

Zabrze, 21.07.2025 r.

Prof. dr hab. Tadeusz Magiera
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska
Polska Akademia Nauk
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34
41-819 Zabrze

RECENZJA

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Adamczyk pt. „Skład chemiczny i mineralny popiołów wytworzonych ze spalania/współspalania niektórych surowców biomasowych i węgla kamiennego”, wykonanej w Instytucie Nauk o Ziemi, Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego pod kierunkiem dr. hab. Danuty Smolki-Danielowskiej, prof. UŚ.

Recenzję tę wykonano w związku z pismem w tej sprawie Dyrektora Instytutu Nauk o Ziemi, Wydziału Nauk Przyrodniczych, Uniwersytetu Śląskiego Pani prof. dr hab. Ewy Łupikaszy, informującym o powołaniu mnie przez Radę Naukową Instytutu Nauk o Ziemi, Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego na recenzenta.

W ostatnim dziesięcioleciu na terenie Unii Europejskiej i poszczególnych państw członkowskich prowadzona jest polityka stopniowego odchodzenia od surowców kopalnych jako źródła energii oraz wdrażany jest proces transformacji energetycznej, gdzie biomasa, jako jedno z alternatywnych źródeł energii zyskuje coraz większe znaczenie. Oprócz tradycyjnej biomasy drzewnej, która wykorzystywana jest od wieków, coraz częściej prowadzi się badania nad szerszym wykorzystaniem biomasy będącej surowcem odpadowym z rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego, dlatego też podjęcie przez Doktorantkę tematyki składu chemicznego i mineralnego popiołów ze spalania (i współspalania z węglem) różnych rodzajów biomasy w aspekcie ich późniejszego wykorzystania jest bardzo trafnym wyborem. Również aspekt ekologiczny samego spalania biomasy i związanych z tym emisji do środowiska jest zagadnieniem bardzo istotnym. Szczególnie w przypadku spalania biomasy domowych instalacjach grzewczych małej mocy, gdzie temperatury spalania są stosunkowo niskie, a instalacje nie posiadają żadnych systemów odpylania.

Ocena redakcyjna i formalna rozprawy doktorskiej

Treść i struktura pracy mgr inż. Joanny Adameczyk pt. „Skład chemiczny i mineralny popiołów wytworzonych ze spalania/współspalania niektórych surowców biomasowych i węgla kamiennego” zgodna jest celami badań zdefiniowanymi przez Doktorantkę, ale tytuł pracy, w moim odczuciu nie odzwierciedla do końca głównych aspektów badawczych całej pracy. Niestety muszę zauważyć, że główny cel badawczy pracy i cele szczegółowe wymienione w pięciu podpunktach nie za bardzo odpowiadają tytułowi pracy. Tytuł jednoznacznie sugeruje, że głównym przedmiotem badań jest skład chemiczno-mineralogiczny popiołów, podczas gdy w opisie celu pracy popioły w ogóle się nie pojawiają. Jako główny cel pracy Autorka podaje „Określenie składu chemicznego i mineralnego, oraz możliwości wykorzystania biomasy rolno-spożywczej i biomasy drzewnej jako paliwa alternatywnego w różnych warunkach spalania. Tak sformułowany cel pracy sugeruje, że Doktorantka skupiała się raczej na składzie i właściwościach samej biomasy, a nie popiołów po jej spalaniu. Również w pięciu celach szczegółowych „popioły” pojawiają się jedynie w trzecim punkcie i to tylko w odniesieniu do biomasy drzewnej i procesu ługowania popiołów. Pozostałe cele szczegółowe dotyczą wyboru rodzaju biomasy, oraz optymalnych proporcji w mieszaniu biomasy z węglem, badania procesów termicznych zachodzących w trakcie spalania i ogólnej przydatności biomasy jako paliwa alternatywnego.

Autoreferat (łącznie ze stroną tytułową) obejmuje 51 stron i składa się z:

1. Spisu publikacji monotematycznych wchodzących w skład pracy (4 pozycje) oraz opisu pozostałych aktywności Doktorantki związanych z tematyką badawczą (6 pozycji).
2. Spisu treści
3. Streszczenia w języku angielskim
4. Wprowadzenia, zakończonego sformułowaniem celów badawczych pracy
5. Właściwości popiołów z biomasy i porównania właściwości popiołów ze spalania biomasy i węgla kamiennego
6. Materiału badawczego
7. Metodyki badań
8. Wyników badań i dyskusji
9. Podsumowania
10. Spisu literatury
11. Streszczenia

Na kolejnych stronach załączono 4 publikacje naukowe będące przedmiotem rozprawy. Na ostatnich 12 stronach załączono oświadczenia Doktorantki o własnym wkładzie pracy w poszczególne publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej oraz oświadczenia współautorów.

Autoreferat jest zredagowany poprawnie. Można mieć pewne zastrzeżenie do bezosobowej formy jaka zastosowano przy pisaniu autoreferatu. Jest to forma powszechnie przyjęta w publikacjach naukowych i w referatach wieloautorskich. W przypadku autoreferatu należałoby wypowiadać się w pierwszej osobie, aby można precyzyjniej ocenić jaką część pracy Doktorantka wykonała osobiście. Jednym z atutów tej pracy jest bardzo duża ilość specjalistycznych analiz mineralogicznych i chemicznych wykonanych zarówno na próbach samej biomasy jak i popiołów po jej spaleniu, które zostały wykonane w kilku różnych ośrodkach, w tym również za granicą. Jest rzeczą oczywistą, że nie wszystkie z nich zostały wykonane osobiście przez Doktorantkę dlatego też w Autoreferacie należało jednoznacznie określić kto wykonywał poszczególne analizy. Bezosobowa forma autoreferatu, gdzie padają sformułowania „wykonano”, „przeprowadzono” „zaobserwowano” itd., nie pozwala jednoznacznie stwierdzić kto wykonał, przeprowadził czy zaobserwował, a co za tym idzie nie wiadomo jaki jest właściwy wkład Doktorantki w te czynności badawcze. W przypadku publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, gdzie forma bezosobowa jest ogólnie przyjętą formą prezentacji wyników, wkład Autorki określony jest precyzyjnie w załączonych oświadczeniach.

Rozdział 2 i 2.1 Autoreferatu są w zasadzie przeglądem literatury i moim zdaniem powinien być zatytułowany „Przegląd literatury dotyczący właściwości popiołów po spalaniu biomasy i węgla kamiennego” jako, że przegląd literatury dotyczącej tematu badań jest jednym z elementów rozprawy doktorskiej.

Po części będącej Autoreferatem przedstawiony jest przez Doktorantkę cykl czterech oryginalnych publikacji, stanowiących pewną logiczną całość, które są głównym elementem rozprawy doktorskiej. W momencie składania rozprawy do druku, trzy z nich zostały opublikowane, a jedna była w formie manuskryptu złożonego w redakcji. W chwili pisania tej opinii również czwarta z prac została już opublikowana w krajowym czasopiśmie naukowym „Gospodarka surowcami mineralnymi”. We wszystkich przypadkach Doktorantka jest głównym autorem, a liczba współautorów nie jest duża biorąc pod uwagę ilość przeprowadzonych analiz i zgromadzonych danych. Doktorantka w załączonych

oświadczeniach wykazuje, że jej wkład polegał głównie na opracowaniu ogólnej koncepcji badań i przygotowaniu metodologii, doborze próbek i parametrów spalania i przygotowaniu materiału do badań, obliczaniu i weryfikacji wskaźników geochemicznych, interpretacji wyników oraz przygotowaniu manuskryptów do publikacji. Patrząc na wartość bibliometryczną czasopism, w których opublikowane zostały wyniki stanowiące przedmiot dysertacji, to najwyższy IF (3.1) posiada czasopismo *International Journal of Environmental Science and Technology*, gdzie Doktorantka opublikowała wyniki składu mineralnego i chemicznego popiołów po spalaniu agrobiomasy. Pozostałe czasopisma posiadały IF 1.4 oraz zbliżony do 1.0. Dorobek ten w mojej ocenie jest wystarczający do ubiegania się Doktorantki o stopień naukowy doktora nauk o Ziemi.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Pierwsza z prac wchodzących w skład przedstawionego cyklu naukowego „*Rare earth elements, uranium and thorium in ashes from biomass and hard coal combustion/co-combustion*” dotyczy obecności pierwiastków ziem rzadkich (REE) oraz uranu i toru w popiołach po współspalaniu biomasy i węgla kamiennego oraz potencjalnych możliwości ich odzyskiwania. Co prawda w tytule pracy wymienione są uran i tor, ale we wnioskach końcowych pracy Autorka prawie w ogóle się do nich nie odnosi, stwierdzając jedynie, że ich suma silnie koreluje z zawartością REE w popiołach. Praca ta zawiera dużą ilość danych dotyczących zawartości całej gamy pierwiastków ziem rzadkich w popiołach po spalaniu biomasy (wytłoki z jabłek, łupiny orzechów włoskich, łuski słonecznika), węgla kamiennego oraz współspalania biomasy z węglem w różnych proporcjach. We wnioskach Autorka przyznaje jednak, że większość REE pochodzi z węgla. Ciekawym odkryciem jest jednak fakt, że popioły po spalaniu wytłoków z jabłek oraz współspalania ich z węglem zawierają również znaczące ilości REE. Pewnym mankamentem pracy jest również fakt, że Autorka posługuje się tu parametrem (skrót) REY, który nigdzie w pracy nie został zdefiniowany. Czasami jest on używany zamiennie z REE. To samo dotyczy Autoreferatu, gdzie parametr ten pojawia się nagle na str 25, przy obliczaniu wzoru na współczynnik perspektywiczny (Coutl), ale wcześniej nie został zdefiniowany, więc nie zabardzo wiadomo co on oznacza i czym różni się od REE.

W drugiej publikacji „*Chemical and mineral composition of bottom ash from agri-food biomass produced under low combustion conditions*”, Doktorantka wraz z zespołem badawczym analizuje te same trzy rodzaje biomasy, ale w tym wypadku podaje pełny skład chemiczny zarówno składników głównych jak i pierwiastków śladowych. Doktorantka

analizuje w tym przypadku skład chemiczny zarówno samej biomasy, pod kątem jej przydatności jako paliwa w domowych instalacjach grzewczych oraz skład chemiczny i mineralny popiołów po spalaniu biomasy pod kątem potencjalnych zagrożeń ekologicznych związanych z ich emisjami do powietrza w trakcie spalania w niskich temperaturach ok 400°C. W wynikach Doktorantka wykazuje, że chociaż całkowita emisja pyłu w przypadku wszystkich trzech badanych rodzajów biomasy jest podobna to jednak różnice w składzie chemicznym oraz mineralnym są znaczne. Doktorantka oblicza również udział drobnych cząstek pyłu PM10 i PM2.5 w pyłe całkowitym, jako że im drobniejsze cząstki, tym większe stanowią zagrożenie zdrowotne. Szkoda, że nie uwzględniono tutaj również cząstek PM 1.0, które stanowią największe zagrożenie, a które ostatnio coraz częściej są również przedmiotem monitoringu.

W kolejnej pracy będącej przedmiotem ocenianego dorobku „*Assessment of pollution by potential toxic elements of agri-food biomass combustion ashes under different temperature regimes*” naukowej Doktorantka skupia się na ośmiu potencjalnie toksycznych pierwiastkach obecnych w popiele po spalaniu czterech rodzajów biomasy. Do trzech badanych wcześniej (wytłoki z jabłek, łupiny orzechów włoskich, łuski słonecznika) dołączone zostały jeszcze pellety z gałęzi i pestek czereśni. W tych badaniach analizowane są również różne temperatury spalania (400 i 850 °C). Do oceny ekologicznej spalanych rodzajów biomasy Doktorantka wykorzystuje cztery różne geochemiczne wskaźniki emisji i zanieczyszczenia. Wyniki pokazały, że w niższej temperaturze spalania emisja zanieczyszczeń zawierających metale toksyczne ze spalania biomasy rolno-spożywczej jest wyższa. Obliczanie współczynnika zanieczyszczenia C_f pokazały, że przy spalaniu w niższych temperaturach największym zagrożeniem (w większości przypadków spalanej biomasy) jest selen ($C_f > 1.0$), który w warunkach redukcyjnych, przy niższych temperaturach spalania może tworzyć selenki takich metali jak Pb, Cu i Ni. Jedynie w przypadku spalania łusek słonecznika największy C_f obliczono dla kadmu. Przy wyższych temperaturach spalania najwyższe wartości C_f dla wszystkich pierwiastków oprócz Se wyliczono dla popiołów ze spalania wytłoków z jabłek. Tu również zdecydowanie najwyższy był wskaźnik obciążenia zanieczyszczeniem metalami ciężkimi (PLI) i stopień skażenia (CD). W ostatecznej konkluzji Doktorantka wykazuje, że spalanie wytłoków z jabłek stwarza potencjalne zagrożenie dla środowiska.

Ostatnia z czterech prac wchodzących w skład pracy doktorskiej „*Toxic elements, leachability and the results of thermal analysis of woody biomass from environment with varying degrees of pollution*”. W tym wypadku jako biomasę Doktorantka analizowała drewno olchy i brzozy pobrane w dwóch lokalizacjach: województwo małopolskie (rejon Andrychowa)

i Bory Tucholskie. Autorka sugeruje, że próbki pobrane w województwie małopolskim pochodzą z obszarów silnie zanieczyszczonych, ale nie podaje żadnych informacji na temat wielkości zanieczyszczeń (np. wielkość depozycji pyłowych w tym rejonie). Próbki drewna z Borów Tucholskich mają reprezentować obszary „czyste”. Myślę, że do tego typu badań porównawczych można było wytypować miejsca poboru prób drewna z obszarów o znacznie wyższym poziomie zanieczyszczeń, których w województwie śląskim jest sporo. Nie do końca jasna jest również procedura badawcza. W streszczeniu Doktorantka podaje, że próbki biomasy spalane były w temperaturze 450 - 500 °C, natomiast w opisie procedury analitycznej w samym tekście manuskryptu ta temperatura się nie pojawia. Jest natomiast informacja, że spopielenie próbki prowadzono w termograwimetrze w zakresie temperatur 35 - 1030 °C, przez czym do 600 °C spopielenie było prowadzone w atmosferze azotu. Jako potencjalnie toksyczne pierwiastki analizowane były zawartości dziewięciu pierwiastków (As, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Tl i Hg). Z rysunku przedstawionego na str. 104 Rozprawy Doktorskiej wynika, że analizowano stężenie pierwiastków zarówno w surowej biomase jak i w popiele, co w metodyce nie zostało jasno powiedziane. Również niejasne jest czy popiół do tej analizy był uzyskany ze spalania biomasy w 500 °C, czy spopielenia w 1030 °C. Kontrowersyjne są również wyniki, sugerujące, że w popiołach po spalaniu drewna brzozy z Borów Tucholskich jest znacznie więcej Zn i Cu. Nie bardzo rozumiem wyjaśnienie, że może związane jest to z ich koncentracją tych pierwiastków w poziomie organicznym gleby leśnej. Czy Doktorantka analizowała zawartości tych pierwiastków w glebie lub podłożu geologicznym? Czy brała pod uwagę, że brzoza przez wielu autorów wymieniana jest w gronie hiperakumulatorów właśnie w odniesieniu do cynku i miedzi. Niewątpliwie do rozstrzygnięcia tych kwestii potrzeba byłoby znacznie większej ilości prób biomasy pochodzącej z różnych rejonów, w tym z obszarów o jednoznacznie wysokim zanieczyszczeniu pyłami przemysłowo-miejskimi.

Podsumowanie

Pomimo powyższych uwag krytycznych zarówno formalnych jak i merytorycznych analiza całego materiału zawartego w czterech publikacjach będących przedmiotem Rozprawy Doktorskiej pozwala mi na stwierdzenie iż zarówno tematyka badawcza podjęta przez Doktorantkę jak i duża ilość wyników uzyskanych w trakcie badań w znacznej mierze przyczyniła się do poszerzenia wiedzy w tematyce wykorzystania agrobiomasy pochodzącej z przemysłu rolno-spożywczego jako paliwa i wpływu jej spalania lub współspalania z węglem kamiennym na środowisko. Doktorantka pokazała jak skład chemiczny i mineralny samej biomasy oraz popiołów po jej spalaniu wpływa na jakość środowiska i determinuje również

możliwości wykorzystania popiołów jako surowca wtórnego oraz potencjalnego źródła cennych metali ziem rzadkich. Wskazała na różnice w składzie geochemicznym i mineralnym pomiędzy popiołami pochodzącymi ze spalania węgla kamiennego i biomasy, ale również na różnice pomiędzy składem popiołów pochodzących ze spalania różnych rodzajów biomasy.

Przede wszystkim za bardzo istotne uważam pokazanie, że spalanie biomasy nie jest „zeroemisyjne” i że niesie również z sobą pewne ryzyko środowiskowe. Związane jest ono przede wszystkim ze stosunkowo wysoką zawartością części lotnych, jak również drobnych cząstek pyłowych (pyły PM10 i PM2,5) zawierających znaczną ilość potencjalnie toksycznych metali i metaloidów.

Podsumowując, pomimo uwag przedstawionych powyżej uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Adamczyk **spełnia wszelkie wymogi formalne i merytoryczne** stawiane pracom doktorskim i wnioskuję o podjęcie uchwały dopuszczającej Doktorantkę do dalszego etapu postępowania kwalifikacyjnego w celu uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku.

Prof. dr hab. Tadeusz Magiera