

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Marceliny Sołtysik:
Efektywne bioadsorbenty do usuwania CO₂ ze spalin metodą adsorpcyjną VPSA**

1. Doktorantka Pani mgr inż. Marcelina Sołtysik ukończyła studia magisterskie w 2018 roku na kierunku *chemia stosowana* Uniwersytetu Śląskiego. Rok później uzyskała na tym samym Uniwersytecie stopień inżyniera na kierunku *technologia chemiczna*. Studia w Szkole Doktorskiej Politechniki Częstochowskiej w dyscyplinie *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka* podjęła w 2019 roku. Rozprawę doktorską *Efektywne bioadsorbenty do usuwania CO₂ ze spalin metodą adsorpcyjną* przygotowała pod kierunkiem prof. dr hab., inż., Izabeli Majchrzak- Kucęby. Promotorem pomocniczym był dr hab. inż. Dariusz Wawrzyńczak, prof. PCz. Już w czasie studiów korzystała ze staży w różnych instytucjach, gromadząc nowe doświadczenia. Szczęgólnego podkreślenia wymaga jej aktywność badawcza podejmowana w różnych grantach oraz czynne uczestnictwo w szeregu międzynarodowych konferencjach naukowych.

W październiku 2023 roku, objęłam stanowisko asystenta naukowo-badawczego w Katedrze Zaawansowanych Technologii Energetycznych na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej

2. Przedmiot i zakres rozprawy

Przedmiotem recenzowanej rozprawy są badania w zakresie wykorzystania bioadsorbentów w procesach wychwytu i redukcji emisji ditlenku węgla. Obejmowały one: analizę procesów wytwarzania bioadsorbentów z bioodpadów, ocenę ich właściwości fizykochemicznych, określenie podstawowych charakterystyk sorpcji/desorpcji na wybranych bioadsorbentach oraz dyskusję możliwości ich wykorzystania w próżniowej adsorpcyjnej instalacji zmiennociśnieniowej (VPSA). Część wstępną rozprawy stanowią dwa pierwsze rozdziały, w pierwszym z nich omówiono zagadnienia bioodpadów w aspekcie zasobów surowcowych oraz wybrane zagadnienia technologiczne ich konwersji do bioadsorbentów (rozdział 1), w drugim przedstawiono ogólną charakterystykę technologii wychwytu ditlenku węgla z procesów przemysłowych. W szczególności przedstawiono informacje dotyczące europejskich i światowych uregulowań oraz stanowisk dotyczących

emisji ditlenku węgla, a także dokonano ogólnego przeglądu metod wychwytu CO_2 . Ważnymi częściami rozdziału są analiza metod adsorpcyjnych wychwytu ditlenku węgla oraz szczegółowa dyskusja stanu rozwoju badań nad adsorbentami CO_2 . W obu rozdziałach dokonano szerokiego przeglądu literatury przedmiotu, którego syntezę stanowi rozdział 3. Dyskusja literatury jest wystarczająco dogłębna dla oceny stanu badań i ich ważności dla rozwoju i aplikacji analizowanych w rozprawie kierunków rozwoju bioadsorbentów. Stanowi dobrą podstawę do sformułowania tez rozprawy (rozdział 4). Doktorantka określiła je następująco:

- 1) *Istnieje możliwość modyfikacji bioodpadów w efektywny materiał adsorpcyjny na drodze karbonizacji i chemicznej aktywacji, a tym samym zagospodarowania ich znacznej ilości.*
- 2) *Bioadsorbenty mogą znaleźć zastosowanie do usuwania CO_2 ze spalin metodą adsorpcyjną VPSA przyczyniając się tym samym do ograniczenia emisji tego gazu do atmosfery.*

Dla tak sformułowanych tez doktorantka określa 8 zadań cząstkowych, których rozwiązanie wymaga sformułowania odpowiedniej metodyki badawczej oraz wykonania wielorakich badań szczegółowych. Stanowi to przedmiot dalszej części pracy. I tak rozdział 5 zawiera opis przyjętej metodyki badawczej obejmującej charakterystykę wykorzystywanych instalacji badawczych oraz zastosowane procedury badawcze. Do badań wybrano kilka rodzajów bioodpadów, w tym: fusy mocno palonej, zwykłej palonej i zielonej kawy, obierki ziemniaczane, fusy herbaty, zielone łupiny i skorupy orzecha włoskiego. W rozdziale następnym doktorantka dokumentuje wyniki analiz w zakresie wszystkich realizowanych etapów badań od określenia właściwości fizykochemicznych wybranych bioodpadów, poprzez procesy otrzymanie bioadsorbentów na drodze karbonizacji i chemicznej aktywacji po badania efektywności usuwania CO_2 metodą TGA-Vacuum symulującą proces wychwytu CO_2 metodą adsorpcyjną VPSA i badania pojemności równowagowej: CO_2 , O_2 , N_2 i H_2O dla wybranego bioadsorbentu. Rozdział 7 zawiera wyniki badań wychwytu ditlenku węgla metodą adsorpcyjną z wykorzystaniem badanych w rozprawie bioadsorbentów, Analizowano wpływ procesu modyfikacji bioodpadów na ich pojemność sorpcyjną względem CO_2 , następnie badano wpływ stężenia ditlenku węgla, temperatury oraz ciśnienia desorpcji na pojemność sorpcyjną wybranych bioadsorbentów. W tym samym rozdziale przedstawiono wyniki analiz izoterm adsorpcji CO_2 , N_2 , O_2 , H_2O . Wnioski końcowe sformułowano w rozdziale 8. Synteza zawarta w sformułowanych wnioskach odpowiada wynikom uzyskanym w rozprawie i pozwala na potwierdzenie postawionych w niej tez. Głównym wnioskiem jest

stwierdzenie, że najlepszym bioadsorbentem wśród badanych w zakresie ciśnień cząstkowych CO₂ występujących w spalinach jest bioadsorbent otrzymany z fusów kawy mocno palonej,

Spis literatury obejmuje 187 pozycji. W zestawieniu ujęto 3 opracowania doktorantki. Zakres rozprawy, przyjęte założenia metodyczne oraz stosowane przez Autorkę metody analiz sprawiają, że mieści się ona w obszarze dyscyplin *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

Warto w tym miejscu podkreślić, że analizy i syntezy przedstawione w omawianych rozdziałach mogą mieć znaczenie dydaktyczne. Dotyczy to zwłaszcza rozdziałów 1, 2 i 5.

3. Ocena rozprawy

- a. Rozprawa dotyczy ważnego i aktualnego obszaru badawczego. Wiele instytucji naukowych i przemysłowych podejmuje wysiłki w tym zakresie. Środowisko Politechniki Częstochowskiej ma istotny wkład w rozwiązywanie problemów adsorpcyjnej technologii wychwytu ditlenku węgla. Należy się cieszyć, że korzystając z dotychczasowego doświadczenia angażuje swój potencjał do rozwiązywania nowych problemów w tym zakresie, czego dowodem jest analizowana rozprawa. Tezy i zakres rozprawy zostały sformułowane po wyczerpującej analizie literatury przedmiotu. Zakres badań był obszerny. Wymagał od Autorki nie tylko szerokiego merytorycznego przygotowania, odpowiedniej wiedzy i umiejętności, ale także konsekwencji i dyscypliny w prowadzeniu pomiarów i ich właściwej interpretacji.
- b. Do ważnych elementów rozprawy zaliczam:
 - Wnikliwą ocenę stanu wiedzy w obszarze badawczym objętym rozprawą;
 - Opracowanie logicznej koncepcji badań dla założonego do osiągnięcia celu rozprawy i przygotowanie odpowiednich procedur badawczych (zob. rys.11);
 - Ujęcie w badaniach nowych rodzajów bioodpadów;
 - Kompleksowe i komplementarne podejście do badania procesów generacji bioadsorbentów i ich potencjału aplikacyjnego w rzeczywistych warunkach pracy elektrowni.
- c. Uzyskane wyniki mają istotną wartość poznawczą oraz aplikacyjną.
- d. W rozprawie nie dyskutowano w szerszym sensie aspektów ekonomicznych. Nie jest to uwaga krytyczna wobec bardzo rozległego zakresu przeprowadzonych badań.

Chcę zapytać czy Autorka interesowała się tym aspektem wykorzystania bioadsorbentów, czy być może zamierza podjąć ten wątek w przyszłości.

- e. Rozprawa, zdaniem recenzenta, zawiera pewne usterki językowe. Nie zmniejszają one wprowadzić wartości jej warstwy merytorycznej, utrudniają jednak jej studiowanie. Są to głównie usterki gramatyczne i stylistyczne oraz w wielu przypadkach niepotrzebne powtórzenia. Zazaczyłem je w rozprawie i przesłałem Autorce.

4. Wnioski końcowe

- a. **Mgr inż. Marcelina Sołtysik sformułowała i rozwiązała oryginalne zadania badawcze dotyczące procesów generacji bioadsorbentów i ich zastosowań w rzeczywistych warunkach pracy elektrowni. Przedstawiła analizę literatury przedmiotu, na podstawie której określiła tezy rozprawy i zakres rozwiązywanych zadań.**
- b. **Doktorantka wykazała się dużą wiedzą i umiejętnościami w badaniach i analizie złożonych zagadnień dotyczących wychwytu ditlenku z wykorzystaniem technologii adsorpcyjnych.**
- c. **Biorąc pod uwagę walory merytoryczne ocenianej rozprawy doktorskiej, stwierdzam że spełnia ona wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim sformułowane w odpowiednich Ustawach i przepisach. Stwierdzone usterki językowe nie obniżają wartości naukowej i aplikacyjnej rozprawy.**
- d. **Na podstawie powyższych opinii i uwag wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.**

