

dr hab. inż. Małgorzata Wolska, profesor uczelni
Politechnika Wrocławska,
Wydział Inżynierii Środowiska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: malgorzata.wolska@pwr.edu.pl

Wrocław, 14 marca 2023 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Doroty Holc

pt. Usuwanie związków organicznych z wody podczas filtracji przez złoża biologicznie aktywnych filtrów węglowych

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Alina Pruss, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr inż. Małgorzata Komorowska-Kaufman

Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Nadolnego z dnia 27.02.2023 r.

Celowość podjęcia tematu

Obecność materii organicznej w środowisku wodnym od wielu lat pozostaje w kręgu zainteresowań badaczy na całym świecie, zwłaszcza w zakresie skuteczności usuwania substancji organicznych w jednostkowych procesach oczyszczania wody. Wynika to z konieczności eliminacji zagrożeń zdrowotnych, jakie niesie ze sobą obecność substancji organicznych w wodzie, przede wszystkim z uwagi na fakt, że mogą mieć one działanie toksyczne dla człowieka bądź stanowić prekursorów ubocznych produktów dezynfekcji. Dodatkowym problemem jest obecność specyficznych zanieczyszczeń w tym mikrozanieczyszczeń, a w szczególności substancji farmaceutycznych, perfluorowanych i polifluorowanych substancji organicznych. Ich obecność w świetle dyrektywy Unii Europejskiej z 2020 r. w sprawie jakości wody do picia powinna być monitorowana i w razie konieczności ich ponadnormatywne stężenia usuwane podczas oczyszczania wody przeznaczonej do spożycia.

Niestety, ciągły wzrost poziomu zanieczyszczenia wód, zwłaszcza powierzchniowych, oraz obecność nowych organicznych zanieczyszczeń antropogenicznych powoduje, że poza koagulacją konieczne jest wykorzystanie innych procesów zwiększających skuteczność usuwania materii organicznej. Dlatego do konwencjonalnych układów oczyszczania wody został włączony proces adsorpcji. Jednak nie wszystkie substancje organiczne wykazują dużą podatność na adsorpcję, dlatego prowadzi się na świecie badania nad intensyfikacją tego procesu, zmierzającą do usuwania szerszego spektrum zanieczyszczeń. Dodatkowo prowadzi się zabiegi zmierzające do wydłużenia czasu pracy kolumn sorpcyjnych przez ich zasiedlanie mikroorganizmami czyli stosowanie biosorpcji. Zabieg ten pozwala na jednoczesny przebieg adsorpcji i biodegradacji, co wydłuża cykl adsorpcji, a także zwiększa spektrum usuwanych zanieczyszczeń. Brak jest jednak szczegółowej wiedzy dotyczącej składu biofilmu powstającego na powierzchni ziaren węgla aktywnego oraz jego wpływu na przebieg procesu adsorpcji i biodegradacji. Niewystarczająca jest wiedza na temat przebiegu procesów biochemicznych oraz aktywności biologicznej na skuteczność procesu biofiltracji. Większość badań prowadzonych na świecie ogranicza się do analizy skuteczności usuwania zanieczyszczeń organicznych i kinetyki adsorpcji, bez analiz mikrobiologicznych. Dlatego podjęcie badań zmierzających do określenia przebiegu biofiltracji na granulowanym węglu aktywnym jest zasadne, a temat - aktualny. Podjęty przez Autorkę temat pozwala ocenić wpływ sposobu zasiedlania złoża adsorpcyjnego mikroorganizmami na skład gatunkowy biofilmu oraz na skuteczność usuwania różnych frakcji substancji organicznych i dostarcza wiedzy dotyczącej wpływu rodzaju mikroorganizmów zasiedlających złożę z węgla aktywnego na przebieg i skuteczność biofiltracji.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, co jest zgodne z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z póź. Zmianami). W skład dysertacji wchodzi cztery poniższe publikacje:

1. **Holec D.**, Pruss A., Michałkiewicz M., Cybulski Z. *Przyspieszenie wpracowania filtrów węglowych – doświadczenia z badań technologicznych w skali pilotowej*, Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Urbaniak A.: *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, Poznań-Kudowa Zdrój, 2016, 683-703, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielkopolski. (Udział Pani dr inż. Doroty Holec – 70%)

2. **Holc D.**, Pruss A., Michałkiewicz M., Cybulski Z. *Efektywność usuwania związków organicznych podczas oczyszczania wody w procesie filtracji przez biologicznie aktywny filtr węglowy z identyfikacją mikroorganizmów. Rocznik Ochrona Środowiska*, 18 (2), 2016, 235-246. (Udział Pani dr inż. Doroty Holc – 70% liczba punktów 15 MNiSW)
3. **Holc D.**, Pruss A., Komorowska-Kaufman M. *The Possibility of Using UV Absorbance Measurements to Interpret the Results of Organic Matter Removal in the Biofiltration Process. Rocznik Ochrona Środowiska*, 20 (1), 2018, 326-341. (Udział Pani dr inż. Doroty Holc – 60% liczba punktów 15 MNiSW)
4. **Holc D.**, Mądrecka-Witkowska B., Komorowska-Kaufman M., Szelaż-Wasielewska E., Pruss A., Cybulski, Z. *The application of different methods for indirect microbial development assessment in pilot scale drinking water biofilters. Archives of Environmental Protection*, 47 (3), 2021, 37-49 (Udział Pani dr inż. Doroty Holc – 25% liczba punktów 100 MEiN)

Doktorantka jest pierwszym autorem we wszystkich publikacjach, a w trzech z nich ma większościowy udział w ich przygotowaniu. Doktorantka przygotowała również streszczenie w języku polskim i angielskim oraz wprowadzenie, w którym w zwięzły sposób przedstawiła cel, tezy oraz wyniki swoich badań.

Rozprawa doktorska dotyczyła analizy przebiegu procesu biosorpcji prowadzonej w dwóch złożach z węgla aktywnego WG-12 (powszechnie wykorzystywanego w zakładach oczyszczania wody przeznaczonej do spożycia), których zasiedlenie mikroorganizmami odbywało się przy użyciu wody wodociągowej lub popłuczyn z filtrów węglowych pochodzących z zakładu oczyszczania wody. Doktorantka prowadziła badania w trzech cyklach tj. zasiedlania złóż adsorpcyjnych mikroorganizmami oraz w dwóch cyklach biofiltracji. Dzięki tak prowadzonym eksperymentom Autorka mogła określić:

- Wpływ sposobu zasiedlenia złóż adsorpcyjnych na różnice gatunkowe w błonie biologicznej oraz ich aktywność biologiczną (publikacja 1 i 4).

-Skuteczność usuwania substancji organicznych z wody, jej zmienność w cyklach biofiltracji oraz wpływ obecności mikroorganizmów i sposobu zasiedlania złóż na przebieg procesu (publikacja 2).

- Możliwość oceny rodzaju i właściwości substancji organicznych usuwanych w procesie biosorpcji przy użyciu wartości absorbancji UV mierzonej przy różnych długościach fali oraz relacji pomiędzy nimi. Możliwość kontroli przebiegu procesu biofiltracji na podstawie pomiarów absorbancji UV (publikacja 3).

- Przydatność różnych metod oceny liczebności mikroorganizmów oraz ich aktywności biologicznej w kontroli przebiegu procesu biosorpcji (publikacja 4 i 1).

Doktorantka przedstawiła ponadto wykaz swoich osiągnięć nie będących elementem dysertacji, wśród których należy wymienić:

- współautorstwo w siedmiu publikacjach,
- udział jako wykonawca w 5 projektach badawczych,
- udział w 3 konferencjach.

Merytoryczna ocena rozprawy

Uważam, że ze względu na coraz powszechniejsze stosowanie procesu biofiltracji zamiast filtracji przez złożę z węgla aktywnego, temat podjęty przez Doktorantkę jest aktualny i przyczynia się do zwiększenia wiedzy dotyczącej przebiegu i możliwości kontrolowania procesu biofiltracji. Autorka dokonała analizy ilościowej i jakościowej biofilmu rozwiniętego na powierzchni złóż filtracyjnych w dwóch filtrach, które zostały zasiedlone mikroorganizmami w inny sposób. Analiza ta odbywała się na różnych wysokościach złoża, dzięki czemu możliwe było określenie zmienności liczebności mikroorganizmów w przekroju pionowym złoża oraz wpływu jakości przepływającej wody i sposobu zasiedlania złoża na przebieg procesu. Określono również przebieg zmienności stężeń substancji organicznych w odpływie z tych złóż, a więc skuteczności biosorpcji w długich (57 dni) cyklach adsorpcyjnych. Dzięki temu Autorka w pełni zrealizowała założony cel, jaki sobie postawiła tj. poznanie zależności między parametrami procesowymi biofiltracji, a aktywnością mikroorganizmów bytujących w złożu filtracyjnym oraz poszerzenie aktualnego stanu wiedzy w tym zakresie.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki mogę zaliczyć:

- Jednoczesną ocenę składu fizyczno-chemicznego oraz mikrobiologicznego wody w pionowym przekroju złoża adsorpcyjnego podczas biofiltracji. Na szczególną uwagę zasługuje ocena wpływu sposobu szczepienia złoża, na przebieg biosorpcji.
- Identyfikację szczepów bakterii odpowiedzialnych za intensyfikację usuwania substancji organicznych w procesie biosorpcji.
- Określenie przemian substancji organicznych na podstawie pomiaru absorbancji przy różnych długościach fali, a w szczególności ocena właściwości usuwanych substancji organicznych na podstawie ilorazu tych absorbancji. Ocena rodzaju usuwanych zanieczyszczeń na podstawie prostych i tanich analiz ma bardzo duże

znaczenie aplikacyjne i pozwala na kontrolę przebiegu procesu biofiltracji w zakładach oczyszczania wody.

- Ocenę przebiegu procesu biofiltracji w aspekcie zmienności liczebności mikroorganizmów i stopnia eliminacji substancji organicznych, w długich cyklach adsorpcji.
- Porównanie różnych metod oceny aktywności biologicznej w złożach filtracyjnych. Ocena liczebności komórek, a nie tylko bakterii tworzących kolonie, w pionowym przekroju złoża dostarcza dodatkowej wiedzy o przebiegu biodegradacji i pozwala na określenie rodzaju przemian jakie zachodzą w złożu.

Mojej pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej nie umniejszają poniższe uwagi, z których większość ma charakter dyskusyjno-wyjaśniający:

- Moim zdaniem zasadna byłaby dogłębna interpretacja zmian wartości absorbancji w UV przy różnych długościach fali oraz ich ilorazów, pozwoliłoby to na oszacowanie rodzaju usuwanych zanieczyszczeń organicznych w różnych fazach biofiltracji i rozwoju biofilmu.
- Według mnie zasadna byłaby analiza zmian stężenia związków azotu i fosforu, zwłaszcza że Autorka pisze o konieczności dawkowania chlorku amonu i fosforanu potasu podczas zasiedlania złoża zasilanego popłuczynami z filtrów. Analiza zmienności zawartości tych związków dostarczyłaby dodatkowych informacji o aktywności biologicznej złoża oraz pozwoliłaby określić czy brak substratów pokarmowych jest czynnikiem limitującym rozwój mikroorganizmów lub wpływającym na rodzaj rozwijających się mikroorganizmów. Jest to tym istotniejsze, że woda wodociągowa nie zawiera dużych stężeń związków azotu i fosforu.
- Czy mierzona była temperatura wody w jakiej prowadzony był proces. Zastosowany płaszcz wodny spowodował brak możliwości określenia sezonowej zmienności przebiegu procesu, co może skutkować trudnościami w przełożeniu uzyskanych wyników na warunki rzeczywiste (skalę techniczną).
- Jakie były błędy analiz posiewowych analiz mikrobiologicznych? Stosowane duże rozcieńczenia mogły istotnie wpłynąć na uzyskane wyniki, a co za tym idzie rozbieżności w stosunku do metody określenia liczby komórek mogą być mniejsze od wskazywanych w pracy.
- Jeżeli liczebność mikroorganizmów (TCC) była 100-900 razy większa od stwierdzonej metodą posiewową to czy stwierdzono korelację pomiędzy tymi wielkościami?

Podsumowanie oceny rozprawy i wniosek o jej przyjęcie

Chciałabym podkreślić, że powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i nie umniejszają wartości merytorycznej pracy.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Doroty Holc pt. **Usuwanie związków organicznych z wody podczas filtracji przez złoża biologicznie aktywnych filtrów węglowych** spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące ustawowe przepisy. Wnoszę zatem o przyjęcie pracy przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Poznańskiej i dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Maryzeta Wolska