

Prof. dr hab. inż. Marcin Lutyński  
Katedra Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców  
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa  
i Automatyki Przemysłowej  
Politechnika Śląska, Gliwice

## RECENZJA

pracy doktorskiej mgra inż. Piotra Zawadzkiego

pt.: *„Zastosowanie procesów zaawansowanego utleniania w świetle widzialnym do oczyszczania ścieków zawierających mikrozanieczyszczenia”*

### 1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska pt.: *„Zastosowanie procesów zaawansowanego utleniania w świetle widzialnym do oczyszczania ścieków zawierających mikrozanieczyszczenia”*. Autorem pracy jest mgr inż. Piotr Zawadzki ubiegający się o stopień doktora nauk technicznych przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Głównego Instytut Górnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Katowicach. Promotorem pracy doktorskiej jest Prof. dr hab. inż. Adam Smoliński, a promotorem pomocniczym Dr inż. Beata Kończak.

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa – Państwowego Instytutu Badawczego Prof. dra hab. inż. Stanisława Pruska z dnia 9 stycznia 2024 r.

### 2. Ogólna charakterystyka recenzowanej pracy

Recenzowana praca zrealizowana została na podstawie wyników zebranych z 9 publikacji, gdzie 8 jest samodzielnego autorstwa Doktoranta, natomiast 1 publikacja stanowi publikację wieloautorską, w której procentowy wkład Doktoranta stanowi 80%. Wszystkie publikacje są w języku angielskim, natomiast rozprawa jest napisana po polsku i przedstawia uzasadnienie celu podjęcia tematu rozprawy oraz podsumowuje i systematyzuje uzyskane wyniki.

Rozprawa podzielona jest na 9 rozdziałów, z czego rozdział 1 jest wykazem publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej. Drugi rozdział jest krótkim wprowadzeniem, trzeci przedstawia cel pracy i nakreśla koncepcję przedstawionych badań. W rozdziale tym sprecyzowane cel naukowy

pracy i genezę jej powstania. Doktorant szczegółowo opisał elementy nowości podjętej tematyki z podziałem, według jego oceny, na elementy kluczowe, wyróżniające i znaczące.

Doktorant jasno rozdzielił cel naukowy od celu utylitarnego pracy oraz ciekawie przedstawił problem badawczy. Celem naukowym pracy jest ocena możliwości zastosowania substancji organicznych do aktywacji katalizatorów i utleniaczy do zaawansowanego utleniania mikrozanieczyszczeń, natomiast celem utylitarnym pracy jest zastosowanie metody oczyszczania ścieków w celu uzyskania jakości wody wymaganej w procesie elektrolizy. Praca posiada jednoznacznie postawioną hipotezę badawczą, która brzmi: możliwy jest rozkład mikrozanieczyszczeń w wyniku zaawansowanych procesów utleniania prowadzonych pod wpływem światła widzialnego. Doktorant zastosował się także do wytycznych pisania prac naukowych i sformułował trzy pytania badawcze:

1. Czy istnieją substancje organiczne powodujące aktywację tlenku tytanu (IV) i nadsiarczanu sodu pod wpływem światła widzialnego?
2. Czy możliwy jest rozkład błękitu metylenowego, rodminy B i chlorfenwinfosu pod wpływem światła widzialnego?
3. Czy możliwe jest zmniejszenie toksyczności roztworów poddanych zaawansowanemu procesowi utleniania pod wpływem światła widzialnego?

Kolejny rozdział opisuje zastosowane metody badawcze tj. opis stanowiska badawczego, metodologię badawczą oraz zmienne i wskaźniki przyjęte w badaniach.

Rozdział piąty poświęcony jest uzyskanym wynikom badań i ich dyskusji, gdzie każdy podrozdział stanowi dyskusję nad poszczególnym zagadnieniem, tj.:

1. Dekoloryzacją błękitu metylenowego rodnikami siarczanowymi w obecności glukozy i sacharozy,
2. Fotokatalitycznym rozkładem chlorfenwinfosu na fotokatalizatorach modyfikowanych kwasem bursztynowym i pirogronowym,
3. Wspomaganiem dekoloryzacji rodminy B za pomocą ultradźwięków i światła widzialnego,
4. Zaawansowanym rozkładem chlorfenwinfosu z rzeczywistych próbek ścieków komunalnych,
5. Zastosowania promotorów organicznych w zaawansowanych procesach utleniania prowadzonych w świetle widzialnym. Jest to dyskusja na podstawie przeglądu literaturowego,
6. Jednoczesną dekoloryzacją błękitu metylenowego i rodminy B,

7. Zastosowaniem wody odzyskanej ze ścieków w procesie elektrolizy.

W rozdziale szóstym Doktorant sformułował siedem podstawowych wniosków płynących z pracy. Kolejny rozdział jest spisem literatury, na które składa się imponujące jak na pracę doktorską, 308 pozycji.

Załącznikami pracy (rozdział 9) są oświadczenia współautorów, informacja o dorobku naukowym oraz publikacje będące podstawą pracy. Należy zaznaczyć, że wszystkie przedstawione publikacje znajdują się na liście JCR i posiadają IF od 1,1 do 5,6.

**Praca ma logiczną, zwięzłą strukturę, które świetnie wprowadza do podjętego problemu. W mojej ocenie przyjęty cel pracy, zarówno naukowy jak i użyteczny, jest bardzo aktualny, ciekawy i wpisuje się w obecne trendy związane z metodami oczyszczania wód. Praca charakteryzuje się innowacyjnym podejściem do problemu degradacji barwników: błękitu metylenowego (MB) i rodaminy B (RhB) oraz pestycydu: chlorfenwinfosu (CFVP) w procesach zaawansowanego utleniania prowadzonych w obecności promieniowania widzialnego. Doktorant doskonale uzasadnił wybór barwników oraz pestycydu, a niewątpliwą nowością pracy jest próba zastosowania światła widzialnego w procesach usuwania tych zanieczyszczeń. Moim zdaniem praca ma bardzo wysoką wartość naukową.**

### **3. Merytoryczna ocena pracy**

W ostatnich latach prowadzone są intensywne badania nad procesami zaawansowanego utleniania (AOP) mikrozanieczyszczeń, gdzie szczególną rolę odgrywają procesy fotokatalityczne w świetle widzialnym. Jest to metoda uważana obecnie za niekonwencjonalną lecz jednocześnie skuteczną. Spośród wszystkich metod AOP szczególnie fotokataliza wydaje się być metodą preferowaną ze względu na stosunkowo niski koszt oraz relatywnie wysoką stabilność chemiczną katalizatora i wydajność. Metoda ta ma również duży potencjał degradacji lub mineralizacji zanieczyszczeń organicznych. W tym kontekście, dobór tematu pracy doktorskiej jest bardzo trafny i podąża za trendami jakie można zaobserwować w technologiach oczyszczania ścieków.

W pracy Doktorant skupił się na kilku zagadnieniach i pytaniach badawczych, z których najważniejsze odnoszą się do identyfikacji substancji organicznych powodujących aktywację tlenku tytanu (VI) i nadsiarczanu sodu pod wpływem światła widzialnego, możliwości rozkładu barwników (błękitu metylenowego, rodaminy B) i pestycydu chlorfenwinfosu pod wpływem światła widzialnego oraz potencjalnego zmniejszenia toksyczności roztworów poddanych zaawansowanemu procesowi



utleniania pod wpływem światła widzialnego. Ponadto Doktorant wykazał, że zastosowanie glukozy i sacharozy umożliwia uzyskanie wyższego stopnia degradacji błękitu metylenowego przy jednoczesnym skróceniu czasu reakcji, w porównaniu do innych procesów zaawansowanego utleniania, takich jak ozonowanie czy fotokataliza. W mojej ocenie istotnym osiągnięciem pracy była próba oceny efektywności jednoczesnej dekoloryzacji dwóch barwników. Założenie takie zbliżone jest bardziej do rzeczywistych warunków i dowodzi, że Doktorant potrafi dobrze zaprojektować eksperyment badawczy.

Jednocześnie stwierdzam, że przedstawione wyniki badań i analiz oraz zastosowane w pracy metodologie badawcze udowadniają, że Doktorant potrafi:

- sformułować problem badawczy na podstawie luk, które odnalazł w danym obszarze naukowym na podstawie dogłębnej analizy najnowszej literatury i odpowiednio skonstruować metodologię, która pozwala ten problem odpowiednio przeanalizować i rozwiązać;
- odpowiednio dobierać metody analityczne,
- analizować i opisywać wyniki badań eksperymentalnych porównując uzyskane wyniki do doniesień literaturowych;
- interpretować uzyskane wyniki i formułować praktyczne wnioski.

Moim zdaniem zastosowane metody badawcze są adekwatne do postawionego problemu badawczego i świadczą o bardzo dobrej znajomości zagadnień związanych z nowoczesnymi technologiami oczyszczania ścieków

**Stwierdzam, że poziom merytoryczny pracy jest na bardzo wysokim poziomie.**

Pomimo bardzo wysokiej oceny pracy mam pewne pytania i uwagi:

1. Praca powinna zostać poddana nieco lepszej korekcie, gdyż można napotkać błędy literowe np.: str. 42 akapit 3 „krytycznej ocenie ich skuteczność”; str. 43, akapit 2 „(...) mechanizmu oddziaływania dwóch rodaminy B i błękitu metylenowego w mieszaninie”; str. 46 (...) ryzyko zablokowania membrana”; str. 48 „wodór zielony, któremu nadawany jest mu globalny”,
2. Proszę o rozwinięcie myśli na str. 45 – „Ścieki jak dotąd należały do niewykorzystanych zasobów wodnych”. Wykorzystanie ścieków w krajach takich jak Singapur, Izrael czy w krajach Bliskiego Wschodu jest relatywnie wysokie.
3. Proszę o rozwinięcie myśli „Wybór najbardziej optymalnego rozwiązania determinuje emisyjność wodoru i ostateczny koszt jego wyprodukowania.” W artykule, który jest podstawą tego podrozdziału nie znalazłem informacji o „emisyjności wodoru”.

#### 4. Wniosek końcowy

Jednoznacznie stwierdzam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant, na podstawie przeprowadzonych badań i analiz, potwierdził postawioną hipotezę badawczą, iż możliwy jest rozkład mikrozanieczyszczeń w wyniku zaawansowanych procesów utleniania prowadzonych pod wpływem światła widzialnego. Uzyskane wyniki mają wysoką wartość naukową i poznawczą. Doktorant wykazał się dobrą umiejętnością formułowania problemów naukowych, prowadzenia badań oraz dokonywania analiz wyników. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy dyscypliny naukowej Inżynieria środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Stwierdzam, że praca doktorska mgra inż. Piotra Zawadzkiego pt. *„Zastosowanie procesów zaawansowanego utleniania w świetle widzialnym do oczyszczania ścieków zawierających mikrozanieczyszczenia”* w pełni odpowiada warunkom określonym w ustawie z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie jej przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Głównego Instytut Górnictw – Państwowego Instytutu Badawczego do jej publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę wysoką wartość naukową pracy oraz jakość i liczbę publikacji Doktoranta jednocześnie wnoszę o wyróżnienie pracy doktorskiej mgra inż. Piotra Zawadzkiego.

Gliwice 12.03.2024 r.

