

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Krysiaka

pt.: *Wpływ składu i obciążenia mieszanek nieprzepalonego łupka przywęglowego i dennego popiołu fluidalnego na ich pęcznienie*

### 1. Podstawa formalna recenzji

Przedmiotową recenzję opracowałam jako recenzent wyznaczony Uchwałą nr 63/II/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej z dnia 10 maja 2022 roku, na podstawie pisma z dnia 19 maja 2022 r. wystosowanego przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej Prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego.

### 2. Ogólna charakterystyka rozprawy i ocena formalna

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgra inż. Łukasza Krysiaka powstała pod kierunkiem Prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Kledyńskiego, pełniącego w przewodzie doktorskim obowiązki promotora oraz dr hab. inż. Agnieszki Machowskiej – promotora pomocniczego.

Przedmiotowa praca liczy łącznie 299. stron i składa się z 15. rozdziałów: wstępu, omówienia wyników, wniosków oraz wykazu literatury. Dodatkowo praca zawiera 4. załączniki. Wykaz literatury obejmuje 179. pozycji reprezentatywnych dla tematu dysertacji w tym 10. norm. Znacząca liczba pozycji zagranicznych świadczy o szerokich zainteresowaniach naukowych Doktoranta i dobrej znajomości literatury światowej w zakresie analizowanego zagadnienia badawczego.

Pracę umownie można podzielić na pięć części:

- 1 – obejmująca wstęp (rozdział 1.); przedmiot, cel, tezę i zakres pracy (rozdział 2.), charakterystykę odpadów z górnictwa węgla kamiennego (rozdział 3.) i popiołów z kotłów fluidalnych (rozdział 4.); możliwości zagospodarowania łupka przywęglowego

- oraz popiołów dennych fluidalnych; zagadnienia pęcznienia mieszanek łupka i popiołu (rozdział 6.).
- 2 – prezentująca plan eksperymentu (rozdział 7.), charakterystykę materiałów i mieszanek zastosowanych do badań (rozdział 8.) oraz spis próbek (rozdział 9.).
  - 3 – opis metodyki badań (rozdział 10.), wyniki badań (rozdział 11.) oraz ich omówienie (rozdział 12.), a także wyniki modelowania matematycznego pęcznienia mieszanek łupkowo-popiołowych (rozdział 13.).
  - 4 – obejmuje podsumowanie wyników prac i zawiera wnioski oraz wskazanie kierunków dalszych badań (rozdział 14.).
  - 5 – stanowią załączniki zawierające: opis i dokumentację fotograficzną próbek (załącznik 1.), wyniki badań składu fazowego (załącznik 2.) i mikrostruktury (załącznik 3.) oraz opis sposobu wprowadzania modelu numerycznego materiału w programie Abaqus/CAE 2019.

Struktura pracy jest poprawna.

We *Wstępie* Autor podaje uzasadnienie podjęcia tematu, zwracając uwagę na istotność podjętego w rozprawie problemu.

Rozdział drugi to *Cel, teza i zakres pracy*, w których przedstawiono ogólne i szczegółowe cele naukowe rozprawy.

Wnikliwa analiza dotycząca aktualnego stanu wiedzy w zakresie charakterystyki odpadów z górnictwa węgla kamiennego została zawarta w rozdziale 3., a w 4. – popiołów z kotłów fluidalnych.

W rozdziale 5. zostały scharakteryzowane możliwości zagospodarowania łupka przywęglowego oraz popiołów dennych fluidalnych.

Rozdział 6. zawiera analizę zagadnienia dotyczącego pęcznienia mieszanek łupka i popiołu.

Część doświadczalna pracy została opisana w rozdziałach 7, 8, 9 i 10.

Doktorant podzielił część doświadczalną pracy na 3 etapy: badania wstępne, w których przeanalizowano skład i właściwości składników mieszanin; badania zasadnicze obejmujące określenie przyrostu objętości na kierunku pionowym w stałych warunkach wilgotności i pod indywidualnie dobranym obciążeniem pionowym oraz badania kontrolne w zakresie analizy cech fizyko-chemicznych.

Wyniki badań i szczegółowa ich analiza zostały przedstawione w rozdziałach 11 i 12. Na szczególną uwagę zasługuje rozdział 12.7, w którym Doktorant przedstawił rozważania

w zakresie proporcji składników, metod badania pęcznienia, warunków wilgotnościowo-temperaturowych oraz potencjalnie opóźnionego wbudowania materiału w nasyp, dotyczące relacji między warunkami przeprowadzanego badania, a praktyką stosowania mieszanek łupkowo-popiołowych w inżynierii budowlanej.

W przedostatnim rozdziale 13, Doktorant przedstawił wyniki modelowania matematycznego pęcznienia mieszanek łupkowo-popiołowych.

Wnioski zawarte w rozdziale 14. są podzielone na 2 grupy, dodatkowo Doktorant przedstawił kierunki dalszych badań.

Do oryginalnych osiągnięć Doktoranta należy zaliczyć kompleksowe badania pęcznienia mieszanek łupka przywęglowego i popiołów dennych fluidalnych oraz opracowanie modelu matematycznego wiążącego intensywność pęcznienia materiału z naprężeniem ściskającym.

Dysertacja napisana jest poprawnie, dobrym językiem naukowo-technicznym. Autor wykazał się umiejętnością pisania prac o charakterze naukowym.

Rozprawa została przygotowana w sposób staranny edycyjnie.

Układ pracy jest przejrzysty, a rysunki są dość czytelne. Opisy niektórych z nich mogłyby być nieco większe (dotyczy to wyników badań składów fazowych oraz wyników analizy punktowej SEM).

Problem stanowią jedynie zbyt rzadkie odwołania w opisie uzyskanych wyników do tabel i rysunków, ze szczególnym uwzględnieniem tych przedstawionych w załącznikach, ale nie tylko.

### **3. Ocena merytoryczna i uwagi krytyczne**

Tematyka rozprawy doktorskiej pt.: *Wpływ składu i obciążenia mieszanek nieprzeżalonego łupka przywęglowego i dennego popiołu fluidalnego na ich pęcznienie* jest oryginalna i interesująca, a problemy podjęte w pracy są aktualne i ważne z utilitarnego punktu widzenia. Praca stanowi wartościowy materiał poznawczy. Zrealizowany program badań jest szeroki, a uzyskane wyniki zostały przedstawione w czytelny sposób, co wskazuje na dużą wiedzę merytoryczną i praktyczną Autora.

Ze względu na uwarunkowania gospodarcze i fakt, że w Polsce węgiel jest podstawowym surowcem energetycznym, tematyka pracy jest jak najbardziej aktualna

i dotyczy zagadnień o dużej wartości poznawczej, szczególnie w aspekcie gospodarki o obiegu zamkniętym.

Problem, którym zajął się Doktorant w dysertacji jest ważnym zagadnieniem utylitarnym, na które należy zwrócić uwagę ze względu na uwarunkowania technologiczne oraz ochronę środowiska.

Metody badań zostały dobrane prawidłowo i opisane są szczegółowo. Wszystkie postawione cele badawcze zostały osiągnięte w trakcie realizacji pracy.

Zrealizowany zakres badań wymagał dużego nakładu pracy i szerokiego spektrum umiejętności naukowo-badawczych Doktoranta. Zakres pracy dowodzi dobrej znajomości opisywanych zagadnień oraz wysokiego poziomu warsztatu naukowego Autora.

Praca została zaplanowana w sposób dokładny i przemyślany. Pozwoliło to na sformułowanie trafnych wniosków o charakterze naukowo-aplikacyjnym. Doktorant wykazał umiejętność syntetycznego opracowania danych i sformułowania wniosków z uzyskanych wyników badań.

Za najbardziej istotne elementy nowości naukowej ocenianej rozprawy doktorskiej należy uznać:

- przeprowadzenie kompleksowych badań z analizą statystyczną wyników dotyczących przyrostu objętości mieszanek łupkowo-popiołowych, na podstawie których ustalono parametry mające wpływ na występowanie zjawiska;
- opracowanie modelu numerycznego pęcznienia mieszanek łupkowo-popiołowych wiążącego intensywność pęcznienia materiału z naprężeniem ściskającym;
- zaimplementowanie modelu do programu Abaqus i wykonanie symulacji numerycznych obrazujących w przybliżeniu skutki pęcznienia mieszanki łupkowo-wodnej w sytuacjach dotyczących nasypu o przekroju trapezowym i nasypu wewnątrz ścian oporowych.

Uwagami, nie umniejszającymi wartości pracy które nasunęły się po lekturze dysertacji to:

- cytowane Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 jest uznane za uchylone, obecnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów;
- dane z 2009 roku dotyczące wytwarzania popiołów fluidalnych oraz ilość kotłów z 2013 roku są nieaktualne;

- w rozdziale 6.3, Doktorant stwierdza, że popiół fluidalny denny posiada cechy hydrauliczne i pucolanowe, a we wnioskach szczegółowych (rozdział 14.1), stwierdza że tylko hydrauliczne;
- na stwierdzone przez Doktoranta zachodzenie procesu karbonatyzacji (rozdział 12.6, str. 153) wskazuje jedynie obecność kalcytu w związkach krystalicznych wytrąconych na powierzchni wody. Czy w przypadku zachodzenia procesu karbonatyzacji, nie powinny być widoczne na dyfraktogramach piki związane z obecnością kalcytu?
- omawiając potencjalną rolę łupka przywęglowego w procesach zachodzących w analizowanych próbkach Doktorant stwierdza, że dolomit występujący w nich stanowi potencjalne źródło CaO (rozdział 12.6 – str. 153), tłumacząc to brakiem jego obecności w analizowanych mieszankach. Jednak dolomit występuje w mieszance PorŚr, ponieważ jego piki widoczne są na dyfraktogramie próbki tej mieszanki (rys. Z-2.5);
- w analizie reakcji związanych z hydratacją popiołu (rozdział 12.6 str. 153), przy omawianiu syntezy ettringitu, należałoby zwrócić uwagę na zjawisko późnego powstawania ettringitu, połączone z ekspansją.

#### 4. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Ogólna ocena niniejszej rozprawy doktorskiej jest wysoka. Zakres pracy oraz zastosowana metodyka rozwiązania problemu badawczego, świadczą o dobrym warsztacie naukowym Doktoranta.

Teza i cel pracy zostały sformułowane w sposób jasny i czytelny. Postawione przez Doktoranta cele pracy są oryginalne, a przedstawione zagadnienie naukowe jest ważne.

Na podstawie celu i tez postawionych w pracy doktorskiej oraz przedstawionych przez Doktoranta wyników badań, analizy oraz wniosków uważam, że temat pracy jest adekwatny do treści w niej zawartych, a zagadnienie w niej rozważane ma znaczenie praktyczne.

Układ treści rozprawy jest dobrze przemyślany, a tytuły poszczególnych rozdziałów odpowiadają zawartym w nich treściom. Świadczy to o dojrzałości naukowej i badawczej Doktoranta.

Doktorant prawidłowo zrealizował zamierzony cel pracy i udowodnił postawioną tezę, a oceniana praca jest udanym eksperymentem badawczym, zrealizowanym na dobrym poziomie merytorycznym.

Na podkreślenie zasługuje konsekwencja w realizacji założonych celów pracy oraz dokładność prowadzenia badań i analizowania otrzymanych wyników. Opracowany i zastosowany program badań, świadczy o dobrym przygotowaniu Doktoranta do prowadzenia badań naukowych.

Przedstawienie w pracy tak szerokiego materiału oraz wnikliwych analiz i zależności wymagało od Doktoranta dużej wiedzy zarówno merytorycznej jak i praktycznej. Rozprawa jest nowatorska i stanowi oryginalny dorobek naukowy.

## **5. Wniosek końcowy**

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Łukasza Krysiaka pt.: *Wpływ składu i obciążenia mieszanek nieprzeżalonego łupka przywęglowego i dennego popiołu fluidalnego na ich pęcznienie*, spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku *O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami), stawiane rozprawom doktorskim. Rozprawa zawiera oryginalne rozwiązania zagadnienia naukowego oraz dowodzi odpowiedniej wiedzy Doktoranta.

**Na tej podstawie wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Krysiaka pt.: *Wpływ składu i obciążenia mieszanek nieprzeżalonego łupka przywęglowego i dennego popiołu fluidalnego na ich pęcznienie* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

