



UNIWERSYTET JANA DŁUGOSZA W CZĘSTOCHOWIE
Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych
ul. Armii Krajowej 13/15 • 42-200 Częstochowa
tel.: +48 34 361 21 79 • fax: +48 34 366 54 15 • e-mail: wnspt@ujd.edu.pl • <http://www.wnspt.ujd.edu.pl>

Częstochowa, 18.12.2023

Prof. dr hab. inż. Jarosław Krzywański
Katedra Zaawansowanych Metod Obliczeniowych
Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych
Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy
im. Jana Długosza w Częstochowie

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Sergiusza Mandreli

pt. „Opracowanie modelu matematycznego zjawiska emisji metali ciężkich do powietrza, wody i ziemi w wyniku spalania paliw stałych w obiektach energetycznych”

A. Wprowadzenie

Rtęć, z uwagi na swą toksyczność, bioakumulację, trwałość i transport na duże odległości stała się jednym z głównych globalnych zanieczyszczeń powietrza. W atmosferze, może przemieszczać się na duże odległości, prowadząc do globalnego skażenia, zaś w ekosystemach wodnych rtęć jest przekształcana w silną neurotoksynę metylortęć, która stanowi duże zagrożenie dla zdrowia ludzkiego z uwagi na bardzo wysoką toksyczność oraz łatwość wnikania do organizmu.

Według UNEP Global Mercury Assessment 2018, stacjonarne spalanie węgla jest drugim co do wielkości źródłem globalnej antropogenicznej emisji rtęci. Z tego względu tematykę pracy doktorskiej mgr inż. Sergiusza Mandreli należy uznać za ważną z punktu widzenia poznawczego, ale też użytecznego.

B. Zakres rozprawy

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr inż. Sergiusza Mandreli nosi tytuł „Opracowanie modelu matematycznego zjawiska emisji metali ciężkich do powietrza, wody i ziemi w wyniku spalania paliw stałych w obiektach energetycznych”. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Wojciech Adamczyk.

Rozprawa doktorska została zrealizowana w ramach doktoratu wdrożeniowego realizowanego ze środków finansowych z programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „Doktorat wdrożeniowy” ustanowionego zgodnie z postanowieniami art. 26 ust. 3f i nast. ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki.

Praca została zrealizowana w ramach projektu pn. „Hybrydowe układy adsorpcyjne do redukcji emisji rtęci z zastosowaniem wysokoefektywnych komponentów polimerowych” (Hybrid integrated adsorption system to reduce mercury emissions with the use of high-efficiency polymer components), POIR.01.02.00-00-0198, 2017-2019, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach I Osi priorytetowej „Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, Działanie 1.2 „Sektorowe programy B+R”, koordynowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Praca obejmuje łącznie 155 stron, na które składa się 6 rozdziałów, bibliografia w ilości 102 pozycji (w tym 2 pozycje w których Doktorant jest współautorem), wykaz stron internetowych oraz streszczenie.

W rozdziale 1-szym, stanowiącym wprowadzenie, Autor uzasadnia podjęcie tematu i formułuje cel oraz zakres pracy. Zawarto tam też przegląd literatury, uzasadniając przyjęty tytuł pracy, obejmujący emisję rtęci do wody i ziemi.

Rozdział 2 dotyczy badań laboratoryjnych materiału polimerowego. Sformułowano tam też model matematyczny oraz jego implementację wykorzystując Ansys FLUENT, umożliwiającą modelowanie procesu redukcji rtęci. Odwzorowanie rzeczywistych warunków przepływowych pozwoliło na weryfikację danych dostarczonych przez producenta modułów polimerowych (SPC - Sorbent Polymer Catalyst) firmy GORE™.

W rozdziale 3 pracy Autor przedstawia wyniki badań przeprowadzonych na instalacji pilotażowej w dwóch analizowanych lokalizacjach, tj. w PGE Bełchatów i w Elektrowni Pątnów. Model usuwania rtęci został zaimplementowany do środowiska obliczeniowego Ansys FLUENT za pomocą autorskich funkcji użytkownika (UDF – User Defined Functions).

Przedmiotem 4 rozdziału pracy są badania sorbentów pozwalających na ograniczenie emisji rtęci. Na bazie zebranych danych obiektowych opracowano model numeryczny redukcji rtęci o wysokiej dokładności.

Analiza techniczno-ekonomiczna omawianych w pracy technologii stanowi treść rozdziału 5 pracy. Przedstawione tam analizy poszerzono o podejścia hybrydowe w aspekcie stosowania mieszanych technik redukcji rtęci w obiektach energetycznych.

Pracę zamyka rozdział 6 zawierający podsumowanie wyników pracy.

C. Ocena rozprawy

1. Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest interesująca i ważna, wpisuje się w najnowsze światowe trendy badawcze w inżynierii środowiska i energetyce. Praca podzielona jest na logicznie rozdziały, wynikające z jej układu a jej opracowanie wymagało od Autora dobrego opanowania zagadnień teoretycznych związanych zarówno z technikami pomiarowymi, jak też tych z wykorzystaniem możliwości użytego oprogramowania Ansys FLUENT.
2. W ramach pracy zaprojektowano i zbudowano dwie instalacje pilotażowe, umieszczone na kanałach wylotowych absorberów IOS (w okolicach kanału wylotowego) dwóch bloków energetycznych: w PGE Bełchatów oraz Elektrowni Pątnów II (ZEPAK).
3. Badania eksperymentalne i modelowe mgr inż. Sergiusz Mandrela przeprowadził na obiektach w skali półtechnicznej, co podnosi walory aplikacyjne pracy.
4. W pracy zaprezentowano autorskie, innowacyjne modele usuwania rtęci zaimplementowane do środowiska obliczeniowego Ansys FLUENT za pomocą autorskich funkcji użytkownika (UDF – User Defined Functions), przy czym badania modelowe zrealizowane zostały w zespole naukowym o niekwestionowanej renomie, co w kontekście modelowanych obiektów dużej skali również podnosi wartość pracy.
5. Zgromadzony i zaprezentowany w pracy materiał badawczy oraz zdobyte doświadczenia mają wysoki potencjał publikacyjny, odpowiadający wymogom czasopism naukowych o zasięgu międzynarodowym.

D. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

- Na stronie 92 autor pisze „Większa ilość zasad i metali ziem alkalicznych powoduje zwiększenie powstawania w kotle związków o niskiej temperaturze mięknięcia i topnienia, co powoduje intensywniejsze obrastanie i zużłowanie”. Kwestię tę należałoby rozwinąć.

- Choć dla celów niniejszej pracy zaprezentowany w rozdziale 1.2 przegląd literatury wydaje się wystarczający, to jednak mógłby być bardziej rozbudowany z punktu widzenia poznawczego i publikacyjnego. Nie odniesiono się dla przykładu do kotłów z cyrkulacyjną warstwą fluidalną, o czym mowa np. w publikacji Hridesh Agarwalla, Rabi Narayan Senapati, Tarit Baran Das, Mercury emissions and partitioning from Indian coal-fired power plants, *Journal of Environmental Sciences*, 100, 2021, pp. 28-33.
- Tytuł pracy dotyczy metali ciężkich, tymczasem treść pracy, szczególnie część modelowa, koncentruje się na emisji rtęci.
- Autor na stronie 17 wspomina o udostępnieniu kodów źródłowych wykorzystywanych w poszczególnych symulacjach.
Ponadto, na stronie 116 autor pisze o załączniku stanowiącym plik zawierający implementację opracowanego modelu adsorpcji rtęci oraz bazę rozwiązań (Case 1-6 oraz Case A-C) opracowaną we współpracy z działem zajmującym się obliczeniami numerycznymi. Materiałów tych zabrakło w ocenianej pracy.
- Brakuje spisu oznaczeń z wyjaśnieniem znaczenia poszczególnych symboli użytych w pracy.
- Autor odwołuje się do wybranych elementów bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń energetycznych. Z uwagi na wdrożeniowy charakter pracy, należałoby to zagadnienie rozszerzyć uwzględniając obowiązujące przepisy bezpieczeństwa, w tym np. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 28 sierpnia 2019 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz. U. 2019, poz. 1830).

E. Uwagi szczegółowe

- Praca sporządzona została mało starannie. Liczne błędy językowe i stylistyczne, niewłaściwe odniesienia do rysunków, niestaranne formatowanie treści, a czasem nawet sposób prezentacji treści pracy, utrudniają jej lekturę, obniżając ogólny odbiór pracy, pomimo jej niezaprzeczalnych walorów merytorycznych.
- Elementy wykresu na rys. 3.7, str. 58, w tym opisy osi i legenda sporządzone są w języku angielskim,
- Prace w sekcji Bibliografia powinny być ułożone w kolejności, w jakiej są cytowane w treści pracy.

F. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. **Sergiusza Mandreli** pt. „Opracowanie modelu matematycznego zjawiska emisji metali ciężkich do powietrza, wody i ziemi w wyniku spalania paliw stałych w obiektach energetycznych” zawiera oryginalne i ważne dla inżynierii środowiska i energetyki sformułowanie oraz rozwiązanie problemu naukowego, wpisujące się w aktualne światowe trendy badawcze.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Praca stanowi przemyślaną, logiczną i spójną całość, potwierdzającą umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Uważam, że opiniowana praca mgr inż. Sergiusza Mandreli spełnia ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim w odpowiednich przepisach.

Wobec powyższego stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

Podpisał Jarosław Krzywański