

Dr hab. inż. Małgorzata Cimochowicz-Rybicka, prof.PK
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Krakowska
Ul. Warszawska 24
31-155 Kraków

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Olgi Zając

pt.: „Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Politechniki Warszawskiej, Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego, z dnia 17.10.2024 roku otrzymane przez Panią dr hab. inż. Małgorzatę Cimochowicz-Rybicką, prof. PK w dniu 30.10.2024r. dotyczące opracowania recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Olgi Zając pt.: „Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”.

2. Przedmiot recenzji i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Olgi Zając pt.: „Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”. Praca ma charakter teoretyczno-badawczy. Pracę stanowi zbiór 6 opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. W układzie rozprawy doktorskiej można wyróżnić 2 zasadnicze części. Pierwsza z nich składa się z 9 Rozdziałów, druga to zbiór artykułów, reprezentujący dorobek naukowy Doktorantki.

Część pierwsza zawiera spis treści, rozpoczynający się od wykazu ważniejszych skrótów, wykorzystanych w dalszej części rozprawy, a zaraz po nim następuje wyszczególnienie kolejnych Rozdziałów pracy.

Rozdział 1 stanowi wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej wraz z ich oznaczeniami (przypisane do artykułu). W swym opisie pozycje zawierają: nazwiska autorów, tytuł publikacji, wydawnictwo, symbole bibliograficzne, Impact Factor (IF), punkty MNiSW. Rozdział ten zawiera również łączną liczbę punktów wg listy MNiSW, która wynosi 610 oraz sumaryczny IF równy 26,40. Ponadto wyszczególnione zostały tematy trzech projektów badawczych, w ramach których wykonane zostały badania niniejszej dysertacji: OPUS 14 (NCN; konsorcjum: Politechnika Gdańska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,

Politechnika Warszawska); grant dziekański nr 504/04613 (Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej); grant na finansowanie badań naukowych dla pracowników Politechniki Warszawskiej.

Rozdział 2 zawiera przedmiot pracy wraz z wypunktowanymi celami częściowymi, które umożliwiły Doktorantce osiągnięcie celu dysertacji, wyrażonego w Jej temacie.

Rozdział 3 wprowadza czytelnika w zagadnienia z obszaru badawczego Doktorantki: oczyszczanie ścieków; rola azotu jako jednego z ich głównych składników biogennych; proces nitryfikacji; opis technologii złoża ruchomego wraz z różnymi rozwiązaniami technicznymi, rodzaje wypełnień (zdjęcia), charakterystyczne parametry, czynniki wpływające na pracę złożeń, ze szczególnym uwzględnieniem strategii napowietrzania, jej efektywności i zużycia energii w oczyszczalniach ścieków.

W Rozdziale 4, pod wspólnym tytułem „*Metodyka badawcza*”, przedstawiona została koncepcja realizacji pracy – Tabela 4.1 (str. 48), w której zestawionych jest pięć głównych Zagadnień badawczych z przypisanymi, kolejnymi eksperymentami i odniesieniem do poszczególnych publikacji. Natomiast w Tabeli 4.2 opisane zostały, bardzo szczegółowo, poszczególne doświadczenia wg układu: warunki i główne założenia badawcze, skład i charakterystyka ścieków, harmonogram cyklu. Ponadto, Rozdział ten zawiera opis stanowisk badawczych (wraz ze schematami), krótką charakterystykę wypełnienia złoża ruchomego (zdjęcia), a także metodykę wyznaczania szybkości utleniania azotu amonowego i azotynowego, opis testów kuwetowych Hach Lange oraz metody obliczeniowe wskaźników charakteryzujących proces technologiczny będący przedmiotem rozprawy.

Rozdział 5 to omówienie pięciu głównych Zagadnień badawczych, nawiązujących do opublikowanych artykułów, w których zawarty został szczegółowy opis wykonywanych badań laboratoryjnych, według następującego układu:

- 5.1 Zagadnienie nr 1- Wpływ strategii napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym - **Publikacja nr 1 (P1), nr 2 (P2), nr 3 (P3)**;
- 5.2. Zagadnienie nr 2 - Wpływ wykształcenia biomasy w postaci osadu czynnego w reaktorze pracującym w czystej technologii złoża ruchomego na efektywność oczyszczania ścieków, ze szczególnym uwzględnieniem procesu nitryfikacji – **Publikacja nr 4 (P4)**;
- 5.3. Zagadnienie nr 3 - Wpływ strategii napowietrzania na zużycie energii elektrycznej na napowietrzanie – **Publikacja nr 3 (P), nr 4 (P4)**;
- 5.4. Zagadnienie nr 4 - Wpływ temperatury na szybkość poszczególnych etapów procesu nitryfikacji – **Publikacja nr 5 (P5)**;
- 5.5. Zagadnienie nr 5 - Wpływ modyfikacji parametrów pracy reaktora na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji. Przekształcenie hybrydowego reaktora ze złożem ruchomym (IFAS-MBSBBR) do zintegrowanego usuwania związków węgla, azotu i fosforu w głównym ciągu oczyszczania ścieków na nitrifikacyjny reaktor pracujący w czystej technologii złoża ruchomego (MBSBBR) w warunkach ciągu bocznego – **Publikacja nr 6 (P6)**.

W Rozdziale 6 Doktorantka zamieściła 10 wniosków wynikających z Jej badań doświadczalnych, a pkt. 11 stanowi propozycje kontynuacji rozpoczętych prac badawczych.

Trzy ostatnie Rozdziały części pierwszej, numery: 7, 8, 9, to kolejno: bibliografia, spis tabel, spis rysunków i zdjęć.

Część druga rozprawy doktorskiej zawiera sześć opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, stanowiących rozprawę doktorską Pani mgr inż. Olgi

Zając. Po każdej publikacji, zaprezentowanych jako kopie oryginalnych, zamieszczonych w renomowanych czasopismach artykułów, umieszczono stosowne oświadczenia współautorów. Oświadczenia dokumentują właściwy wkład w tworzenie danej publikacji przez każdego z nich.

3. Ocena układu rozprawy i piśmiennictwa

Pierwsza część to zwarty opis badań Doktorantki ukazany przez pryzmat opublikowanych artykułów. Bardzo dobry „przewodnik” po skomplikowanym obszarze badawczym, zawierającym szereg eksperymentów laboratoryjnych wraz z ich różnymi wariantami, które pozwoliły Doktorantce na jeszcze bardziej wnikliwą oceną, weryfikację wykonywanych przez Nią badań doświadczalnych.

Takie rozwiązanie bardzo dobrze przybliży, osobie czytającej pracę doktorską, logikę planowania badań, ich przebieg i interpretację uzyskanych wyników. Dla większej przejrzystości Autorka we wstępie do opisu każdego Zagadnienia badawczego przywołuje publikacje, zawierające bardziej szczegółowe przedstawienie omawianych składowych pracy doktorskiej.

Jak można zauważyć, po zapoznaniu się z tą częścią pracy, decyzje o doborze metod badawczych, parametrów procesów, sposobie ich prowadzenia, przedstawieniu końcowych wyników (tabele, obliczenia, wykresy), podejmowane były na podstawie wcześniejszych badań własnych – eksperymentalnych, jak i w oparciu o analizę danych literaturowych.

Druga część - artykuły, pozwalają czytelnikowi zapoznać się dokładnie ze sposobem prowadzenia badań i właściwym uporządkowaniem kolejnych etapów poszczególnie opracowywanych Zagadnień badawczych. Publikacje były każdorazowo recenzowane przez ekspertów i zostały umieszczone w czasopismach z listy MNiSW.

Całość stanowi czytelny, uporządkowany, logiczny układ, pozwalający na osiągnięcie założonych celów pracy, a tym samym na zrealizowanie zagadnień ujętych w temacie rozprawy doktorskiej.

Piśmiennictwo, w niniejszej rozprawie pod nazwą *Bibliografia*, zostało dobrane zgodnie z zakresem tematycznym niniejszej pracy. Ponadto, należy dodać również, że dane literaturowe przypisane do każdej publikacji, odnoszą się dokładnie do Zagadnienia w niej omawianego. Łączna liczba pozycji literaturowych to 208 – skala porównywalna z pracami habilitacyjnymi, czyli odbiegająca od standardu prac doktorskich. Stanowi to cenną bazę wiedzy teoretycznej, literaturowej.

4. Ocena doboru tematu

We wstępie, będącym częścią wprowadzenia, Doktorantka krótko scharakteryzowała procesy oczyszczania ścieków, ze szczególnym uwzględnieniem roli związków biogenych, w tym zjawiska nitryfikacji, który jest procesem energochłonnym. Ponadto, podczas zachodzenia procesów nitryfikacji i denitryfikacji pojawia się problem emisji gazów cieplarnianych – bezpośrednio w wyniku mechanizmu zjawiska, jak i pośrednio, przy spalaniu paliw kopalnych. Paliwa te nadal są głównym źródłem energii elektrycznej, niezbędnej w eksploatacji reaktorów, w których zachodzą biologiczne procesy oczyszczania ścieków. Jednym z technicznych

rozwiązań opisywanego zagadnienia, może być zastosowanie złoza ruchomego, będącego alternatywą do klasycznego układu z osadem czynnym. Doktorantka, przedstawiła krótką historię rozwoju tej technologii, uwzględniając opis istniejących, ruchomych nośników – wypełnień złożeń, rodzaje reaktorów, ich wady i zalety. Kolejne podrozdziały zawierają charakterystykę procesu nitryfikacji – mechanizm przebiegu, czynniki wpływające na jej efektywność. Następnie, Doktorantka przeszła do opisu strategii napowietrzania, pod kątem efektywnej nitryfikacji, uwzględniając zagadnienia związane z zużyciem energii elektrycznej i emisją, jednego z produktów ubocznych tego procesu, czyli z podtlenkiem azotu – N_2O .

Wybór, zakres i analiza danych literaturowych pomógł Doktorantce sprecyzować obszar zainteresowań. Wybór tematu pracy należy uznać za właściwy, zarówno ze względów naukowo-poznawczych jak i aplikacyjnych.

Sformułowane wnioski, po rozważaniach teoretycznych, umożliwiły w jasny sposób postawić cel własnych rozważań naukowych.

5. Ocena postawionych celów rozprawy, metod badawczych i ich realizacja

Doktorantka przedstawiła przedmiot swojej pracy, który odzwierciedla jej temat. Doktorantka nie wskazała też swojej pracy, natomiast zdefiniowała cele cząstkowe, wg których realizowany był temat rozprawy doktorskiej.

Taka decyzja jest coraz częściej podejmowana we współczesnych rozprawach doktorskich, a w szczególności w przypadku kiedy rozprawę doktorską stanowi zbiór opublikowanych artykułów – z jednej strony monotematycznych, z drugiej, mimo wszystko stanowiących, każdy z nich, odrębną całość (forma jest podobna: wprowadzenie, materiał i metody, wyniki i ich dyskusja, wnioski, referencje). Należy zwrócić uwagę, iż nie istnieje wymóg formalny postawienia i udowodnienia tezy, gdyż obowiązujące Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19. stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U.2018, poz.261) nie zawiera pojęcia tezy pracy doktorskiej. Rezygnacja w pracy badawczej z tez (lub tezy) na korzyść wyraźnego postawienia celów jest przez Recenzentkę uznana za postępowanie właściwe. Doktorantka prowadząc badania, nie chciała zapewne antycypować co kryje się w nie do końca rozpoznanym obszarze czynników wpływających na przebieg badanego procesu. Takie podejście świadczy o profesjonalnej dojrzałości Doktorantki, rozważającej konkretny proces technologiczny w aspekcie naukowym

Realizację przedstawionych celów przeprowadzono zgodnie z założonym zakresem prac w poszczególnych Zagadnieniach – lista wyszczególniona w pkt. 2 niniejszej recenzji. Ze względu na to, że te Zagadnienia, a zarazem postawione cele zostały, dokładnie opisane w przedstawionych artykułach, które to z kolei były, przed ich wydaniem, oceniane przez wielu niezależnych recenzentów, Recenzentka rozprawy doktorskiej ograniczy się do ogólnej oceny podjętych prac doświadczalnych, ujętych w artykułach.

Osiągnięcie realizacji celu było możliwe dzięki właściwemu rozpoznaniu procedur badawczych, przygotowaniu odpowiedniej aparatury doświadczalnej, wyborze dobrego

materiału badawczego jaki stanowiły ścieki syntetyczne (surowe i oczyszczone) i przyjęciu sprawdzonych modeli obliczeniowych.

Należy stwierdzić, iż wybór metod badawczych i obliczeniowych został dokonany w sposób właściwy i gwarantujący realizację postawionych zadań. Przyjęta koncepcja realizacji pracy badawczej i metodyka jej realizacji znajduje uzasadnienie w aktualnym stanie wiedzy, który obejmuje zagadnienia z zakresu zarówno badań nad prowadzeniem procesu nitryfikacji, jak i rozważań dotyczących zagadnień energetycznych, związanych z napowietrzaniem.

Zaplanowany, obszerny, zakres pracy pozwolił Doktorantce osiągnąć założone cele. Dyskusja wyników doprowadziła do sformułowania wniosków końcowych (Rozdział 6, pkt. 1-10), z których za najważniejsze zostaną omówione przez Recenzentkę w następnym pkt.6 recenzji.

6. Ocena pracy doktorskiej w aspekcie omówienia wyników badań

Recenzowany dorobek Doktorantki - ze względu na swoją specyfikę tj. przedłożenie zestawu autorskich/współautorskich publikacji dotyczących problematyki nowoczesnej technologii usuwania związków azotu ze ścieków – posiada szczegółowe opisy wyników badań w każdym z artykułów. Doktorantka w części opisowej rozprawy doktorskiej nie przedstawiła oddzielnego Rozdziału dedykowanego wyłącznie opisowi wyników tych badań, natomiast przyporządkowała te opisy podrozdziałom Rozdziału 5. Ocena układu tej części pracy doktorskiej została opisana w pkt. 3 recenzji.

Odnosnie wyników prac zawartych w podrozdziale 5.1. dot. Zagadnienia nr 1 (pt.: „*Wpływ strategii napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym*”), w aspekcie wyników posiadających potencjał wdrożeniowy, zdaniem Recenzentki, należy podkreślić konstatację Doktorantki, iż niezależnie od zmian strategii napowietrzania (w schemacie: naprzemienne napowietrzanie-skrócony czas napowietrzania – skrócony czas podfazy z napowietrzaniem) efektywność procesu nitryfikacji pozostawała na porównywanym poziomie. Wynikiem tej części badań było udowodnienie, że strategia napowietrzania miała większy wpływ na aktywność i liczebność mikroorganizmów zdolnych do utleniania azotu amonowego, niż organizmów utleniających azotyny do azotanów. Uzyskane wyniki, w szczególności te, które wykazały że błona biologiczna stanowi środowisko sprzyjające rozwojowi mikroorganizmów nitryfikacyjnych, zostały poprawnie, metodycznie skonfrontowane ze starannie dobraną literaturą.

Zagadnienie badawcze nr 2, podrozdział 5.2, obejmowało próby określenia wpływu wykształcenia biomasy osadu czynnego w reaktorze (w technologii złoża ruchomego) na efektywność oczyszczania ścieków, przy czym Doktorantka – w sposób oczywisty – zogniskowała się na efektywności nitryfikacji. Wyniki badań, prezentowane podobnie jak pozostałe Zagadnienia badawcze w publikacjach autorskich Doktorantki wykazują, że niezależnie od wariantu technologii złoża ruchomego, w której pracował reaktor oraz od zastosowanej strategii napowietrzania, efektywność procesu nitryfikacji utrzymywała się na porównywalnym poziomie. W tym przypadku o wysokiej efektywności analizowanego procesu, w dużej mierze, decydowały mikroorganizmy zdolne do prowadzenia heterotroficznej nitryfikacji wraz z autotroficzną denitryfikacją (HNAD). Ta część badań dowodzi istnienia dużego potencjału hybrydowych reaktorów ze złożem ruchomym, w aspekcie zwiększenia

efektywności biologicznego oczyszczania ścieków. Podobnie jak w przypadku poprzedniego Zagadnienia badawczego, jak również następnych, uzyskane wyniki zostały w sposób właściwy zinterpretowane na tle dostępnej literatury.

Kolejne Zagadnienie nr 3, o najważniejszym, zdaniem Recenzentki, znaczeniu wdrożeniowym i praktycznym, dotyczyło wpływu strategii napowietrzania na zużycie energii elektrycznej w procesie napowietrzania, co ma kluczowe znaczenie dla efektywności ekonomicznej współczesnych systemów oczyszczania ścieków. Zarówno doświadczenie wszystkich niemal eksploatatorów, jak i literatura przywołana przez Doktorantkę wskazują, że podjęta przez Nią próba obniżenia poboru energii elektrycznej dla dostarczenia tlenu niezbędnego do nityfikacji jest szczególnie ważna w przypadku reaktorów wykorzystujących hybrydową technologię złoża ruchomego, dla których brak jest rzetelnych źródeł naukowych czy praktycznych. Wyniki tej części prac badawczych doprowadziły do udowodnienia ważnego wniosku, iż w systemach z naprzemiennym napowietrzaniem, sterowanym zarówno przez: wartość R, założone stężenie tlenu, skrócenie czasu napowietrzania, nie zawsze prowadzi do oszczędności energetycznych. Wniosek ogólny z tego Zagadnienia brzmi: hybrydowa technologia złoża ruchomego, jak i właściwe modyfikacje strategii napowietrzania, mogą dać istotne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej. Natomiast, istotnym składnikiem badawczym tych eksperymentów jest wprowadzenie i omówienie znaczenia bakterii Comamox w tworzeniu/modyfikacji układów oczyszczania ścieków pod kątem efektywnego obniżenia zapotrzebowania na energię.

Wnioski z Zagadnienia badawczego nr 4 obejmującego wpływ temperatury, mimo powszechnej wiedzy praktycznej, iż proces nityfikacji uchodzi za szczególnie wrażliwy na zmienność temperatury w poszczególnych etapach biologicznego oczyszczania ścieków, został znacząco rozszerzony przez autorskie badania Doktorantki. W tym przypadku, Autorka pracy zdecydowała określić wpływ gwałtownego spadku temperatury na szybkość poszczególnych etapów procesu nityfikacji w systemie hybrydowym. Wniosek, że w układzie hybrydowym znaczenie dominujące mają mikroorganizmy nityfikacyjne rozwijające się w kłaczkach osadu czynnego w stosunku do organizmów w biofilmie, mają wyjątkowe znaczenie poznawcze i wdrożeniowe, gdyż próby wyznaczenia wartości współczynnika korekcji temperatury dla tych rozwiązań, pozostawały dotychczas nierozwiązane.

Zwieńczeniem części badawczej jest ostatnie Zagadnienie badawcze nr 5, obejmujące określenie wpływu proponowanych modyfikacji parametrów pracy reaktora na efektywność procesu nityfikacji. Doktorantka udowodniła, że przekształcenie układu w hybrydowy reaktor nityfikacyjny dało w rezultacie obniżenie liczebności bakterii Comamox w biofilmie, przy jednoczesnym wzroście populacji w kłaczkach osadu czynnego.

Reasumując: badania, będące wkładem Doktorantki w rozwój dyscypliny, zostały w bardzo dobry sposób zorganizowane poprzez ujęcie w układ pięcio-zagadnieniowy, jednoznacznie zdefiniowany podział badań. Opis każdego z tych Zagadnień zawierał: bardzo staranne omówienie wyników badań ze szczegółowymi konstatacjami końcowymi. Doktorantka w sposób właściwy i czytelny przedstawiła rezultaty swoich prac – w dużej mierze nowatorskich – na tle starannie dobranej literatury. Wykonane badania posiadają bardzo dużą wagę naukową jak i znaczący potencjał wdrożeniowy, jednak sposób prezentacji wniosków cząstkowych z badań wymaga drobnego komentarza, który został przedstawiony w pkt.10 niniejszej recenzji.

7. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników

Niezależnie od wykazanej w recenzji wysokiej rangi prac badawczych Doktorantki w aspekcie naukowo-poznawczym, wyniki Jej pracy mają bardzo duży potencjał wdrożeniowy. Podjęcie badań nad rozpoznaniem możliwych modyfikacji procesu było, od samego początku opisywanych badań, prowadzone równolegle z dążeniem do wyznaczenia takiej modyfikacji technicznej (układ technologiczny) badanego reaktora, aby uzyskać znaczącą poprawę efektywności wykorzystania energii elektrycznej w trakcie eksploatacji. Wobec oczywistych problemów ekonomicznych związanych z kosztami dostaw energii i wobec faktu, iż nityfikacja jest najbardziej energochłonnym procesem składowym nowoczesnych oczyszczalni ścieków, bardzo duże znaczenie praktyczne recenzowanej pracy doktorskiej jest nie do podważenia. Wnioski cząstkowe z badań, jak i wnioski końcowe z dysertacji, dowodzą możliwości wprowadzenia wyników i propozycji autorskich Doktorantki, zarówno w obiektach nowoprojektowanych, jak i w procesie modernizacji obiektów istniejących.

8. Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Już sam wybór tematyki pracy doktorskiej wskazywał na jej nowatorski charakter. Doktorantka bardzo dobrze zidentyfikowała najważniejszy współczesny problem oczyszczalni ścieków jakim jest uzyskanie wysokiej efektywności energetycznej przy jednoczesnej wysokiej efektywności układu nityfikacja-denityfikacja. Doktorantka jako obszar badań wybrała rozwiązania oparte na technologii złoża ruchomego, które zyskują w ostatnich latach coraz większą popularność potencjalnych użytkowników, natomiast istotną przeszkodą przed ich szerszym wprowadzeniem był brak naukowego rozpoznania kwestii wpływu strategii napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nityfikacji w tego typu układach. Jest to pierwsza praca, w której opisano występowanie bakterii Comammox w sekwencyjnych reaktorach porcjowych ze złożem ruchomym. Badania autorskie Doktorantki w znaczącym stopniu wypełniają dotychczasową lukę poznawczą. O innowacyjnym charakterze badań świadczy fakt, że Science Direct rozpoznaje w skali świata jedynie 54 publikacje na temat tych bakterii w ściekach, z czego żadna z tych prac nie przedstawia jednoznacznie rozwiązań o potencjale wdrożeniowym w rzeczywistych oczyszczalniach ścieków.

9. Ocena naukowej wartości rozprawy wraz z oceną indywidualnego wkładu Doktorantki w powstanie tej pracy

W swojej pracy Doktorantka:

1. Przeanalizowała znaczną ilość pozycji literatury naukowo-badawczej krajowej i zagranicznej, na podstawie której sprecyzowała obszar własnego problemu badawczego, celu rozprawy oraz opracowała zakres pracy pozwalający zrealizować to przedsięwzięcie naukowe.
2. Wybrała metody doświadczalne i dobrała zestaw analiz laboratoryjnych, obejmujących zasadnicze parametry kontroli procesu nityfikacji w oczyszczaniu ścieków.
3. Przygotowała stanowiska badawcze, na którym prowadziła doświadczenia w skali laboratoryjnej.

4. Przeprowadziła bardzo dużą ilość analiz i pomiarów podczas badań laboratoryjnych wykorzystanych do określenia wpływu różnych czynników na prowadzone procesy technologiczne (m.in. czasy napowietrzania, obciążenie reaktora zw. org., temperatura) dające podstawę do udowodnienia postawionych celów rozprawy. Potwierdza to znajomość zagadnień teoretycznych jak i technik analizy instrumentalnej przez Doktorantkę.

5. Podjęła trudny temat, który odzwierciedla nie tylko zagadnienia związane z prowadzeniem procesu technologicznego (nitrifikacji), ale wskazuje, wytycza możliwości dalszych badań, co zostało zasygnalizowane w pkt. 11 Rozdziału 6 „Wnioski”.

W odniesieniu do oceny indywidualnego wkładu Doktorantki w powstanie przedmiotowej rozprawy, Recenzentka, ze względu na brak kontaktu, udziału w pracach badawczych prowadzonych przez Doktorantkę, może opierać się jedynie na oświadczeniach współautorów artykułów stanowiących rozprawę doktorską. Według zamieszczonych oświadczeń udział Doktorantki w przygotowanych publikacjach wynosił:

Publikacja nr 1, nr 2 i nr 6 – 60%; Publikacja nr 3 – 70%; Publikacja nr 4 – 65%; Publikacja nr 5 – 70%. W opisie obowiązków przypadających na współautora, Doktorantka była odpowiedzialna za: szczegółowy przegląd literatury, przygotowanie metodyki badawczej, planowanie i wykonanie doświadczeń, kontrola i nadzór nad stanowiskiem badawczym, przeprowadzanie testów kinetycznych i analiz fizyko-chemicznych ścieków surowych i oczyszczonych, monitorowanie wszystkich etapów badawczych, opracowanie wyników badań, pełnienie obowiązków autora korespondencyjnego.

Należy stwierdzić, że zarówno procentowy udział, jak i zakres obowiązków, potwierdza jednoznacznie znaczący wkład Doktorantki jako Autora niniejszej rozprawy doktorskiej.

10. Uwagi do tekstu rozprawy doktorskiej oraz do ewentualnego komentarza ze strony Doktorantki

Uwagi dotyczące redakcji tekstu

Recenzowana praca doktorska została wykonana na bardzo wysokim poziomie naukowym i edycyjnym. Język tekstu jest profesjonalny, w zakresie użytych sformułowań, a tekst jest czytelny.

W ocenie pracy, w zakresie edytorskim, należy stwierdzić, że pierwsza część pracy została przygotowana bardzo starannie, tabele i rysunek 3.1 czytelne. Jediną korektę, którą można wprowadzić, to zmiana numerów artykułów z P2 i P3 na P3 i P4, w Tabeli 4.1, str. 48, w Zagadnieniu nr 3.

Natomiast w części drugiej - jedyna generalna uwaga może odnosić się do standaryzowanego, właściwego dla jednostki wydawniczej (wg przypuszczenia Recenzentki), druku dołączonych artykułów. Wartość/efekt bardzo dobrze przygotowanych artykułów (prawidłowy układ, bogato ilustrowany materiał badawczy: kolorowe rysunki, tabele, schematy itd.) przez Autorów, w znacznym stopniu został „zminimalizowany” – w sensie dosłownym – bardzo mała wielkość czcionki uniemożliwia swobodne czytanie zamieszczonego tekstu. Jednakże, tej uwagi nie można odnieść do Autorki recenzowanej rozprawy.

Drobna uwaga Recenzentki, dotyczy jednego aspektu rozprawy (tekstu zwartego): otóż wnioski z badań były przez Doktorantkę zamieszczone bezpośrednio w opisach Zagadnień badawczych, w kolejności ich występowania w publikacjach będących formalną podstawą procedury doktorskiej. Takie rozproszenie, bardzo cennej wiedzy, na kilkudziesięciu stronach tekstu utrudnia czytelnikowi, niezaznajomionemu z dorobkiem Doktorantki, właściwą hierarchizację Jej dokonań. Wydaje się, że czytelniejsze byłoby krótkie, kilkuzdaniowe podsumowanie każdego z Zagadnień badawczych ze wskazaniem najważniejszych efektów naukowych oraz efektów wdrożeniowych. Rozdział 6 pt. *"Wnioski"* (str 92) nie daje takich informacji, gdyż stanowi jednocześnie zestawienie wniosków per se, ogólne podsumowanie badań oraz wskazania możliwych dróg dalszego prowadzenia badań przez Doktorantkę. Uwaga ta, w najmniejszym stopniu, nie obniża bardzo wysokiej oceny całości rozprawy, dotyczy jednego jej aspektu – prezentacji wyników. Jest rzeczą oczywistą, że prezentacja wyników tak obszernych badań nie jest możliwa w sposób skrótowy, a niniejsza uwaga jest tylko małą sugestią wobec dalszych publikacji Doktorantki, które na pewno nastąpią.

Uwaga – prośba o ewentualny komentarz Doktorantki

Nawiązując do opinii Recenzentki zawartej w pkt. 7 recenzji (7. *Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników*) oraz biorąc pod uwagę zamieszczone propozycje dalszych badań Doktorantki - Rozdział 6, pkt.11 – Recenzentka uważa, iż zasadne byłoby uwzględnić, w zakresie planowanych prac, badania na ściekach rzeczywistych. Taki wybór materiału do analiz pozwoliłby na wstępną weryfikację/przeniesienie doświadczeń ze skali laboratoryjnej na kolejną, w kierunku pełnoskalowej.

10. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Olgi Zajac pt.: *„Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”* stoi na wysokim poziomie naukowym i zawiera oryginalne wyniki doświadczalne. Doktorantka wykazała w niej dużą wiedzę teoretyczną i umiejętność samodzielnego prowadzenia badań oraz metod obliczeniowych w zakresie analizy przebiegu i efektywności procesu nitryfikacji w sekwencyjnych reaktorach porcjowych ze złożem ruchomym.

Zastosowane w pracy metody badawcze i ich interpretacja są właściwe, a zaproponowane tematy do dalszych badań, zasługują na ich realizację.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Olgi Zajac pt.: *„Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”* spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19. stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U.2018, poz.261). Ponadto, recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Olgi Zajac zawiera elementy nowości naukowej stanowiący oryginalny dorobek Doktorantki oraz spełnia warunek, o którym mowa w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. 2028, poz. 1668 z późn. zm).

Dlatego wnioskuję o przyjęcie rozprawy przez Radę Naukową Dyscypliny: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Mając na uwadze zawartą przez Recenzentkę ocenę rozprawy doktorskiej, w różnych jej aspektach – punkty recenzji: m.in. 5, 6, 8, 9 i uznając te stwierdzenia za uzasadnienie wystarczające na podkreślenie wysokich walorów naukowych, będących wynikiem całokształtu pracy nad rozprawą doktorską, stawiam również wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Olgi Zając pt.: *„Analiza wpływu naprzemiennego napowietrzania na przebieg i efektywność procesu nitryfikacji w reaktorach ze złożem ruchomym”*.

Kraków, 10 grudnia 2024r.

Flimodonia Rybicka