

Prof. dr hab. inż. Marian Kwietniewski
Zakład Zaopatrzenia w Wodę
i Odprowadzania Ścieków
Wydział Instalacji Budowlanych,
Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
Politechnika Warszawska
Marian.kwietniewski@pw.edu.pl



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Bartosza Bogusławskiego** pt.

„Wpływ czasu zatrzymania ścieków w rurociągu ciśnieniowym kanalizacji sanitarnej na stężenie siarkowodoru w studni rozprężnej”

1. Przedmiot i podstawa formalna opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pana mgr inż. Bartosza Bogusławskiego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora prowadzonym w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie, której promotorem jest pani dr hab. inż. Anna Głowacka, prof. ZUT, a promotorem pomocniczym pan dr inż. Jacek Mazur.

Recenzję opracowano zgodnie z uchwałą Komisji Doktorskiej z dnia 22.05.2023r. i na podstawie umowy zawartej pomiędzy Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie reprezentowanym przez prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego Prorektora ds. nauki, a autorem niniejszej recenzji.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska jest opracowaniem naukowym liczącym 156 stron, na które składa się 11 rozdziałów uzupełnionych wykazem 119. pozycji literaturowych, spisem 82. rysunków i 15. tabel oraz 3. załącznikami i streszczeniem w j. pol. i ang.

Po krótkim i zwartym wprowadzeniu w problematykę badawczą zamieszczonym we wstępie (rozdział 1.) autor omówił w rozdziale 2. zagadnienia teoretyczne będące podstawą podjętych badań. W tej części doktorant przybliżył, w oparciu o szerokie studia literaturowe, wiele zagadnień merytorycznych dotyczących m in zmiany właściwości ścieków w systemach kanalizacji grawitacyjnej i ciśnieniowej traktowanych jako złożone reaktory chemiczno-biologiczne. Wydzielono w opisie mechanizmy powstawania i emisji siarkowodoru w przewodach grawitacyjnych i w przewodach tłocznych ciśnieniowych sieci kanalizacyjnych, które są obiektem badawczym w rozprawie. Szczególną uwagę zwrócono na czas zatrzymania ścieków w systemie kanalizacyjnym, który ma istotne znaczenie w procesie tworzenia się siarkowodoru w pompowniach i przewodach tłocznych. Podkreśla się przy tym, iż czas zatrzymania ścieków w rzeczywistych układach kanalizacyjnych może osiągać nawet kilkaset godzin, podczas gdy wg zalecanych standardów (PN-EN 1671) nie powinien przekraczać 8 godzin. Stąd też czas zatrzymania ścieków w przewodzie tłocznym został uznany w rozprawie za kluczowy parametr stymulujący wzrost stężenia siarkowodoru w końcówce przewodu tłocznego, a dokładnie w studni rozprężnej.

Wśród ważnych zagadnień poruszonych w tym rozdziale znalazły się też najważniejsze czynniki i przyczyny powstawania siarkowodoru w kanalizacji oraz autorskie zbiorcze zestawienie metod minimalizowania emisji siarkowodoru z kanalizacji. Ponadto podjęto próbę krytycznej oceny dostępnych modeli prognozowania emisji siarkowodoru z rurociągów ciśnieniowych, stwierdzając ich znaczną niedoskonałość.

W rozdziale 3. zostały przyjęte 4 tezy i cele pracy oraz określono jej zakres. W tym rozdziale, choć nie wyeksponowano tego w spisie treści, autor uzasadnił też w przekonujący sposób wybór tematyki badawczej, a także wybór metodyki badań przeprowadzonych za pomocą kontrolowanego eksperymentu laboratoryjnego.

W rozdziale 4. opisano materiały i metodykę badań, a w szczególności przyjęte założenia oraz budowę stanowiska badawczego i zasady prowadzenia eksperymentu.

Badania prowadzono wg założonego programu, w 3. kolejnych etapach, których realizacja zajęła rok czasu, od listopada 2021 do października 2022r. W etapie I badano, przy 8. czasach zatrzymania ścieków w przewodzie tłocznym (4, 8, 12, 16, 24, 36, 48 i 96h): zmienność istotnych wskaźników jakości ścieków, stężenie wydzielanego siarkowodoru w powietrzu oraz wskaźniki emisji siarkowodoru i wpływ jakości ścieków na stężenia i wskaźniki emisji siarkowodoru, a także stężenia równowagowe siarkowodoru rozpuszczonego w ściekach i zawartego w powietrzu.

Etap II był powtórzeniem badań z etapu I tylko przy trzech czasach zatrzymania ścieków (8, 12 i 16h) ponieważ ich celem było sprawdzenie powtarzalności niepewnych wyników uzyskanych przy tych właśnie czasach zatrzymania.

W etapie III przeprowadzono badania dla czasów zatrzymania jak w etapie I, ograniczając je do pojedynczego czasu zatrzymania i wprowadzając ograniczenia co do zakresu oznaczeń jakości ścieków.

W kolejnych 3. rozdziałach tj. 5., 6. i 7. przedstawiono szczegółowo analizę wyników badań prowadzonych w poszczególnych etapach. Każdy rozdział kończy się podsumowaniem i dyskusją wyników uzyskanych w danym etapie. Na uwagę zasługuje sposób prezentacji wyników badań stężenia siarkowodoru w powietrzu uzyskanych w kolejnych etapach, w tym głównie w etapie I (tab. 8) i etapie II (tab. 13). Sposób prezentacji wartości stężeń można interpretować jako **rozkład stężeń siarkowodoru** emitowanego ze ścieków do atmosfery w studni rozprężnej (zbiornik B) w zależności od czasu zatrzymania ścieków w instalacji.

Wyniki wszystkich badań podsumowano w oddzielnym rozdziale 8, w którym skoncentrowano się na ocenie wpływu czasu zatrzymania ścieków na zmianę ich właściwości i w konsekwencji na stężenie i wielkość emisji siarkowodoru do powietrza w komorze rozprężnej. W podsumowaniu zaprezentowano w tabeli 14. w sposób interesujący rozkład stężeń siarkowodoru w pierwszych 8. cyklach pracy instalacji dla wszystkich badanych serii.

W rozdziale 9. przeanalizowane zostały formuły prognozowania siarczków w ściekach, a w rozdziale 10 podsumowano wyniki pracy i sformułowano wnioski końcowe. W ostatnim 11. rozdziale autor przedstawił proponowane kierunki dalszych badań.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Podjęty w pracy problem jest istotny dla poprawy funkcjonowania systemów kanalizacyjnych, zarówno w zakresie ich ekonomicznej efektywności jak i pod względem środowiskowym. Korozja siarczanowa lub też siarkowodorowa, która powoduje niszczenie kanałów i elementów w szczególności betonowych stosowanych powszechnie do budowy kanalizacji na całym świecie niesie za sobą ogromne straty ekonomiczne. Dobrze ilustruje to przykład Stanów Zjednoczonych Ameryki przywołany przez autora rozprawy, gdzie szacuje się koszty wymiany uszkodzonych kanałów betonowych na poziomie ok. 14 mld. dolarów. Ale skutkiem destrukcji kanałów nie są tylko wysokie koszty ich napraw, a nierzadko poważne awarie, które nazywane są też katastrofami kanalizacyjnymi.

Pod względem środowiskowym z kolei, wydzielanie się siarkowodoru z sieci kanalizacyjnej, szczególnie w centrach miast, gdzie dominuje kanalizacja ogólnospławna, powoduje uciążliwości zapachowe dla mieszkańców. Natomiast dla obsługi sieci, przy odpowiednich stężeniach w powietrzu, może stanowić zagrożenie zdrowia a nawet życia.

Praca ma charakter wybitnie badawczy i w związku z tym można w niej zauważyć 2 główne części, a mianowicie część teoretyczną, która jest precyzyjnie ujęta w rozdziale 3 oraz część badawczą, do której można zaliczyć rozdziały 4, 5, 6, 7, a także rozdziały 8 i 9.

W ramach założeń badawczych sformułowano 4 tezy naukowe o znaczeniu poznawczym. O ile tezy 2 i 4 są jasno sformułowane, o tyle sposób zapisu tezy 1 jest nieprecyzyjny, a teza 3 została sformułowana jak cel pracy. Dlatego można było z tezy 3 zrezygnować tym bardziej, że cel taki figuruje już wśród celów dodatkowych wymienionych w p. 3.4.

W przypadku tezy 1., która brzmi „*czas zatrzymania ścieków w układzie tłocznym ma wpływ na wielkość stężenia siarczków oraz gazowego siarkowodoru w studni rozprężnej. Przegląd literatury wskazuje, że jest to zależność liniowa*”, należy założyć, iż nie chodzi tutaj o wykazanie wpływu czasu zatrzymania ścieków na stężenia siarczków i siarkowodoru lecz o to, jaki jest rodzaj zależności między czasem zatrzymania, a tymi stężeniami?

Nie jest zatem jasne, czy teza 1. ma potwierdzić liniową zależność między czasem zatrzymania ścieków a stężeniem siarczków i siarkowodoru opisywaną w literaturze przedmiotu, czy też ma wskazać na inną zależność, niż liniowa.

Głównym celem rozprawy było określenie wpływu kluczowego czynnika tj. czasu zatrzymania ścieków komunalnych w rurociągu tłocznym na stężenie gazowego siarkowodoru w studni rozprężnej. Ponadto, przyjęto 3 dodatkowe cele szczegółowe.

W ocenie rozprawy należy podkreślić, iż Doktorant na etapie przygotowania swoich badań przeprowadził dogłębne studia literaturowe z uwzględnieniem najważniejszych pozycji związanych z podjętym tematem. Widać w tym krytyczną analizę dostępnych wyników badań. Autor zwracał uwagę na uwarunkowania i założenia przyjmowane przez badaczy, co pozwoliło mu w wielu przypadkach na skuteczną weryfikację uzyskanych przez nich wyników w stosunku do warunków panujących w rzeczywistej sieci kanalizacji ciśnieniowej.

Realizacja przyjętych celów wymagała opracowania odpowiedniej metodyki badań, którą dobrze ujęto w przemyślanej i logicznej procedurze rozpisanej na 3 etapy i wyłożonej wraz z wynikami badań w rozdziałach 4 – 9. Sposób prowadzenia badań jest uporządkowany, a uzyskane wyniki zostały zaprezentowane szczegółowo w jasny sposób. Pozwoliło to autorowi na uzasadnioną ocenę wpływu czasu zatrzymania ścieków w przewodzie ciśnieniowym na stężenie siarkowodoru w studni rozprężnej.

Całościowa analiza wszystkich etapów badań zaprezentowanych w rozprawie pokazuje, że doktorant opracował oryginalną kompleksową metodykę badań pozwalającą na zrealizowanie wszystkich zadań i osiągnięcie założonych celów. Metodyka i konsekwentny sposób przeprowadzenia badań

zasługują na wyróżnienie jak również autorska instalacja badawcza, która w opinii recenzenta jest unikatowym stanowiskiem badawczym co najmniej w skali kraju.

Poza metodyką i zasadniczymi wynikami badań, doktorant uzyskał kilka innych interesujących rezultatów, wśród których na uwagę zasługuje opis matematyczny i empiryczna weryfikacja jednoczesnego wpływu dwóch parametrów tj. stężenia siarczków i odczynu pH na stężenie siarkowodoru emitowanego ze ścieków do powietrza w studni rozprężnej.

Zaprezentowane w pracy oryginalne eksperymentalne podejście do oceny wpływu czasu zatrzymania ścieków w przewodzie ciśnieniowym na stężenie siarkowodoru w studni rozprężnej oceniam wysoko. Badania wykazały, iż wpływ ten jest istotny.

Również wysoko oceniam opracowaną metodykę badań.

Stwierdzam także, iż zastosowane w pracy metody i narzędzia badawcze zostały dobrane prawidłowo, a problem badawczy został dobrze zdefiniowany.

Układ pracy jest logiczny, kolejność rozdziałów jest przemyślana i zsynchronizowana..

Tytuł rozprawy dobrze ujmuje zakres podjętych w niej badań.

Studia literaturowe zostały przeprowadzone rzetelnie i w sposób krytyczny.

Wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych badań mają uzasadnienie w uzyskanych wynikach i syntetycznie ujmują osiągnięte rezultaty. Wskazano również kierunki dalszych badań.

Generalnie mogę stwierdzić, iż autor osiągnął zamierzone cele oraz udowodnił na drodze badań naukowych przyjęte na wstępie tezy pracy.

Do najważniejszych osiągnięć, które w opinii recenzenta mogą stanowić **podstawę wyróżnienia rozprawy doktorskiej** należy zaliczyć:

pod względem poznawczym

1. *znaczne, udokumentowane poprzez autorski eksperyment badawczy, poszerzenie wiedzy na temat wpływu czasu zatrzymania ścieków w przewodzie tłocznym oraz wskaźników jakości ścieków (pH, ChZT, siarczki, siarczany, zawiesina ogólna) na intensywność powstawania siarkowodoru w studni rozprężnej*

natomiast pod względem aplikacyjnym

1. *opracowanie metodyki badań wpływu różnych czynników na intensywność powstawania siarkowodoru w studni rozprężnej wraz z budową instalacji badawczej*
2. *eksperymentalna weryfikacja możliwości i ograniczeń modeli prognozowania stężenia siarczków w ściekach w przewodzie tłocznym.*

Poza wymienionymi wyżej osiągnięciami i walorami pracy, nie dostrzegam w rozprawie istotnych niedociągnięć merytorycznych.

Zwracam jednak uwagę na sformułowania dotyczące zakresu stosowania kanalizacji grawitacyjnej zawarte w ostatnim zdaniu na str 16. i pierwszym na str.17..

Jednoznaczne definiowanie parametrów kryterialnych określających zakres stosowania kanalizacji grawitacyjnej jest obarczone dużą niepewnością, ponieważ kryteria stosowalności nie są stałe i zależą od metodyki ich ustalania, aktualnych kosztów budowy i eksploatacji itp., a te stale się zmieniają.

Jak zaznaczono w rozprawie, wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta badań powinny mieć przełożenie na podejście do projektowania systemów ciśnieniowych. Z tym stwierdzeniem trzeba się oczywiście zgodzić. W związku z tym mam prośbę o wypowiedź, jak wg doktoranta można wykorzystać uzyskane wyniki badań w procesie projektowania systemów ciśnieniowych, aby zminimalizować skutki ekonomiczne i środowiskowe emisji siarkowodoru?

Proszę też o opinię nt metod minimalizacji emisji siarkowodoru z grawitacyjnych sieci kanalizacyjnych i związanej z tym uciążliwości zapachowej. Jest to jak wiemy poważny problem środowiskowy, w szczególności w zabytkowych centrach miast. Które z metod rekomendowałby Pan jako najbardziej skuteczne?

Uwagi szczegółowe

W pracy zauważyłem kilka usterek redakcyjnych i niezręcznych sformułowań oraz tzw. „literówek”, których trudno było autorowi uniknąć. Nie mają one jednak wpływu na ocenę merytoryczną rozprawy.

Najważniejsze z nich wymieniam poniżej:

- streszczenie pracy
brak “key words” po abstract
- wykaz symboli; również na str 33
COD – to oznaczenie ChZT, nie zaś wartość ChZT. Warto byłoby rozwinąć skrót angielski
BOD – j.w.
M – stała ... ma miano, m/h
- str. 40, rys. 7 i 8
brak źródeł
- Str 51, rys. 12
Brak oznaczenia sondy O₂
- Str 56, Wiersz 4 od góry; również w innych miejscach tekstu
Jest - chemiczne zapotrzebowanie tlenu

Powinno być – chemiczne zapotrzebowanie na tlen

- Str 101; pierwsze 2 zdania – styl budzi wątpliwości
- Str 107; widoczne „proste proporcjonalności” lepiej byłoby „zależności proporcjonalne”
- Str. 125; wzór (20)

Objaśnienie C_5 – powinno być C_{H_2S}

- Str. 128; rys. 82

Opis osi poziomej – powinna być średnica rurociągu

3. Podsumowanie oceny

Całość pracy, a w szczególności zastosowaną metodykę badań oraz stopień szczegółowości przeprowadzonych analiz i wnioskowania oceniam wysoko.

Zamieszczone w niniejszej opinii nieliczne uwagi nie umniejszają naukowych i użytecznych walorów rozprawy.

Praca prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Stanowi jednocześnie indywidualny wkład doktoranta w rozwój specjalności naukowej „wodociągi i kanalizacje”.

Mogę zatem stwierdzić, iż przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Bogusławskiego pt. *Wpływ czasu zatrzymania ścieków w rurociągu ciśnieniowym kanalizacji sanitarnej na stężenie siarkowodoru w studni rozprężnej* jest oryginalnym, naukowym osiągnięciem autora i stanowi rozwiązanie sformułowanego problemu badawczego.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Bartosza Bogusławskiego spełnia wymagania ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 ze zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

