

Poznań 8.12.2023

Dr hab. inż. Bartosz Ceran, prof. uczelni  
Instytut Elektroenergetyki  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
Politechnika Poznańska  
e-mail: bartosz.ceran@put.poznan.pl

## 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"

Recenzję wykonano na wniosek Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 06.11.2023 r.

Przedstawiona w recenzji ocena rozprawy doktorskiej ma odpowiedzieć na pytania czy i w jakim stopniu przedstawiona rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

### 1. Przedmiot rozprawy

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie metodologii pozwalającej na wybór odpowiedniej technologii ograniczania emisji rtęci z bloków węglowych. Zaproponowana hybrydowa metoda redukcji emisji rtęci ma, wg założeń autora, spełniać aktualne standardy emisyjne przy możliwie niskich kosztach inwestycyjnych i operacyjnych.

Rozprawa przedstawia:

- wyniki badań laboratoryjnych materiału polimerowego przeznaczonego do adsorpcji rtęci ze spalin,
- wyniki badań symulacyjnych wykonanych na autorskim modelu numerycznym procesu sorpcji, wyniki badań pilotowych modułów adsorpcyjnych SPC, które wykonano w Elektrowni Pątnów II i Elektrowni Bełchatów,
- wyniki badań symulacyjnych wykonanych za pomocą autorskiego numerycznego modelu instalacji pilotażowej redukcji rtęci w Elektrowni Pątnów,
- wyniki badań sorbentów stosowanych do redukcji emisji rtęci,
- wyniki badań symulacyjnych wykonanych na autorskim modelu numerycznym redukcji rtęci z wykorzystaniem sorbentów sypkich,
- wyniki techniczno-ekonomicznej analizy porównawczej stosowanych metod redukcji emisji rtęci z proponowaną metodą hybrydową.



## 2. Przegląd treści rozprawy

Rozprawa doktorska składa się ze 153 stron. Zawiera 115 pozycji literaturowych, z czego 13 stanowią strony internetowe. Praca jest podzielona na 6 rozdziałów.

W rozdziale 1 autor zwraca uwagę na konieczność redukcji emisji rtęci przez konwencjonalne źródła energii elektrycznej. Autor definiuje cel pracy oraz dokonuje przeglądu literaturowego w obszarze metod redukcji emisji rtęci przez elektrownie.

Rozdział 2 przedstawia wyniki badań laboratoryjnych materiału polimerowego przeznaczonego do redukcji emisji rtęci, budowę modelu numerycznego sorpcji oraz wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych.

Rozdział 3 opisuje wyniki pilotowych badań pracy modułów adsorpcyjnych SPC przeprowadzonych na obiektach rzeczywistych tj. w Elektrowni Pątnów II i w Elektrowni Bełchatów, budowę modelu numerycznego instalacji pilotażowej oraz wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych.

W rozdziale 4 autor opisuje wyniki badań wykonanych w Elektrowni Pątnów II nad sorbentami stosowanymi do redukcji emisji rtęci. W dalszej części tego rozdziału autor opisuje model matematyczny redukcji rtęci w oparciu o wtrysk węgla aktywowanego opracowany w środowisku Ansys® Fluent.

Rozdział 5 prezentuje wyniki techniczno-ekonomicznej analizy porównawczej stosowanych metod redukcji emisji rtęci z proponowaną metodą hybrydową.

Rozdział 6 stanowi podsumowanie pracy.

Podział rozprawy na rozdziały jest poprawny, jednak nie zgadza się on z podziałem opisanym w podrozdziale 1.3, w którym autor podaje, że rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów i zaznacza, że w rozdziale szóstym „zostały udostępnione kody źródłowe wykorzystywane w poszczególnych symulacjach”. **W rzeczywistości ten rozdział nie został zawarty w rozprawie. Ponadto rozdział 4 ma praktycznie taką samą nazwę jak rozdział 4.1.**

Uważam, że oprócz samego celu rozprawy, dysertacja doktorska **powinna zawierać „tezę naukową”**. Jestem świadomy, że w większości rozpraw doktorskich realizowanych w trybie tzw. wdrożeniowym definiowany jest tylko „cel pracy”. Uważam jednak, że stawianie „tezy naukowej” jest dobrą praktyką i powinno mieć miejsce w rozprawach doktorskich, niezależnie od trybu realizacji.

Dobrze postawiona teza i jej udowodnienie świadczą o spełnieniu podstawowego kryterium oceny rozprawy doktorskiej tj. określenie problemu naukowego i jego nowatorskie rozwiązanie.

W pracy brakuje **wykazu oznaczeń**, co przy dużej liczbie zawartych wzorów utrudnia zrozumienie zagadnień czytelnikowi.

### 3. Główne osiągnięcie doktoranta (wskazanie metod badawczych)

Głównym osiągnięciem doktoranta jest opracowanie tzw. hybrydowej metody redukcji emisji rtęci ze źródeł konwencjonalnych polegającej na zastosowaniu modułów polimerowych oraz sorbentów sypkich w odpowiednich proporcjach. Aby osiągnąć postawiony cel autor wykonał następujące zadania:

- przebadał materiał polimerowy w warunkach laboratoryjnych i wyznaczył wpływ wybranych parametrów (m.in. liczba warstw modułu, temperatura spalin, prędkość spalin, zawartość rtęci w materiale) na poziom redukcji rtęci oraz opracował autorski model numeryczny redukcji rtęci w modułach SPC,
- wykonał badania pilotowe modułów adsorpcyjnych na wybranych obiektach rzeczywistych i opracował autorski model numeryczny instalacji pilotażowej,
- przebadał wpływ podawania sorbentów (**B-PAC+**, **Darco Hg-LH Extra SR**, **Sorbacal 35**) na skuteczność redukcji emisji rtęci oraz opracował autorski model matematyczny redukcji rtęci z wykorzystaniem węgla aktywowanego,
- przeprowadził techniczno-ekonomiczną analizę porównawczą trzech metod redukcji rtęci (wtrysk węgla aktywnego, dystrybucja i natrysk soli bromu, instalacja modułów polimerowych z modernizacją IOS) z rozwiązaniem hybrydowym (moduły polimerowe + wtrysk węgla aktywnego).

Pozytywnie oceniam zastosowane metody badawcze (badania laboratoryjne, badania na obiektach, badania modelowe). Uważam, że szczególnie cenne są wyniki uzyskane na obiektach rzeczywistych.

Bardzo pozytywnie oceniam aplikacyjność proponowanego rozwiązania tj. budowy i eksploatacji instalacji przeznaczonej do redukcji emisji rtęci wg proponowanego modelu hybrydowego.

### 4. Uwagi szczegółowe i dyskusyjne

- a) Str. 7, „Głównym źródłem rtęci, jak już wspomniano jest spalanie paliw kopalnych wykorzystywanych do **produkcji energii**”

Skrót myślowy. Nie produkujemy energii samej w sobie, ponieważ jest to niezgodne z zasadą zachowania energii. Możemy przekształcać ją z jednej formy w drugą.

W energetyce produkujemy **energię elektryczną**, która jest rozumiana, jako efekt przemian energetycznych lub energię elektryczną i ciepło (kogeneracja).

- b) Str. 21, „Rys 2.3. **Wpływ temperatury** na poziom redukcji rtęci.”

Autor powinien dodać rzeczownik do wyrazu „temperatury”, aby czytelnik miał pełną jasność, czego badana wartość temperatury dotyczy. **Wpływ temperatury spalin**. W tej formie można to rozumieć, jako np. wpływ temperatury otoczenia. Autor powinien wyrażać się bardziej precyzyjnie.



Ta sama uwaga dotyczy rys 2.2. i rys 2.4. **Wpływ prędkości.....**

Wpływ prędkości „czego?” – powinno być:

Wpływ prędkości spalin na poziom redukcji rtęci...

Wpływ prędkości spalin na spadek ciśnienia....

c) Str. 24,

„Przy zamontowaniu generatora mgiełki wodnej zgodnie z instrukcją producenta okazało się bowiem, że większość wody nie odparowuje, a kondensowała się na ściankach komory nawilżającej”

„Podgrzanie zapobiega kondensacji wody...”

Co autor rozumie pod pojęciem kondensacji wody?? Proszę o komentarz.

d) Str. 28,

„Próbki do zbadania zawartości rtęci były pobierane według zaplanowanego harmonogramu – po 2, 5, 8, 14 dniach.”

Jakie przesłanki zdecydowały o wyborze przedstawionego harmonogramu? Proszę o komentarz.

e) Str. 37, Wzór 28

Jak wyznaczono zależność wiążącą spadek ciśnienia z prędkością przepływającego gazu?

Jaka jest interpretacja fizyczna współczynników przy  $v^2$  i  $v$  ?? Proszę o komentarz.

f) Str. 37, Wzór 2.9.

Jak wyznaczono zależność wiążącą  $R_{Hg}$  z prędkością przepływającego gazu?

Jaka jest interpretacja fizyczna współczynników przy  $v^2$  i  $v$  ?? Proszę o komentarz.

g) Str. 37, wzór 2.10

Jak wyznaczono zależność wiążącą  $C_T$  z wartością temperatury  $T$  gazu?

Jaka jest interpretacja fizyczna współczynnika przy  $T$  ?? Proszę o komentarz.

h) Str. 53,

„Wzrost wagi modułów polimerowych firmy GORE, w trakcie ich pracy w warunkach rzeczywistych rozpatrywany powinien być w dwóch aspektach”.

„masa rośnie w zakresie od 9–11% w odniesieniu do wagi netto 34 kg”.

„na skutek adsorpcji rtęci – wzrost wagi modułów w odniesieniu.....”

„Oznacza to, iż podczas eksploatacji instalacji wzrost wagi w zakresie 2–3%, związanej z absorpcją rtęci, występuje w okresie 6–8 latach. W celach projektowych założono wagę brutto jednego modułu na poziomie 50 kg”

Co autor rozumie pod sformułowaniem „wzrost wagi”? **Proszę o komentarz.**

Jak **zakłada się wagę brutto** jednego modułu?? **Proszę o komentarz.**

i) Str. 60

**Tabela 3.4** – procentowy skład spalin ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ) – udziały masowe.

Nie jest zrozumiała zapis składu spalin w tabeli 3.4. Symbol „ $\text{CO}_2$ , %” sugeruje procentowy skład spalin jednak wtedy suma wszystkich składników jest większa niż 100% (108,34%)

**Proszę o komentarz.**

Wiersz wyżej, po przecinku, jest informacja, że są to udziały masowe. Jak zostały wyznaczone? **Proszę o komentarz.**

Jak interpretować wartości podane w tabeli 3.4 ? – drugi wiersz. **Proszę o komentarz.**

j) Str. 63

**Tabela 3.5** – ta sama uwaga, co do tabeli 3.4

Jak interpretować wartości podane w tabeli 3.4? – drugi wiersz. **Proszę o komentarz.**

Dlaczego w składzie spalin nie ma  $\text{CO}_2\%$ ? **Proszę o komentarz.**

Dlaczego jest zdefiniowany strumień spalin, ale nie ma podanej jego wartości i jednostki?

**Proszę o komentarz.**

k) Str. 105,

Obliczenia zostały przeprowadzone dla **pięciu wybranych średnic 192  $\mu\text{m}$ , 315  $\mu\text{m}$ , 475  $\mu\text{m}$ , 562  $\mu\text{m}$ , 1000  $\mu\text{m}$ .**

Jakie przesłanki zdecydowały o wyborze wymienionych wartości średnic?

l) Str. 106,

Autor powołuje się na rysunek 4.36.

Rys. 4.36. Jedno- (rysunek a)) i dwukierunkowe (rysunek b)) sprzężenie fazy ciągłej z fazą dyspersyjną [17]

**Rysunek nie został zamieszczony w rozprawie. Proszę o przedstawienie rysunku i stosowne skomentowanie, co rysunek przedstawia.**

m) Str. 122

Czy założenie czasu pracy bloku **8500 h/rok** jest realne?

Według tego założenia na prace remontowe, przeglądowe itp. w roku zostaje niecałe 11 dni kalendarzowych. **Proszę o komentarz.**

**Jak wyglądałby rozkład kosztów CAPEX i OPEX (Rys. 5.13.), gdyby w analizie porównawczej założyć np. 6500h pracy na rok. Dobrze byłoby przedstawić charakterystykę wpływu czasu pracy elektrowni na wyniki ekonomiczne. Proszę o komentarz.**



n) Str. 136

„Niestety, jak wynika z badań z mniejszą ilością warstw obiekt nie osiągnie oczekiwanej redukcji emisji. Niemniej jednak emisja zostanie znacząco obniżona, co pozwoli na zastosowanie wtrysku węgla jak w dużo mniejszych ilościach, co przełoży się na znacznie mniejszą wydajność urządzeń - sumarycznie wpłynie na minimalizację kosztów OPEX i CAPEX instalacji oraz przełoży się bezpośrednio na mniejszy wzrost kosztów wytworzenia energii elektrycznej.”

Uważam, że wyniki techniczno-ekonomicznej analizy porównawczej byłyby bardziej wartościowe gdyby dla 4 scenariuszy założyć wspólne kryterium porównawcze tzn. stały, założony poziom redukcji emisji rtęci.

Jak wyglądałby rozkład kosztów CAPEX i OPEX (Rys. 5.13.), gdyby w analizie porównawczej sprowadzić trzy pierwsze scenariusze do takiego poziomu redukcji emisji rtęci jak w założonym w scenariuszu czwartym układzie hybrydowym? Proszę o komentarz.

o) Str. 139

Niezrozumiała jest legenda na wykresie 5.13. oznaczenia 100kg/h, 150 kg/h, 200kg/h, nie mówią czytelnikowi, jaka to jest technologia ograniczania emisji rtęci.

p) Uwaga dyskusyjna.

Badania pilotowe przeprowadzono na blokach opalanych węglem brunatnym. W procesie dekarbonizacji i transformacji energetycznej w pierwszej kolejności w KSE będą wycofywane z eksploatacji bloki opalane tym paliwem. Prawdopodobnie w pierwszej kolejności zostanie wycofany z eksploatacji Pątnów a następnie w okolicach 2036 roku Bełchatów. Niepewna jest także przyszłość elektrowni Turów.

Czy autor planuje wdrażać opracowaną technologię hybrydową na blokach opalanych węglem kamiennym? Jakie będą różnice w porównaniu z blokami opalnymi węglem brunatnym. Jak, z reguły mniejsza zawartość rtęci w węglu kamiennym, wpłynie na wyniki analizy ekonomicznej instalacji hybrydowej oraz na jej żywotność? Proszę o komentarz.

## 5. Uwagi redakcyjne

Uwagi redakcyjne dotyczące błędów gramatycznych.

Str. 5.

Jest „Część badań została wykonana dzięki pomocy finansowej Narodowe Centrum Badań i Rozwoju,....”

Powinno być: „Część badań została wykonana dzięki pomocy finansowej Narodowego Centrum Badań i Rozwoju,....”

Str. 7.

Jest: „**Obowiązujące dokument...**”

Powinno być: „Obowiązujący dokument...”

Jest: „...w dalszym ciągu sporym wyzwaniem...”

Powinno być: „...w dalszym **ciągu** sporym wyzwaniem...”

Str. 8.

Jest: „Zastosowanie **hybrydowej technik** wychwytu rtęci....”

Powinno być: Zastosowanie **hybrydowej techniki** wychwytu rtęci....”

Str. 9.

Jest: „Opracowane modele docelowo umożliwiają modelowanie procesu adsorpcji w w analizowanych warunkach”

Powinno być: Opracowane modele docelowo umożliwiają modelowanie procesu adsorpcji w analizowanych warunkach”

Str. 10.

Jest: „Szacuje się, że do 350 000 ton rtęci **jest magazynowana** w oceanach...”

Powinno być: „Szacuje się, że do 350 000 ton rtęci **jest magazynowane** w oceanach...”

Jest: „Około dwie **trzecie z rtęć w oceanach** jest wynikiem działalności człowieka...”

Powinno być: „Około dwie **trzecie rtęci zawartej w oceanach** jest wynikiem działalności człowieka...”

Str. 11,

Jest: „Pośrednio w trakcie tych prac opracowany został model matematyczny pozwalający na modelowanie procesu redukcji rtęci **na węglu aktywowany.**”

Powinno być: „Pośrednio w trakcie tych prac opracowany został model matematyczny pozwalający na modelowanie procesu redukcji rtęci **na węglu aktywowanym.**”

Str. 12,

Jest: „Wiele badań literaturowych donosi o wtryskiwaniu dodatków do kanałów spalinowych zlokalizowanych **za obrotowym podgrzewaczem powietrza kotłem.**”

Powinno być: „Wiele badań literaturowych donosi o wtryskiwaniu dodatków do kanałów spalinowych zlokalizowanych **za obrotowym podgrzewaczem powietrza.**”

Str. 13,

Jest: „...dzięki zrealizowanym badaniom **naukowców Akademia** Górniczo-Hutniczej pod kierownictwem...”

Powinno być: „...dzięki zrealizowanym badaniom **naukowców Akademii Górniczo-Hutniczej** pod kierownictwem...”

Str. 16,

Jest: „omówione badania przeprowadzone na instalacji pilotowej **w dwóch analizowanych lokalizacja.**”

  
7

Powinno być: „omówione badania przeprowadzone na instalacji pilotowej w dwóch **analizowanych lokalizacjach.**”

Jest: „...na podstawie **zabranych danych.**”

Powinno być: „...na podstawie **zebranych danych.**”

Jest: „...został tu opisany także model literaturowy **pozwalający na modelowanie proces redukcji** przez węgiel aktywowany.”

Powinno być: „...został tu opisany także model literaturowy pozwalający na modelowanie **procesu redukcji emisji rtęci** przez węgiel aktywowany.”

Str. 23,

Jest: „Na stanowisku **sprawdzony zostanie wpływ** parametrów gazu opływającego moduły na proces pochłaniania rtęci.”

Dlaczego stosowana jest forma przyszła, skoro badania zostały przeprowadzone?

Powinno być: „Na stanowisku **sprawdzono wpływ** parametrów gazu opływającego moduły na proces pochłaniania rtęci

Str. 31,

Jest: „Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że **badane materiały charakteryzuje** się największą efektywnością redukcji...”

Powinno być: „Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że **badane materiały charakteryzują** się największą efektywnością redukcji...”

Str. 34,

Jest: „W pierwszej części zostało zaproponowane **podejście do pozwalające** na wyznaczenie efektywności redukcji...”

Powinno być: „W pierwszej części zostało zaproponowane **podejście pozwalające na** wyznaczenie efektywności redukcji...”

Str. 36,

Jest: „Biorąc pod uwagę wspomnianą wcześniej **zwiększona powierzchnie** aktywną w badaniach laboratoryjnych finalna postać równania przyjmuje postać.”

Powinno być: „Biorąc pod uwagę wspomnianą wcześniej **zwiększoną powierzchnię** aktywną w badaniach laboratoryjnych finalna postać równania przyjmuje postać.”

Str. 44,

Jest: „Rysunek 2.23 ilustruje obliczone opory przepływu dla wycinka modułu polimerowego, gdzie wyniki są bardzo **zbliżone do danych** producenta.”

Powinno być: „Rysunek 2.23 ilustruje obliczone opory przepływu dla wycinka modułu polimerowego, gdzie wyniki są bardzo **zbliżone do danych** producenta.”



Str. 47,

Jest: „...w celu wyeliminowania warunków zewnętrznych na działanie modułów, a w szczególności **miło na celu** obniżenie strat ciepła dotoczenia...”

Powinno być: „...w celu wyeliminowania warunków zewnętrznych na działanie modułów, a w szczególności **miało** na celu obniżenie strat ciepła dotoczenia...”

Str. 50,

Jest: „W pozostałe dni ze względów prac remontowych, odstawienia okresowego bloku lub usterek wynikających między innymi z warunków atmosferycznych, **instalacji nie pracowała.**”

Powinno być: „...**instalacja nie pracowała.**”

Jest: „W tabeli 3.1 przedstawiono podsumowanie zmierzonej zawartości rtęci w badanym paliwie dla różnych próbek, **gdzie średnia udział rtęci** dla zastosowanego węgla wynosił 153 µg/kg.”

Powinno być: „...**średni udział rtęci**...”

Jest: „Obliczona na podstawie danych z GORE **redukcja powinno wynieść** w tym przypadku od 83.5–88.2%.”

Powinno być: „...redukcja **powinna** wynieść...”

Str. 53,

Jest: „W pozostałe dni ze względów prac remontowych, odstawienia okresowego bloku lub usterek wynikających między innymi z warunków atmosferycznych, **instalacji nie pracowała.**”

Powinno być: „...**instalacja nie pracowała.**”

Str. 57,

### **3.5. Budowa modelu numerycznego**

#### **Błąd w tytule rozdziału.**

Powinno być: „Budowa modelu **numerycznego**”.

Str. 66,

Jest: „**Osiągnięcie** wymaganych dekretowanych limitów...”

Powinno być: „**Osiągnięcie**....”

Str. 67,

Jest: „W celu poprawy redukcji rtęci nie należy dopuścić do sytuacji, w której **zawartość część palnych** w popiele będzie znikoma...”

Powinno być: „zawartość **części** palnych...”

Str. 69,

Jest: „Rozładunek worków typu Big-Bag będzie odbywa się za pomocą wózka widłowego...”

Powinno być: „będzie odbywać się...”

Jest: „**Stacji rozładunku wymaga zasilania elektryczne 400V...**”

Powinno być: „**Stacja rozładunku wymaga zasilania elektrycznego 400V...**”

Jest: „...**Sprężone powietrze** doprowadzone do kontenera **sprężone powietrze** pełni funkcję **powietrza:**”

Powinno być: „**Sprężone powietrze** doprowadzone do kontenera, które pełni funkcję:

- powietrza sterowniczego
- powietrza technologicznego....”

Str. 71,

Jest: „Pod zbiornikiem buforowym zabudowano **przepustnicę motylkowa** sterowaną pneumatycznie...”

Powinno być: „Pod zbiornikiem buforowym zabudowano **przepustnicę motylkową** sterowaną pneumatycznie...”

Jest: „Węgiel aktywny **transportowany będzie do rozdzielacza rozdzielającego transport materiału równe przewody**”

Brak propozycji recenzenta co do poprawy struktury tego zdania.

Str. 73,

Jest: „...którym był kanał spalin świeżych, przed obrotowym podgrzewaczem **powietrza Umieszczono** w nim 6 lanc wtryskowych,...” – brak kropki po zdaniu

Str. 76,

Jest: „**Rysunek 4.11 przedstawiono** wyniki z serii pomiarowej...”

Powinno być: „**Na rysunku 4.11 przedstawiono...**”

Str. 86,

Jest: „Szacuje się, że węgiel wzbogacony o w/w dodatki spalany był około 6 godzin **po okresie ich dozowaniu...**”

Powinno być: „...po okresie ich **dozowania...**”

Str. 91,

Jest: „Dane te potwierdzają również przygotowane w wcześniejszej **części** pracy korelacje efektywności...”

Powinno być: „...**części...**”

Str. 101,

Jest: „...wartości redukcji **rtęci przy założeniu idealnemu rozprowadzeniu** węgla w gazie...”

Powinno być: „...przy założeniu **idealnego rozprowadzenia...**”

Str. 107,

Jest: „...Ze względu na **udział objętościowych fazy stałej nieprzerazający 2%** oddziaływania pomiędzy cząsteczkami zostały pominięte....”

Powinno być: „...na udział **objętościowy fazy stałej, nieprzekraczający 2%...**”

Str. 115,

Jest: „...**właśnie model drugiego rzędu wpłynęła na decyzje**, że właśnie ten model został zaimplementowany.”

Brak propozycji recenzenta co do poprawy struktury tego zdania.

Str. 116,

Jest: „Dlatego też **stosowanie modelu wymaga** uzyskania od producenta **wymaganych danych** odnośnie węgla **wymaganych przez model.**”

Brak propozycji recenzenta co do poprawy struktury tego zdania.

Str. 117,

Jest: „Szczegółowa wizualizacja układu lanc do podawania węgla aktywowanego **został przedstawiona na rysunku 4.41.**”

Powinno być: „...**została przedstawiona...**”

Str. 119,

Jest: „Tak spora **redukcja jets** możliwa dzięki dużej **koncetracji węgla oraz Różnica** pomiędzy wynikami pomiarów a symulacją numeryczną wynosi 0.28  $\mu\text{gHg}/\text{Nm}^3$  (usr) (2.9%).”

Powinno być: „Tak spora **redukcja jest** możliwa dzięki dużej **koncetracji węgla**. Różnica pomiędzy wynikami pomiarów a **wynikami symulacji numerycznej** wynosi 0.28  $\mu\text{gHg}/\text{Nm}^3$  (usr) (2.9%).”

Str. 122,

Jest: „Praca bloku **85 000 h/rok**”

Powinno być: „Praca bloku **8500 h/rok**”

Str. 127,

Jest: „skali roku mogą wynosić 25 mln **pln**”

Powinno być: „...**PLN** albo **zł**”

Str. 129,

Jest: „Dysze układu zraszającego **musza** być tak dobrane aby nie doszło do zjawiska atomizacji regenta...”

Powinno być: „...**muszą** być...”

Str. 134,

Jest: „Przy tak dużej ilości warstw przebudowa absorbera jest nieunikniona co stanowi **bardzo dużo nakłady inwestycyjne.**”

Powinno być: „...**bardzo duże...**”

Str. 135,

Jest: „...kompleksowo wymieniać z racji na zjawisko abrazji **jakie występuję** przy transporcie pneumatycznym pylistych sorbentów.”

Powinno być: „...**jakie występuje...**”

Str. 136,

Jest: „**Zastosowanie mniejszej ilości warstw jest możliwe zmiany konstrukcji, poprzez zmianę typu odkraplaczy lub systemu podawania zawiesiny.**”

Brak propozycji recenzenta co do poprawy struktury tego zdania.

Str. 141,

Jest: „Opracowany model pozwala na **analizę możliwość redukcji rtęci** z wykorzystaniem modułów adsorpcyjnych dla instalacji przemysłowych.  
Powinno być: „... **analizę możliwości redukcji rtęci...**”

Jest: W oparciu o zebrane dane obiektowe w ramach pracy opracowano dedykowany model numeryczny pozwalający na modelowanie procesu adsorpcji rtęci na powierzchni **węgla** aktywowanego

Powinno być: „**węgla** aktywowanego”

Jest: „kontrola emisji rtęci z wykorzystaniem materiałów polimerowych nie zależy od **stężenie rtęci** w gazie.”

Powinno być: „...nie zależy od **stężenia rtęci...**”

Str. 142,

Jest: „Zastosowanie instalacji modułów polimerowych wraz z węglem aktywowanym daje szansę na osiągnięcie **koncentracji rtęć** do pożądanego poziomu”

Powinno być: „...**koncentracji rtęci...**”

Jest: „...oraz jak wcześniej wspomniano zmiennej **zwartości** rtęci w węglu.”

Powinno być: „...**zawartości** rtęci...”

Jest: „Przedstawiono różne **kombinację technologii...**”

Powinno być: „...różne **kombinacje...**”

Str. 154,

Jest: „W rozprawie doktorskiej **była, także analiza możliwości** zastosowania sorbentów sypkich...”

Powinno być: „W rozprawie doktorskiej **przedstawiono wyniki analizy** możliwości zastosowania sorbentów sypkich...”

Jest: „...węgiel aktywny powinien **być stosowane** do uzyskania wymaganego...”

Powinno być: „...węgiel aktywny powinien **być stosowany** do uzyskania wymaganego...”

Jest: „Zastosowanie instalacji modułów polimerowych wraz z węglem aktywowanym daje szansę na **osiągnięcie koncentracji rtęć do pożądanego poziomu...**”

Powinno być: „Zastosowanie instalacji modułów polimerowych wraz z węglem aktywowanym daje szansę na **osiągnięcie pożądanego poziomu koncentracji rtęci...**”

Jest: „Przeprowadzone badania w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej dają ważny wkład w **istniejącą wiedzę** w zakresie...”

Powinno być: „Przeprowadzone badania w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej dają ważny wkład w **istniejącą wiedzę** w zakresie...”

Należy zwrócić uwagę na fakt, że rozprawa doktorska zawiera dużo błędów gramatycznych. Łącznie jest ich ponad 50, z czego podsumowanie i streszczenie, które są „wizytówką” rozprawy łącznie zawierają 10 błędów.

Stosunkowo duża liczba błędów gramatycznych, nieodpowiednich składni zdań, błędów interpunkcyjnych bardzo utrudnia czytanie rozprawy.

**Niemniej jednak, należy zaznaczyć, że błędy gramatyczne, pomimo ich dużej liczby, nie wpływają na jakość wykonanych badań laboratoryjnych, badań pilotowych oraz badań symulacyjnych przeprowadzonych na autorskich modelach numerycznych a jedynie na odbiór prezentacji otrzymanych wyników.**

**W związku z powyższym, według mnie, nie obniżają one wartości głównego osiągnięcia rozprawy.**

## **6. Podsumowanie**

Uważam, że założony przez Doktoranta cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty, a w trakcie realizacji pracy Pan mgr inż. Sergiusz Mandrela wykazał się znaczną wiedzą, zarówno teoretyczną jak i praktyczną, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Doktorant wykazał się także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, planowania badań eksperymentalnych, realizacji badań pilotowych oraz budowania modeli matematycznych przeznaczonych do badań symulacyjnych.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska pt. ”Opracowanie modelu matematycznego zjawiska emisji metali ciężkich do powietrza, wody i ziemi w wyniku spalania paliw stałych w obiektach energetycznych” autorstwa Pana mgr inż. Sergiusza Mandreli spełnia określone wymagania, o których mowa w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

**W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżyniera Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.**

*Bartosz Ceron*