

dr hab. Małgorzata Wojtkowska, prof. PW
Wydział Instalacji Budowlanych,
Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

Warszawa, 19.05.2019 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Andželiki Domoń**

pt. „**Wpływ procesu biofiltracji z zastosowaniem biologicznie aktywnych filtrów węglowych na stabilność wody wodociągowej**”
przygotowanej pod kierunkiem naukowym - Promotora dr hab. inż. Doroty Papciak prof. PRz

1. Uwagi wstępne

Podstawą wydania opinii jest UMOWA O DZIEŁO nr NN/84/2019 zawarta w dniu 16.04.2019 r. pomiędzy Wydziałem Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie, reprezentowaną przez Dziekana dr hab. inż. Piotra Koszulinika prof. PRz. a dr hab. Małgorzatą Wojtkowską prof. PW, na opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej.

Recenzję sporządzono na podstawie:

1. Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. nr 84 poz. 455)
2. Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. z dnia 14 października 2014 r. poz. 1383)

Zgodnie z wymaganiami ustawowymi, stawianymi rozprawom doktorskim, powinny one „stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej”. Mając to na uwadze, przy ocenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Andželiki Domoń, 1 Art. 13.1. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U.



nr 65, poz. 595, z późn. zm.) przyjęto następujące kryteria: znaczenie podjętej tematyki, poprawność w sformułowaniu celów i hipotez badawczych, metodyka badań, struktura rozprawy oraz jej strona warsztatowa.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest pracą eksperymentalną, przedstawioną w formalnie monografii wydanej przez Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie, zgodnie z ustawą o stopniach i tytułach naukowych, artykuł 13 punkt 2. Praca została wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Doroty Papciak Prof. PRz.. Dysertacja napisana jest na 185 stronach, zawiera 85 rysunków, 55 tabel. Początek pracy zawiera spis treści, wykaz skrótów i oznaczeń stosowanych w pracy oraz uzasadnienie podjętego tematu. Praca podzielona została na 5 rozdziałów. Zamieszczony spis literatury zawiera 260 pozycji, podanych alfabetycznie wg nazwiska pierwszego autora. Za wykazem literatury zamieszczony jest spis rysunków i tabel oraz załącznik, w którym zamieszczono dodatkowo 25 tabel. Na końcu rozprawa zawiera streszczenie po polsku i po angielsku. Pod względem formalnym rozprawa przygotowana jest poprawnie.

3. Ocena tematyki badawczej – aktualność problemu i zasadność podjęcia tematu

Tematyka badawcza recenzowanej pracy doktorskiej mieści się w nurcie inżynierii środowiska, związanego z jakością ujmowanej wody dla Stacji Uzdatniania Wody (SUW) oraz technologią jej uzdatniania. W pracy Autorka podjęła problem dotyczący rozszerzenia technologii układu uzdatniania wody o proces biofiltracji na złożach węglowych. Przedmiotem badań była woda podziemna, ujmowana dla SUW w Jeziórku koło Tarnobrzega. Woda ta, według Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska, charakteryzują się zmiennym składem pod względem parametrów fizykochemicznych oraz niską jakością i niestabilnością.

Woda zanim trafi do odbiorców wymaga szeregu zabiegów oczyszczających. Musi bowiem spełniać określone kryteria jakości stanu fizykochemicznego i biologicznego tak, aby jej spożycie nie szkodziło zdrowiu użytkowników. Głównymi metodami stosowanymi w procesie uzdatniania są m.in.: klaryfikacja, odżelazianie, odmanganianie, zmiękczenie, demineralizacja, filtracja, dezynfekcja, aeracja i proces odwróconej osmozy. Istotnym elementem procesu uzdatniania, wpływającym też na jakość wody, jest transport siecią wodociągową. Technologia uzdatniania wody powinna więc zapewniać nie tylko usunięcie zawartych w niej substancji do wartości normatywnych, ale także zagwarantować niezmienną jakość podczas jej transportu do konsumenta. Zjawiskiem często obserwowanym w wodach

transportowanych do użytkownika jest wtórne zanieczyszczenie, co w konsekwencji przyczynia się do brak stabilności fizycznej, chemicznej i biologicznej wody. Szczególnie niebezpiecznym procesem jest niestabilność biologiczna, wynikająca z rozwoju drobnoustrojów na powierzchniach przewodów wodociągowych, w tym bakterii chorobotwórczych i lekoopornych. Zagrożenie to, wywołane obecnością błony biologicznej w systemie dystrybucji, jest związane z jakością ujmowanych wód i skutecznością procesów jej uzdatniania. Parametrami przyczyniającymi się do wtórnego zanieczyszczenia są przede wszystkim substancje biogenne, czyli związki węgla, azotu i fosforu występujące w wodach. W ocenie biostabilności wody te parametry stanowią zasadniczy problem, a jednocześnie, zgodnie z obowiązującym prawodawstwem, nie ma obowiązku kontroli zawartości związków fosforowych i biodegradowalnej frakcji organicznej. W celu poprawy jakości wody, w szczególności w kwestii skutecznego usuwania związków biogennych, w konwencjonalnych układach uzdatniania wody należałoby uwzględnić procesy jednostkowe np. filtracje na węglach aktywnych, zapewniające sorpcję i biodegradację obecnych substancji w wodzie.

Autorka podjęła w pracy próbę oceny, w jakim stopniu wprowadzenie procesu biofiltracji na złożach węglowych wpływa na poprawę jakości i stabilności wody wodociągowej. Poprawne oszacowanie skuteczności biofiltracji na granulowanych węglach aktywnych stanowi jedną z najbardziej obiecujących i ekonomicznie opłacalnych metod stosowanych obecnie w technologii uzdatniania wody i może wskazywać na efektywne usuwanie związków biogennych przez długi okres czasu. W prowadzonych dotychczas badaniach procesu biofiltracji uwzględniano głównie parametry fizykochemiczne wody oraz skuteczność usuwania związków organicznych. Badania prowadzone przez Doktorantkę klasyczna technologia uzdatniania wody została rozszerzona o biofiltrację na granulowanych węglach aktywnych. Podjęła również próbę kompleksowej oceny dotyczącej jakości bakteriologicznej oraz usuwania zanieczyszczeń przez mikroorganizmy osiadłe na materiale filtracyjnym. Problem ten jest mało rozpoznany i wzbudza wiele niepewności w odniesieniu do możliwości przedostawania się mikroorganizmów lub elementów biofilmu do uzdatnianej wody.

Podjęta w pracy próba wykorzystania biofiltracji, jako jednostkowego etapu, wprowadzonego do klasycznej technologii uzdatniania wody wpisuje się w ważną i aktualną problematykę jakości wody dostarczanej do konsumentów, zarówno z punktu widzenia jakości środowiska jak i świadomości społeczeństwa.

4. Charakterystyka pracy

W pracy Pani mgr inż. Andżelika Domoń sformułowała cel **główny**:

- ocena wpływu procesu biofiltracji z zastosowaniem biologicznie aktywnych filtrów węglowych na jakość i stabilność wody wodociągowej.

oraz cztery cele szczegółowe:

- określenie, w jakim stopniu proces biofiltracji wpływa na zwiększenie efektywności usuwania naturalnej materii organicznej (NOM) i innych substancji decydujących o stabilności biologicznej wody,
- określenie wpływu procesu biofiltracji na jakość mikrobiologiczną wody uzdatnionej,
- oszacowanie ryzyka wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji dla układów technologicznych z dodatkowym procesem biofiltracji i bez tego procesu,
- wskazanie frakcji NOM najskuteczniej usuwanej w procesie biofiltracji.

Zakres pracy Autorka podzieliła na dwie części: literaturową i badawczą. W części literaturowej wyszczególniła czynniki wpływające na stabilność fizyczną, chemiczną i mikrobiologiczną wody, zjawisko wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji – ze szczególnym uwzględnieniem etapów powstawania biofilmów i związanego z tym ryzyka zdrowotnego i technicznego, mechanizmy usuwania zanieczyszczeń w procesie biofiltracji na biologicznie aktywnych filtrach węglowych oraz czynniki wpływające na efektywność procesu biofiltracji. Zakres badawczy obejmował dobór materiału filtracyjnego, porównanie zmian parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych wody uzdatnianej w układzie konwencjonalnym i rozbudowanym o proces biofiltracji, określenie wpływu procesu biofiltracji na stabilność wody wodociągowej, oszacowanie ryzyka wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji dla dwóch układów technologicznych uzdatniania wody podziemnej, określenie wpływu procesu biofiltracji na formowanie biofilmu na wybranych materiałach instalacyjnych, określenie skuteczności usuwania frakcji NOM w jednostkowych procesach.

Następnie Doktorantka formułuje 2 tezy:

- Biofiltracja na złożach granulowanego węgla aktywnego wpływa na poprawę jakości wody uzdatnionej i obniża ryzyko wtórnego skażenia mikrobiologicznego wody w systemie dystrybucji.

- Określenie udziałów poszczególnych frakcji NOM w wodzie ujmowanej do celów gospodarczych, może dostarczać informacji na temat skuteczności i zasadności stosowania procesu biofiltracji do usuwania materii organicznej z uzdatnianej wody.

Następnie w rozdziale 3 opisała metodykę badań z uwzględnieniem przedmiotu badań, doboru materiału filtracyjnego spośród 4 dostępnych na rynku węgla aktywnych (WD-Extra, WG-12, Norit ROw 08, Filtrasorb 300), opisu procesu biofiltracji, oceny pracy biofiltrów oraz określenie frakcji NOM. W kolejnym podrozdziale przedstawiła metody wyznaczanie stabilności i szacowania ryzyka braku stabilności wody oraz metody analizy statystycznej wykorzystane w pracy. Rozdział 4 zawiera szczegółowe omówienie wyników badań. Najpierw Doktorantka przedstawiła wyniki dotyczące doboru rodzaju węgla aktywnego jako wypełnienia biofiltru. Parametrem decydującym o wyborze węgla aktywnego był indeks nadmanganianowy. Uzyskane wyniki wskazały WG-12 jako sorbent o najwyższej efektywności usuwania związków organicznych. Następnie przedstawiła charakterystykę skuteczności usuwania NOM na złożach WD-Extra i WG-12, o porównywalnej skuteczności usuwania zanieczyszczeń.. Wykazała tu zasadność wprowadzenia biofiltracji do układu technologicznego uzdatniania wody, w celu obniżeniu stężeń NOM. W rozdziałach „Analiza zmian zawartości frakcji NOM w jednostkowych procesach technologicznego układu uzdatniania wody”, Doktorantka wykazała skuteczność procesu biofiltracji w ograniczeniu użycia chloru w procesie dezynfekcji wody, a tym samym obniżenie ryzyka powstawania ubocznych produktów dezynfekcji, niebezpiecznych dla zdrowia. Istotnym aspektem rozdziału 4.4 jest podkreślenie, że wyniki uzyskane metodą hodowlaną z wykorzystaniem agaru referencyjnego wykazały brak pogorszenia jakości bakteriologicznej wody na odpływie z modelowych kolumn filtracyjnych, wskazując na właściwie dobrane parametry pracy biofiltrów. Ciekawym aspektem pracy jest opisanie i przedstawienie graficznie mechanizmu usuwania zanieczyszczeń w procesie biofiltracji (Rozdział 4.5). Doktorantka wykazała tu płynne przejście procesu sorpcji w biodegradację, mimo niekorzystnego stosunku biogenów (C:N:P) w badanej wodzie. Relacje pomiędzy procesami sorpcji i biodegradacji wyznaczyła testem EMS (Test Eberhardta, Madsena i Sontheimera), uwzględniającym zawartość związków C, N i P. W analizie wyników Doktorantka uwzględniła również pozostałe czynniki wpływające na skuteczność procesów sorpcji i biodegradacji. Należą do nich temperatura, pH i czas kontaktu wody ze złożem BAC. Kolejny rozdział (Rozdz. 4,6) zawiera trzy podrozdziały i dotyczy wpływu procesy biofiltracji na stabilność wody wodociągowej. Opis procesów chemicznych decydujących o stabilności chemicznej wody jest skompilowany, gdyż istnieje wiele parametrów decydujących o oddziaływaniu między

aktywnych filtrów węglowych oceniała na podstawie wartości OWO, indeksu nadmanganianowego, absorpcji UV, barwy i czasu gotowości technologicznej złoża. Dodatkowo badania prowadziła dla różnych typów węgla aktywnego. Zakres prowadzonych badań pokazał, że Doktorantka podeszła do postawionego problemu kompleksowo, uwzględniając różne jego aspekty. Wzięła pod uwagę nie tylko skład wody wodociągowej przed i po biofiltracji, ale oceniła jej stabilność chemiczną i biologiczną w obydwu wariantach. Ponadto dokonała oceny ryzyka utraty stabilności wody w systemie dystrybucji, określając prawdopodobieństwo przekroczenia i nieprzekroczenia granicznych wartości substancji biogenych oraz oczekiwanych strat wyznaczonych dla wody uzdatnianej w układzie konwencjonalnym poszerzonym o proces biofiltracji na złożu w 2 wariantach węgla aktywnych.

Moim zdaniem postawione cele są precyzyjnie sformułowane i w pełni potwierdzone uzyskanymi wynikami. Zakres prowadzonych badań wskazuje, że Doktorantka podeszła do realizacji postawionych celów kompleksowo z uwzględnieniem różnych aspektów. Dysertacja charakteryzuje się logicznym, spójnym i zwięzłym sposobem prezentacji wyników oraz wyciągniętych na ich podstawie wniosków. Należy podkreślić dużą dbałość o prezentację wyników, przedstawioną w postaci interesujących schematów i wykresów.

6. Uwagi i pytania

Przedstawiona do recenzji praca napisana została starannie, ze stosunkowo niewielką liczbą błędów edytorskich i stylistycznych. Wnikliwa lektura rozprawy pozwoliła na sformułowanie kilku pytań i uwag o polemicznym charakterze. Nie mają one jednak wpływu na moją końcową ocenę wartości merytorycznej rozprawy. Zawarty w pracy materiał nasuwa następujące uwagi i pytania:

1. W treści pracy Doktorantka stosuje specyficzną formę przywoływania cytowanej literatury np. na str.35 –i dalej: „Badania Boon i in. wykazują, że dynamika wzrostu mikroorganizmów w górnych i dolnych warstwach złoża jest znacznie zróżnicowana (największą liczebność mikroorganizmów obserwowano na 80-115 cm głębokości) (Boon i in., 2011).” , a na str. 36 „W pracy (Liao i in., 2012) wykazano” – są to dwa różne sposoby cytowania literatury. Zwyczajowo po cytowaniu nazwiska autora podaje się w nawiasie rok i to już wystarcza: np. Badania „Boon i in. (2011) wykazują” . Stosowana wersja cytacji zaburza czytelnikowi sens prezentowanej treści!

przepływająca wodą a przewodami wodociągowymi. Woda niestabilna charakteryzuje się agresywnością korozyjną. Intensywność procesu korozji zależy od jakości wody i materiału, z którego wykonane są przewody wodociągowe. Autorka w swoich badaniach oceniła agresywność wody w odniesieniu do materiałów stosowanych w wodociągach oraz obliczyła indeksy określające stabilność chemiczną wody. Uzyskane wyniki badań wykazały, że parametry fizykochemiczne wody są porównywalne dla wody przed i po procesie biofiltracji, to znaczy, że proces biofiltracji nie ma wpływu na zmianę właściwości korozyjnych wody. Badania biologicznej stabilności wody wykazały, że proces biofiltracji wykorzystany w konwencjonalnym układzie uzdatniania wody przyczynił się do zwiększenia jej stabilności.

W dalszej części dysertacji Doktorantka przedstawiła ryzyko utraty stabilności wody w systemach dystrybucji. Uzyskane wyniki badań pozwoliły wyznaczyć procentową liczbę próbek spełniających kryteria dla wody stabilnej biologicznie i potwierdziły pozytywny wpływ procesu biofiltracji do konwencjonalnego układu uzdatniania wody na zapewnienie produkcji wody o lepszych parametrach oraz ograniczenie możliwości wystąpienia wtórnego skażenia wody w systemie dystrybucji.

Bardzo wartościowym elementem przedstawionej do oceny dysertacji jest rozdział 4,7 zatytułowany „**Wpływ procesu biofiltracji na formowanie obrostów biologicznych na wybranych materiałach instalacyjnych**”. Doktorantka w tym rozdziale przedstawiła analizę mikroskopową oraz elektronową mikroskopię skaningową (SEM) wykorzystaną do obserwacji utworzonych obrostów biologicznych. Zastosowanie tych metod umożliwia określenie zmian zachodzących na materiałach instalacyjnych w wyniku kolonizacji przez mikroorganizmy. W badaniach wykorzystano różne materiały (stal ocynkowana, żeliwo, miedź, polietylen, polipropylen i polichlorek winylu), różniące się składem, budową oraz szorstkością powierzchni. Oddziaływanie wody wodociągowej na próbki materiałów badała w okresie 6 miesięcy. W analizie wyników wykazała powstawanie biofilmu na wszystkich materiałach, ale struktura przestrzenna błony biologicznej i szybkość jej powstawania była różna dla badanych materiałów.

W końcowej części pracy Doktorantka przedstawiła wnioski praktyczne, naukowe i perspektywy dalszych badań.

5. Walory pracy

Praca przedstawia badania i wiedzę z zakresu oceny technologii uzdatniania wody ujmowanej dla SUW, z wdrożeniem jednostkowego procesu, jakim jest filtracja na węglach aktywnych. Skuteczność wykorzystania procesu biofiltracji z zastosowaniem biologicznie

2. Dlaczego w rozdziale 3.3 nie uzasadniono szczegółowo wyboru dwóch z czterech węgla aktywnych. Prosiłabym o takie uzasadnienie w czasie obrony publicznej.
3. Co Doktorantka miała na myśli, stwierdzając na str. 82 „Efektywność usuwania absorbancji UV”, proszę o wyjaśnienie tego zwrotu.
4. Na str. 112 Autorka podała stężenie azotu azotanowego w wysokości $0,12 \text{ g/m}^3$ (w treści niepełna jednostka). Czy to możliwe, aby w filtracji wystąpiło takie wysokie stężenie tej formy azotu, a jeśli tak to czym należy tę wartość wytłumaczyć?

Uwagi szczegółowe:

1. W treści pracy pojawiły się błędy w zapisie wzorów chemicznych: str. 31 – NH_4 , str. 43-44 NaO , str. 49 – SO_4
2. Na stronie 25 użyto sformułowania „kwasy humusowe” co jest niezręcznością!
3. Str. 32 – przy opisie ΔChZT określono ten parametr jako ubytek ChZT – należy pamiętać, że jest to umowny wskaźnik wyliczony, więc może się zmienić jego wartość, a nie „ubytek”.
4. Str. 38 „Rozkład frakcji NOM”. Proponowałabym w przyszłości, podczas opisu zmian zawartości substancji chemicznych nie używać pojęcia „rozkład” w odniesieniu do rozdziału, tak jak to miało miejsce na str. 38–. Może to prowadzić do niezrozumienia zjawisk związanych z reakcją rozkładu substancji na inne związki!
5. Str. 61 – 61 niewłaściwe nazewnictwo - w tabeli 18 nazwa Difosforan potasu zamiast Diwodorofosforan potas, a w tabeli 20 stare nazewnictwo Wodorofosforan dwusodowy.
6. W tabeli 34 i 35 na str. 87 w rzędzie z jednostkami Doktorantka zamieścił symbol UV_{254} - UV_{254} jest metodą badań, a nie jednostką miary Absorbancji, co może być błędnie odczytane z zamieszczonej tabeli

Pozostałe błędy i usterki językowe i edytorskie zaznaczyłam w tekście pracy i przekaże je Autorce rozprawy.

Przedstawione powyżej uwagi związane z częścią badawczą pracy mają charakter dyskusyjny i porządkujący, nie podważając wartości przedstawionej do recenzji pracy.

7. Podsumowanie oceny pracy

Praca stanowi próbę samodzielnego rozwiązania problemu naukowego, który pozostaje w obszarze metod oceny skuteczności konwencjonalnego układu uzdatniania wody

rozszerzonego o proces biofiltracji na węglu aktywnym. Moje krytyczne uwagi, w największym stopniu wynikające z błędów edytorskich, czasami stylistycznych mają charakter polemiczny. Oczekuję, że staną się one przedmiotem dojrzałych, przemyślanych i rzeczowych odpowiedzi Doktorantki podczas publicznej obrony pracy, wszak atrybutem działalności naukowej jest ciągłe spieranie się na argumenty.

Doktorantka na podstawie przeprowadzonych badań własnych udowodniła prawdziwość postawionej tezy. W szczególności wykazała, że biofiltracja na złożach granulowanego węgla aktywnego wpływa na poprawę jakości wody uzdatnionej i obniża ryzyko wtórnego skażenia mikrobiologicznego wody w systemie dystrybucji.

8. Konkluzja końcowa

Dysertacja potwierdza znajomość ogólnej wiedzy teoretycznej mgr inż. Andżeliki Domoń w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uważam, że teza pracy została udowodniona. Biorąc to pod uwagę, stwierdzam, że oceniana praca doktorska przedstawiona w postaci monografii pt. **„Wpływ procesu biofiltracji z zastosowaniem biologicznie aktywnych filtrów węglowych na stabilność wody wodociągowej”** spełnia wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595 z póź. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Komisją Doktorską powołaną przez Radę Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie.

/Małgorzata Wojtkowska/

