

Dr hab. inż. Ewa Felis
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Biotechnologii Środowiskowej
ul. Akademicka 2; 44-100 Gliwice

Gliwice, 16.10.2017r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Artura Michała Mielcarka

pt. „Efektywność denitryfikacji i biologicznej defosfatacji wspomaganey zewnętrznym źródłem węgla organicznego w sekwencyjnym reaktorze porcjowym z błoną biologiczną (SBBR)”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą do opracowania niniejszej recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej (w Lublinie), prof. dr hab. Witolda Stępniewskiego, z dnia 05.09.2017r. z prośbą o zrecenzowanie przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

2. Celowość podjęcia tematu w rozprawie doktorskiej

Zaostrzające się wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych wymuszają ciągle usprawnianie istniejących już technik i technologii oczyszczania ścieków, także w kontekście jednoczesnej eliminacji azotu i fosforu. Należy pamiętać o fakcie, że w świetle obowiązujących przepisów, nawet małe oczyszczalnie ścieków, jeżeli zlokalizowane są na terenie aglomeracji, powinny spełniać wymagania jakościowe stawiane ściekom oczyszczonym w oczyszczalniach aglomeracyjnych. Interesującym rozwiązaniem dla małych oczyszczalni (i nie tylko) mogą być oczyszczalnie sekwencyjne (zasilane porcjowo), a w szczególności reaktory z osiadłą biomasą. Należy także zauważyć, że instalacje przeznaczone do biologicznego oczyszczania ścieków są projektowane głównie na podstawie doświadczeń inżynierskich i rzadko projektujący inżynierowie odnoszą się do wiedzy z dziedziny biologii, uwzględniając do projektowania informacje o składzie biocenozy biorącej udział w procesie oczyszczania ścieków. Należy mieć na względzie, że znajomość czynników przekładających się na wzrost określonych grup bakterii może w przyszłości przełożyć się na możliwości

bioaugmentacyjne, a to może przyczyniać się do osiągnięcia bardziej stabilnego procesu biologicznego oczyszczania ścieków, przekładającego się na jego efektywność. W recenzowanej pracy podjęto próbę określenia wpływu rodzaju zewnętrznego źródła węgla organicznego, a także jego ładunku na efektywność synergicznej denitryfikacji i defosfatacji biologicznej z jednoczesną kontrolą zmian zachodzących w strukturze mikrobiologicznej biofilmu, które to kontrolowane były za pomocą nowoczesnych technik analizy mikrobiologicznej. Na uwagę zasługuje też fakt, że oprócz znanych substratów, stosowanych jako zewnętrzne źródło węgla, w badaniach wykorzystano łatwo biodegradowalny odpad (w tym przypadku odpadowe piwo), co jest szczególnie istotne z punktu widzenia promowania zasad gospodarki obiegu zamkniętego w inżynierii środowiska.

Z tego względu wybór tematyki badań dokonany przez Doktoranta uważam za trafny, zarówno z punktu widzenia walorów poznawczych, jak również późniejszych możliwości aplikacyjnych.

3. Ogólna charakterystyka recenzowanej rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Artura Michała Mielcarka liczy 160 stron druku, w tym 20 rysunków, 11 tabel (w części głównej pracy), bibliografię obejmującą 171 pozycji literaturowych, głównie anglojęzycznych oraz załącznik, w którym za pomocą 36 dodatkowych tabel przedstawiono wyniki analiz statystycznych, omawianych w głównej części rozprawy doktorskiej.

Układ recenzowanej rozprawy doktorskiej jest typowy dla prac naukowych – praca zorganizowana jest w 6 zasadniczych części (są to rozdziały 2-7), poprzedzonych „Wprowadzeniem”.

Po części wstępnej, wprowadzającej w tematykę badawczą, następuje przegląd obecnego stanu wiedzy, nazwanego przez Autora jako „Podstawy teoretyczne” (**rozdział 2**), który obejmuje:

- ogólny opis podstaw teoretycznych usuwania związków azotu (w tym procesu nityfikacji, asymilacji związków azotu i heterotroficznej denitryfikacji);
- podstawy teoretyczne procesu defosfatacji (fizykochemicznej i biologicznej);
- oceny roli biofilmu w procesach heterotroficznej denitryfikacji i biologicznej defosfatacji;

- opisu stosowanych rozwiązań sekwencyjnych reaktorów porcjowych z błoną biologiczną w oczyszczaniu ścieków;
- opisu zastosowania i znaczenia źródeł węgla organicznego w procesach heterotroficznej denitryfikacji i biologicznej defosfatacji.

W powyższej części (rozdział 2; podrozdział 2.1), brakuje mi opisu podstaw procesu Anammox, który jest procesem coraz lepiej poznany, pełni istotną rolę w usuwaniu azotu ze środowiska, znajduje zastosowanie w skali przemysłowej i może być stosowany w reaktorach z osiadłą biomasa. Ten brak uwidacznia się szczególnie w dalszej części rozdziału 2, szczególnie w podrozdziale 2.4, gdzie Autor odwołuje się do procesu Anammox, w kontekście omawiania efektywności pracy wybranych reaktorów z osiadłą biomasa. W tym miejscu brakuje mi również omówienia przykładów zastosowania reaktorów z osiadłą biomasa do oczyszczania ścieków w skali przemysłowej.

W **rozdziale 3**, Autor przedstawia tezę pracy, jej cel oraz zakres. Cel pracy obejmował określenie wpływu rodzaju i ładunku zewnętrznego źródła węgla organicznego na jakość ścieków oczyszczonych oraz efektywność procesów denitryfikacji i biologicznej defosfatacji, zachodzących w sekwencyjnym reaktorze porcjowym z błoną biologiczną (SBBR). W pracy wykorzystano trzy różne zewnętrzne źródła węgla, a mianowicie: kwas octowy (jako substrat najbardziej przebadany i łatwo przyswajalny przez bakterie heterotroficzne podczas procesów biologicznej eliminacji azotu i fosforu) oraz kwas cytrynowy i odpadowe piwo (jako substraty wymagające badań jako potencjalne źródło węgla organicznego w procesach biologicznego oczyszczania ścieków). Zakres pracy obejmował 8 zagadnień, które dotyczyły przede wszystkim oceny efektywności badanych procesów, określenia parametrów kinetycznych przy obecności badanych źródeł węgla organicznego oraz określenia zmian zachodzących w strukturze zbiorowisk mikroorganizmów biofilmu, w zależności od parametrów pracy stosowanych reaktorów SBBR.

W **rozdziale 4** przedstawiona została metodyka badawcza. Przedstawiona została ona w sposób czytelny, jednakże brakuje mi informacji o ilości powtórzeń wykonywanych eksperymentów i analiz, szczególnie w odniesieniu do analiz mikrobiologicznych.

Rozdziały 5 i 6 poświęcone zostały omówieniu i dyskusji otrzymanych wyników badań – oczywiście występują różne modele pisania prac naukowych, niemniej jednak oddzielenie tych dwóch rozdziałów stwarza dla czytającego pewien element dyskomfortu –

podczas dyskusji często należy wracać do części, w której omówione zostały wyniki badań. Oczywiście ta uwaga ma charakter subiektywny i w żadnym stopniu nie wpływa na ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej. Omawiane i dyskutowane w tych rozdziałach wyniki badań wykazały, że zarówno rodzaj zastosowanego substratu, jak również jego dawka miały istotny wpływ na jakość oczyszczonych ścieków. Każdy z zastosowanych substratów wykorzystywany był przez mikroorganizmy w sposób wysoce efektywny. W prowadzonych badaniach usunięcie fosforu na drodze biologicznej, pomimo aktywności mikroorganizmów z grupy PAO i DnPAO, wynikało przede wszystkim z wykorzystania fosforu do budowy biofilmu (tj. przyrostu biomasy biofilmu) i w zasadzie ograniczało się ono do odprowadzenia biofilmu nadmiernego z układu badawczego. Spośród badanych substratów, najwyższa szybkość jego zużywania w warunkach beztlenowych (anoksydacyjnych) obserwowana była dla piwa odpadowego. W badaniach stwierdzono również, że możliwe jest zastąpienie substratu organicznego innym substratem, przy czym efektywność procesu w tym przypadku nieznacznie się obniża. Dodatkowo stwierdzono, że osiadła biomasa wzrastająca na wypełnieniu w postaci biofilmu różni się w zależności od zastosowanego źródła węgla organicznego, a także jest różna od zastosowanego inokulum.

Rozdział 7 to wnioski szczegółowe (brakuje mi końcowego wniosku o tym czy udało się potwierdzić postawioną na początku badań tezę). W pracy zestawiono także spis (aktualniej literatury), spis tabel i rysunków, załączniki i streszczenia pracy w języku polskim i angielskim.

4. Uwagi dyskusyjne i uwagi redakcyjne

Recenzując niniejszą rozprawę, nasunęło mi się kilka zagadnień, które mogą wymagać uzupełnienia i wyjaśnienia, a które mogą być przedmiotem dalszej dyskusji:

- Str. 44 – Dlaczego Autor zdecydował się na okres adaptacyjny wynoszący 60 dni? Autor tłumaczy to zagadnienie faktem, że po tym czasie „*uzyskano stabilną biomasę na wypełnieniu reaktora*”. W tekście nie ma natomiast ani jednej wzmianki co było kryterium stabilnej pracy biofilmu? Na czym polegała wyżej wspomniana „stabilność” biomasy reaktora i z czego ona wynikała?
- Str. 48 – Dlaczego Autor nie zdecydował się kontrolować parametru OWO w ściekach surowych i oczyszczonych? Szczególnie, że praca poświęcona jest określeniu wpływu rodzaju WĘGLA organicznego na procesy denitryfikacji i defosfatacji biologicznej.

Autor zdecydował się kontrolować tylko formę pośrednią związków organicznych, ChZT – jest to dla mnie o tyle niezrozumiałe, że Autor dysponował odpowiednim zapleczem aparaturowym, a analizator ogólnego węgla organicznego używany był tylko do... pomiaru stężenia azotu ogólnego (bardzo często w tego typu urządzeniach pomiar OWO i azotu ogólnego odbywa się podczas jednej analizy).

- Str. 52 (i dalej w opisie uzyskanych wyników badań) – Autor w celu wyznaczenia parametrów kinetycznych szybkości wykorzystania substratu organicznego, usuwania azotu ogólnego, pobierania i usuwania fosforanów zdecydował się na równania kinetyczne (pseudo) pierwszego rzędu (z czym się zgadzam). Dlaczego jednak w przypadku wyznaczania szybkości cząstkowych reakcji stosowano równanie zerowego rzędu? Jakie były przesłanki ku temu?
- Str. 100 (analizy mikrobiologiczne) – w ilu powtórzeniach wykonywane były analizy, które posłużyły do wyznaczenia wartości indeksu bioróżnorodności? Skąd pobierana była biomasa do tych analiz (tj. z jakiego miejsca na wypełnieniu), w jaki sposób próbka była uśredniana? Czy w przypadku tych analiz Autor może faktycznie mówić o analizach miarodajnych, cechujących cały biofilm w danej serii czy raczej przedstawione wyniki mogą wykazywać charakter „przypadkowości”, ze względu na bardzo złożoną strukturę biofilmu?
- Str. 108 – Czy azotany(V) do głębszej warstwy biofilmu mogły się dostać tylko poprzez dyfuzję z fazy ciekłej? A może jest jeszcze inne wyjaśnienie tego zjawiska?
- Str.121 – Autor pisze, że „denitryfikacja przebiegała zgodnie z równaniem pierwszego rzędu, a stałe szybkości wynosiły odpowiednio 0,311; 0,419 ...”. W jakich jednostkach wyrażone są wartości powyższych stałych?

Oprócz powyższych zagadnień dyskusyjnych, Doktorant nie ustrzegł się drobnych błędów redakcyjnych, pewnych skrótów myślowych i innych, które nie wpływają na jakość prezentowanych wyników badań, niemniej jednak należy uwzględnić przy potencjalnych publikacjach, bazujących na wynikach opisanych w niniejszej rozprawie:

- Autor w dość przypadkowy sposób używa niektórych znaków przestankowych, a w szczególności przecinków. Swoje uwagi zaznaczyłam w wersji papierowej rozprawy doktorskiej.
- Autor ma tendencję do stosowania skrótów myślowych i żargonu, np. „znacznym stosunek C:(N+P)” – co znaczy znaczny stosunek? (str.7); „tlen w fazie beztlenowej”

– jak jest już obecny tlen w postaci rozpuszczonej, nie mamy do czynienia z fazą beztlenową (str. 24); „mieszana populacja mikroorganizmów” – populacja nie może być „mieszana”, bo zgodnie z definicją populacja to „grupa osobników jednego gatunku”; „kinetyka reakcji” – jakiej? (str. 40); „stałe szybkości” – czego? (str. 121); „przyrost błony” (str. 158).

Podsumowując stwierdzam, że tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Artura Michała Mielcarka jest oryginalna i interesująca. Praca jest napisana jasno i jest podzielona na logicznie ułożone rozdziały. **Na podkreślenie zasługuje fakt zaplanowania i zrealizowania bardzo obszernego programu badań.** Uzyskane wyniki doświadczeń zostały w pracy w pełni udokumentowane i zaprezentowane w sposób czytelny na wykresach i w tabelach.

Autor udowodnił, że doskonale potrafi korzystać z metod badawczych (także tych bardziej zaawansowanych), statystycznych oraz z dobrze dobranej literatury. Uważam, że pomimo uwag dyskusyjnych Doktorant wykazał ogromną wiedzę i umiejętnościami samodzielnego, bardzo dojrzałego rozwiązywania postawionych przed nim trudnych zadań i problemów naukowych.

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Artura Michała Mielcarka pt. „Efektywność denitryfikacji i biologicznej defosfatacji wspomaganej zewnętrznym źródłem węgla organicznego w sekwencyjnym reaktorze porcjowym z błoną biologiczną (SBBR)” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w świetle ustawy o tytule i stopniach naukowych. W związku z powyższym wnoszę o jej przyjęcie oraz o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej.

Ewa Felis

dr hab. inż. Ewa Felis;
recenzent