskim. Praca zredagowana jest bardzo starannie, a jej strona estetyczna jest na wysokim poziomie. Kilka wybranych drobnych błędów i nieścisłości zostało przedstawionych poniżej:

1. Tytuł rozdziału 7.6 *Wpływ flokulantu*, nasuwa się pytanie wpływ flokulantu na co?
2. W pracy używa się pojęcia osady ściekowe i osad ściekowy. Należałoby używać jednolitej nomenklatury. Przykładowo w tytule pracy użyto słowa osad, w już tytuł rozdziału 1 brzmi *Osady ściekowe*.
3. Autor w pracy używa zwrotu *...dla flokulantu...* zdaniem Recenzenta powinno być stosowane *... dla flokulanta...* (dopełniacz liczby pojedynczej).
4. Pierwsze zdanie w rozdziale 1 *Osady ściekowe* (str. 8) nie wprowadza w temat, wydaje się niezrozumiałe i zbyt przedwczesne w kontekście wprowadzenia do opisu procesu oczyszczania ścieków.
5. Błąd redakcyjny – str. 58: *... w obiektach Aquanet S.A..* powinno być *w obiektach Aquanet S.A.*
6. Brak oznaczeń na rys. 48, str. 65.
7. Błąd redakcyjny – str. 71 *... w ociekach z odwadniania osadów zawracane na początek ... oraz ich udział w całym ładunku doptywającym do czyszczalni.* powinno być *... w odciekach z odwadniania osadów zawracane na początek ... oraz ich udział w całym ładunku doptywającym do oczyszczalni.*
8. Błąd redakcyjny – str. 82 *... Pienienie osadu ustało po 12 dni przetrzymywania...* powinno być *.. Pienienie osadu ustało po 12 dniach przetrzymywania.*
9. Kolokwializm – str. 83 *... pojawiła się piana, która łatwo gasła po wstrząśnięciu próbką...*
10. Tytuły tabel 25 i 26 (str. 101), tabel 27 i 28 (str. 102), tabel 31 i 32 (str. 105) i tabeli 33 (str. 106) *Wyniki badań oporów filtracji ....* powinno być *Wyniki badań oporów właściwych filtracji...*
11. W części badawczej brak wyjaśnień w tekście i na rysunkach skrótów takich jak CSK, ON, DS, OW/ON, które nie zostały wyjaśnione w tekście.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny lub są drobnymi niedociągnięciami, które nie mają wpływu na ocenę pracy.

#### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Poniżej przedstawione zostały uwagi krytyczne lub dyskusyjne, które nasuwają się po analizie tekstu rozprawy przedstawionej do recenzji.

1. Brak wykazu stosowanych oznaczeń, co znacznie ułatwiłoby czytelnikowi, odnalezienie się w licznych skrótach stosowanych w pracy.
2. W rozdziale 2 zaprezentowano cel, zadania badawcze i tezy rozprawy. Według recenzenta, w tym rozdziale brakuje przedstawienia zakresu pracy, co znacznie utrudnia analizę i ocenę podejścia autora do realizacji założonego celu rozprawy doktorskiej.
3. Ciekawym i nowatorskim rozwiązaniem jest zastosowany czterowlotowy moduł dozujący flokulant do dekantera. Czy wykorzystany moduł inżektorowy jest autorskim rozwiązaniem Doktoranta?
4. Dlaczego zdecydowano się na wybór flokulantów od jednego producenta? W badaniach laboratoryjnych wykorzystano 12 flokulantów, a już do badań zmienności w ciągu roku wytypowano flokulant Flopam FO 4800 SH, natomiast w badaniach w pełnej skali na wirówkach dekantacyjnych zastosowano flokulant Flopam EM 840 MEB o stężeniu 0,4%. Proszę o wyjaśnienie wyboru flokulantów.
5. Z czego wynika przyjęcie flokulanta FO 4800 SH jako punktu odniesienia w zaproponowanym równaniu (równanie 22) do oceny efektywności flokulantów.
6. Na str. 75 napisano „Porównując do dawek stosowanych w pełnej skali na MOŚ, OSZ oraz BOR gdzie odwadniane są osady nadmierne, uzyskane wartości w skali laboratoryjnej są niższe o około połowę. Oznacza to, że flokulacja na tych obiektach zachodzi w wyniku mechanizmu wykluczeniowego”. Proszę o wyjaśnienie tego stwierdzenia.
7. Proszę o wyjaśnienie z czego wynika tak duża rozbieżność wartości oporu właściwego filtracji dla osadów nadmiernych z lutego 2023r. (tabela 27) przy dawce 0 dla flokulanta FO 4490 SH (wartość -  $15,56 \text{ m/kg} \cdot 10^{12}$ ), dla pozostałych flokulantów przy dawce 0 opór

właściwy filtracji wynosi  $28,26 \text{ m/kg} \cdot 10^{12}$ . A przykładowo dla osadów z COŚ z listopada 2022 przy dawce 0 znajduje się w zakresie  $26,28\text{-}27,28 \text{ m/kg} \cdot 10^{12}$  (tabela 31), a dla COŚ z czerwca 2022 (tabela 32) przy dawce 0 utrzymuje się na stałym poziomie  $17,11 \text{ m/kg} \cdot 10^{12}$ . W jaki sposób pobierane były próbki osadów do badań i jak przechowywane?

8. W części badawczej doktorant często podaje tylko stwierdzenie ...jak wynika z przeglądu literatury, przykładowo strona 78, 116. Proszę podać odniesienie do literatury.
9. Proszę o odniesienie się czy wyniki prac badawczych potwierdziły założone hipotezy badawcze.
10. Ciekawym z punktu widzenia całościowego funkcjonowania oczyszczalni ścieków byłoby również wykorzystanie systemów ekspertowych, czy też metod metaheurystycznych np. algorytmów genetycznych wykorzystywanych do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych, a w tym przypadku do procesu odwadniania osadów ściekowych. Metody te w powiązaniu z metodami decyzyjnymi np. analizą wielokryterialną pozwoliłyby na wybór najbardziej efektywnych i ekonomicznie uzasadnionych rozwiązań dla badanego obiektu. Takie podejście pozwala na uwzględnienie aspektów technicznych, środowiskowych, oraz ekonomicznych, co może prowadzić do uzyskania korzystnych rozwiązań dla oczyszczalni. Czy Doktorant nie rozważał wykorzystanie tego typu metod?

Powyższe uwagi, nie podważają wartości poznawczej i aplikacyjnej rozprawy, a stanowią jedynie podstawę do merytorycznej dyskusji podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej. W mojej opinii przedstawiony w pracy materiał spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

## **5. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Michała Hyrycza pt. „Analiza procesu odwadniania osadu z oczyszczalni ścieków” wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Ochowiaka stanowi, moim zdaniem, osiągnięcie naukowo – badawcze, o istotnym znaczeniu poznawczym i praktycznym. Doktorant wykazał się dobrą znajomością tematu, zrealizował postawiony sobie cel badawczy, przeprowadził prace eksperymentalne wnosząc nowe dane

dotyczące procesu odwadniania osadów ściekowych. Wyciągnięte wnioski na podstawie przeprowadzonych eksperymentów zostały sformułowane poprawnie i potwierdzają osiągnięcie zadeklarowanego celu rozprawy.

Rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego oraz powinna wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną Autora w danej dziedzinie, jak i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uważam, że najważniejsze wymogi spełnia zarówno recenzowana praca, jak i Kandydat na doktora.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji praca doktorska spełnia wymagania obowiązującej ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. 2017, poz. 1789). Tym samym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Nauki Chemiczne na Politechnice Poznańskiej.

Opole, 14.11.2024

Meigonoko Abrael