

Katowice, 05.02.2019 r.

dr hab. inż. Ireneusz BAIC, prof. IMBiGS
Instytut Mechanizacji Budownictwa
i Górnictwa Skalnego o/z w Katowicach
40-157 Katowice, Al. W. Korfantego 193A

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jacka Pietrzyka pt.: „Analiza możliwości wykorzystania odpadów z termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych”

Podstawa recenzji

Podstawą wykonania niniejszej recenzji jest pismo Nr WGiG.b.510-2-9/2/2019 Dziekana Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie z dnia 07.01.2019r., w którym zawarta jest informacja o powołaniu mnie zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii z dnia 20.12.2018r. na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Jacka Pietrzyka .

Recenzowana rozprawa jest opracowaniem badawczym w dyscyplinie naukowej – inżynieria środowiska, które zostało wykonane w Katedrze Inżynierii Środowiska i Przeróbki Kopalini na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH, pod kierunkiem dr hab. inż. Alicji Uliasz-Bocheńczyk, prof. nadzw. AGH.

Wstęp

Pracę przedstawiono w postaci manuskryptu zawierającego słownik użytych skrótów, wykaz stosowanych oznaczeń, 9-ciu rozdziałów, spisu tabel, rysunków, fotografii oraz spisu literatury. Obejmuje ona łącznie 145 stron w tym 33 tabel, 16 rysunków oraz 6 fotografii. Udokumentowane źródła informacji na które powołuje się autor rozprawy to 275 pozycje literaturowe obejmujące fachowe piśmiennictwo, normy, ustawy oraz raporty statystyczne. Treść i formuła recenzowanej rozprawy stanowi logiczną, komunikatywną w lekturze całość z staranną stroną edytorską.

W poszczególnych rozdziałach dysertacji Doktorant omawia następujące zagadnienia:

Rozdział 1 przedmiotowej dysertacji stanowi wstęp, w którym Doktorant w sposób syntetyczny scharakteryzował problematykę zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych (KOŚ), podkreślając rolę jaką odgrywają metody ich termicznego przekształcania. W rozdziale tym przedstawiono również zawartość pozostałych rozdziałów przedmiotowej rozprawy. Część ta uzasadnia celowość podjęcia badań nad zagospodarowaniem odpadów powstających w procesach termicznego przekształcania KOŚ.

W rozdziale drugim Doktorant formułuje cel i tezę pracy, natomiast w rozdziale trzecim przedstawia charakterystykę osadów powstających w oczyszczalniach ścieków, które poddane procesowi termicznego przekształcania generują odpady będące przedmiotem rozprawy. W rozdziale tym w sposób wyczerpujący Doktorant przedstawia wpływ źródeł powstawania ścieków na jakość osadów oraz charakteryzuje obecnie stosowane metody ich odzysku i unieszkodliwiania. Spośród opisanych metod Doktorant w sposób szczegółowy omawia procesy termicznego przekształcania KOŚ, przedstawiając możliwość wariantowej ich realizacji (spalanie, współspalanie, procesy alternatywne: zgazowanie, piroliza, mokre

utlenianie). W sposób szczegółowy Doktorant opisuje proces spalania w złożu fluidalnym (metoda referencyjna), wskazując ten proces jako najbardziej rozpowszechniony w zakresie termicznego przekształcania KOŚ w Polsce. Cenny materiał poznawczy stanowią opracowane przez Doktoranta zestawienie dotyczące: funkcjonujących na terenie Polski instalacji do spalania i współspalania KOŚ, procentowego udziału metod termicznych w zagospodarowaniu KOŚ w UE, ilości powstających KOŚ w Polsce i sposobów ich zagospodarowania oraz prognoz w zakresie wytwarzania.

W rozdziale 4 z uwagi na brak jednoznacznej definicji, norm prawnych oraz opracowanych metod odzysku dla popiołów powstających w wyniku termicznego przekształcania KOŚ, omówione zostały przez Doktoranta parametry ilościowe i jakościowe, klasyfikacja prawna oraz stosowane metody odzysku dla odpadów drobnoziarnistych (głównie popiołów) powstających w procesach spalania paliw energetycznych w konwencjonalnych kotłach pyłowych. Dodatkowo w rozdziale tym Doktorant zaprezentował doświadczenia światowe w zakresie gospodarczego wykorzystania popiołów w termicznego przekształcania KOŚ, wskazując, że w większości przypadków ukierunkowane one są na ich wykorzystanie w produkcji materiałów budowlanych oraz na odzysk związków fosforu.

Rozdział piąty prezentuje przejętą przez Doktoranta metodykę badawczą dotyczącą próbek popiołów z termicznego przekształcania KOŚ pochodzących z pięciu funkcjonujących na terenie naszego kraju instalacji wyposażonych w złoża fluidalne. W celu weryfikacji postawionej w dysertacji tezy Doktorant założył przeprowadzenie na pobranych i uśrednionych próbach popiołów oznaczeń w zakresie: składu chemicznego, fazowego i granulometrycznego, gęstości, wilgotności, powierzchni właściwej, promieniotwórczości oraz wymywalności. Doktorant przedstawił również zakres niezbędnych badań uzupełniających w przypadku zastosowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w technologiach górnictwa podziemnego. Dla każdego z opisanych w tym rozdziale oznaczeń został przedstawiona metodyka ich wykonania, wykorzystana aparatura oraz sposób obliczenia parametrów wynikowych.

W oparciu o opisaną w rozdziale 5 metodykę badawczą w rozdziale 6 Doktorant zaprezentował otrzymane wyniki badań. Wyniki te w celu interpretacji pod kątem procesu odzysku tego typu odpadów w technologiach górniczych i w wybranych działach produkcji materiałów budowlanych zostały porównane do wyników badań zawartych w cytowanej literaturze dotyczących popiołów lotnych ze spalania węgla kamiennego i brunatnego w technologiach pyłowych i fluidalnych lub do odpowiednich wymagań normowych. W komentarzu do otrzymanych wyników badań Doktorant stwierdza, że oznaczone dla popiołów z termicznego przekształcania KOŚ parametry w niektórych przypadkach cechuje duża zmienność (niejednorodność). Zdaniem Doktoranta jest to spowodowane m.in. różnym składem chemicznym osadów poddawanych procesowi termicznemu w poszczególnych instalacjach, miejscem powstawania w ciągu technologicznym oraz sposobem oczyszczania spalin.

Rozdział 7 prezentuje usystematyzowany i kompleksowy proces dowodzenia postawionej przez Doktoranta tezy badawczej. Zawiera on opis przeprowadzonych badań pod kątem oceny możliwości wykorzystania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w technologiach górniczych – jako materiał do podsadzki hydraulicznej, podsadzki zestalanej lub do doszczelniania zrobów zwałowych. Przeprowadzone przez Doktoranta badania

pokazują, że z uwagi na parametry takie jak: skład ziarnowy, czas wiązania, wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie oraz rozmakalność, popioły z termicznego przekształcania KOŚ nie mogą być samodzielnie stosowane w technologiach górniczych.

Mając powyższe na uwadze w dalszej części pracy Doktorant przeprowadził badania nad możliwością aplikacji tego rodzaju odpadów z mieszaniną z cementem lub popiołami z fluidalnego spalania węgla kamiennego. Wnioski z przeprowadzonych badań wykluczyły stosowanie tego rodzaju odpadu z mieszaniną z cementem z uwagi na podwyższoną zawartość fosforu. Potwierdzona została natomiast możliwość ich wykorzystania jako dodatek (max. 10%) do popiołów z spalania węgla kamiennego stosowanych powszechnie w technologiach górniczych np. w celu opóźnienia procesów wiązania zawieszin.

Rozdział 8 stanowiąc uzupełnienie badań opisanych w rozdziale 7 prezentuje badania nad możliwością zastosowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ jako dodatków do betonów i zapraw. Wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta badań wykazały, że z uwagi na posiadane parametry nie należy je stosować jako materiału poprawiającego właściwości wiążące, lecz tylko jako składnik stosu okruszowego, substytut piasku lub dodatek opóźniający wiązanie.

Rozprawa zakończona jest podsumowaniem (rozdział 9), w którym Doktorant stwierdza, że przeprowadzone badania i analizy pozytywnie weryfikują postawioną tezę pracy. Potwierdzeniem tego jest szereg wniosków. Recenzent zgadza się z stwierdzeniem Doktoranta, podkreślając poprawność sformułowanych wniosków i ich zasadność merytoryczną.

Analiza i ocena pracy

Analizę przeprowadzono biorąc pod uwagę: zasadność podjętego tematu, staranność wykorzystania źródeł literatury, sformułowany cel i tezę pracy, zastosowaną metodykę badawczą, poprawność i wiarygodność uzyskanych rezultatów badań oraz umiejętność formułowania wniosków końcowych. Lektura dysertacji pozwala stwierdzić, że zawiera ona wszystkie elementy, które powinna zawierać praca doktorska oraz że elementy te zostały zrealizowane i opisane.

Zasadność podjętego tematu:

W przedstawionej dysertacji Doktorant podjął się realizacji bardzo aktualnego tematu dotyczącego możliwości wykorzystania odpadów z termicznego przekształcania KOŚ.

Waga i znaczenie tego tematu wynika głównie z:

- dynamicznego przyrostu długości sieci kanalizacyjnej oraz budowy, rozbudowy i modernizacji oczyszczalni ścieków w celu wypełnienia przez Polskę zapisów zawartych w Ramowej Dyrektywie Wodnej, co przedkłada się na wzrastającą ilość powstających komunalnych osadów ściekowych,
- wprowadzenia zakazu składowania ustabilizowanych KOŚ,
- przyjęcia w KPGO 2022 termicznego przekształcania jako preferowanego kierunku zagospodarowania KOŚ i związanego z tym systematycznego wzrostu ilości odpadów z procesów termicznego przekształcania KOŚ.

Zgadzam się z stwierdzeniem Doktoranta, że z uwagi na pojawienie się stosunkowo niedawno problemu odzysku popiołów z termicznego przekształcania KOŚ (poza jedną instalację tego typu zostały uruchomione w Polsce w latach 2011-2015), ilość prac i doniesień w tym zakresie w naszym kraju jest ograniczona.

Teza i cele pracy

Autor rozprawy na podstawie analizy literatury, norm i raportów statystycznych sformułował następującą tezę pracy:

„Istnieje możliwość odzysku popiołów ze spalania komunalnych osadów ściekowych w górnictwie i w wybranych działach budownictwa”.

Jako **cel główny** Doktorant przyjął - zbadanie wybranych właściwości fizykochemicznych popiołów z instalacji fluidalnych termicznie przekształcających KOŚ oraz określenie możliwości ich zastosowania w technologiach górniczych i wybranych działach produkcji materiałów budowlanych.

W celu weryfikacji postawionej tezy Doktorant wyznaczył i zrealizował szereg zadań badawczych. Zaliczyć do nich należy:

- analizę jakości wytwarzanych w Polsce komunalnych osadów ściekowych (KOŚ) i skratek oraz wpływ źródeł powstawania ścieków na ich jakość i możliwe metody gospodarczego wykorzystania,
- analizę źródeł powstawania, ilości oraz metod zagospodarowania popiołów lotnych wytwarzanych w Polsce,
- określenie metodyki badawczej w odniesieniu do odpadów z termicznego przekształcania KOŚ i ich zastosowania w technologiach górnictwa podziemnego,
- analizę właściwości fizyko-chemicznych popiołów powstających w wyniku termicznego przekształcania KOŚ w instalacjach fluidalnych,
- badania w zakresie możliwości wykorzystania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w technologiach górniczych,
- analizę możliwości zastosowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w zaprawach i betonach.

Powyższe zadania badawcze zrealizowane w ramach grantu dziekańskiego finansowanego ze środków MNiSzW stanowią zdaniem recenzenta cele szczegółowe, których realizacja jest niezbędna do udowodnienia postawionej przez Doktoranta tezy.

Do realizacji przyjętych celów wykonano szczegółowe badania laboratoryjne pobranych z funkcjonujących instalacji przemysłowych prób popiołów z termicznego przekształcania KOŚ. Badania te wykonano w laboratoriach: Katedry Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, Katedry Zastosowań Fizyki Jądrowej Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony środowiska oraz firmy budowlanej Budromal Sp. z o.o. w Krakowie.

Zdaniem recenzenta teza pracy została udowodniona a postawione cele zrealizowane.

Przyjęte metody badawcze

Doktorant przedstawił w pracy logiczną koncepcję badań wraz z wzajemnym powiązaniem poszczególnych jej elementów. Zastosował odpowiednie narzędzia badawcze w tym:

- badania laboratoryjne (oznaczenie wilgotności, gęstości, powierzchni właściwej, analiza składu chemicznego, fazowego i granulometrycznego, promieniotwórczości, wymywalności zanieczyszczeń oraz rozlewności, ilości wody nadosadowej, czasu wiązania, wytrzymałości i rozmakalności),
- analizę przyczynowo-skutkową,
- standardowe metody numeryczne.

Należy podkreślić również szeroki zakres zrealizowanych przez Doktoranta prac analitycznych. Badaniom poddano:

- próbki popiołów z termicznego przekształcania KOŚ,
- próbki popiołów ze spalania w technologiach fluidalnych węgla kamiennego i brunatnego,
- próbki popiołów ze spalania węgla kamiennego z dodatkiem biomasy.

Reasumując należy stwierdzić, że wykorzystany przez Doktoranta warsztat naukowo-badawczy jest prawidłowy i umożliwił osiągnięcie postawionych celów.

Ocena rozprawy doktorskiej i wiedzy Doktoranta

Doktorant ubiega się o stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska. Kandydat w 2010 roku obronił pracę magisterską pt. „Gospodarka odpadami wielkogabarytowymi” oraz opublikował kilkanaście artykułów w tym cztery samodzielnie, których tematyka była ściśle związana z tematyką rozprawy doktorskiej. Artykuły te publikowane były w renomowanych czasopismach naukowych m.in. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Inżynieria Mineralna, Logistyka oraz materiałach konferencyjnych z konferencji o zasięgu krajowym i międzynarodowym.

Po zapoznaniu się z dysertacją stwierdzam, że Doktorant wykazał się wiedzą teoretyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska w szczególności w zakresie metod zagospodarowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ oraz umiejętnością w zakresie:

- sformułowania problemu naukowego,
- planowania i prowadzenia prac badawczych w skali laboratoryjnej,
- zastosowania narzędzi matematycznych i statystycznych do interpretacji wyników badań.

Wyniki badań zaprezentowanych w rozprawie doktorskiej stanowią:

- potwierdzenie potencjalnych (jednakże znacznie ograniczonych) możliwości zagospodarowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w technologiach górniczych i w wybranych działach produkcji materiałów budowlanych głównie jako dodatek opóźniający wiązanie oraz substytut popiołów ze spalania węgla kamiennego,
- wstępne studium do prowadzenia dalszych prac badawczych ukierunkowanych na doskonalenie przedstawionych i poszukiwanie nowych metod zagospodarowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ.
- wytyczne do wdrożenia zaproponowanych metod w praktyce przemysłowej.

Podsumowując, należy stwierdzić, że Doktorant logicznie zinterpretował wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych wyciągając prawidłowe wnioski o charakterze poznawczym i aplikacyjnym.

Krytyczna analiza wyników badań oraz uwagi do rozprawy

Na wstępie należy podkreślić, że dysertacja została przygotowana starannie pod względem edycyjnym. Recenzent nie stwierdził istotnych błędów, a jedynie kilka literówek. Na wysoką ocenę zasługuje część analityczna pracy i zredagowane na jej podstawie spostrzeżenia i wnioski.

Lektura rozprawy prowadzi jednak do kilku spostrzeżeń i uwag do których Doktorant powinien się ustosunkować:

- Jednozdaniowa informacja o możliwościach zastosowania KOŚ jak i popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w produkcji kruszyw sztucznych. Zadaniem recenzenta jest to kierunek przyszłościowy (patrz Patent Nr 210921 „Sposób otrzymywania kruszywa lekkiego z odpadów komunalnych i przemysłowych”; Kruszywo lekkie – GRANSIL, które powstaje na skutek spiekania w piecu obrotowym granulatu odpadów mineralnych i osadów ściekowych). *Proszę o komentarz.*
- Brak krytycznej analizy w zakresie metodyki (wyciąg wodny) określenia wymywalności zanieczyszczeń z popiołów z termicznego przekształcania KOŚ w związku z planowanymi zmianami w zakresie pH medium – patrz. PD CEN/TS 16637-1:2018 - *Construction products. Assessment of release of dangerous substances. Guidance for the determination of leaching tests and additional testing steps.* Zastosowanie nowej metodyki może istotnie zmienić poziom wymywalności zanieczyszczeń z badanych popiołów. *Proszę o komentarz.*
- Wniosek dotyczący możliwości zakwalifikowania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ jako produktu ubocznego lub ubieganie się o tzw. utratę statusu odpadu jest moim zdaniem zbyt optymistyczny z uwagi na dużą zmienność tego rodzaju odpadów. *Proszę o komentarz.*
- Każda technologia odzysku odpadów w tym zastosowanie wskazanych przez Doktoranta kierunków wykorzystania popiołów z termicznego przekształcania KOŚ powinno cechować się efektywnością ekonomiczną. W oparciu o przedstawione w rozprawie informacje na ten temat trudno jednoznacznie potwierdzić tą tezę. *Proszę o komentarz.*
- Do rozważenia pozostawiam fakt, zmiany sposobu uporządkowania cytowanej w rozprawie literatury (275 pozycje). Zdaniem recenzenta powinna być ona zostać usystematyzowana w porządku alfabetycznym z podziałem na publikacje, normy, raporty.

Wniosek końcowy

Podjęty w dysertacji temat oraz wyniki uzyskanych badań są zdaniem recenzenta istotne dla rozwoju dyscypliny naukowej - inżynieria środowiska.

Recenzowana rozprawa doktorska odpowiada wymogom ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003, Nr 65, poz. 595) z późniejszymi zmianami.

Przedłożona do recenzji praca została wykonana w uzasadnionym zakresie rozważań teoretycznych i w pełnym zakresie badań praktycznych. Stan omawianych w dysertacji zagadnień w odniesieniu do dostępnej Doktorantowi wiedzy został przedstawiony wystarczająco o czym świadczą liczne cytowania i aktualne pozycje literaturowe.

Rozprawa nie wyczerpuje do końca problemów związanych z odzyskiem popiołów z termicznego przetwarzania KOŚ. Doktorant zdaje sobie z tego sprawę formułując szereg problemów badawczych do rozwiązania.

Przedstawione uwagi i spostrzeżenia nie obniżają wartości recenzowanej pracy. Powinny zostać jednak wzięte pod uwagę przy planowanych publikacjach z tego zakresu.

Podsumowując stawiam wniosek do Rady Naukowej Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Jacka Pietrzyka do obrony rozprawy doktorskiej w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska.

