

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr inż. Mateusza Szula**

**pt. „Opracowanie metody filtracji gorących gazów procesowych przy wykorzystaniu filtrów świecowych”,**

**której promotorem jest prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała, a promotorem pomocniczym dr inż. Tomasz Iluk**

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą formalną niniejszej recenzji jest uchwała Rady Naukowej GIG z dnia 22.03.2024 oraz pismo p.o. Dyrektora GIG dr inż. Jana Bondaruka informujące i powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Szula.

Praca skupia się na produkcji energii elektrycznej i ciepła w rozproszonych układach kogeneracyjnych, które opierają się na wykorzystaniu gazu procesowego uzyskiwanego przez zgazowanie biomasy. Jest to innowacyjna alternatywa dla tradycyjnych technologii spalania paliw kopalnych, która nie tylko ma efekt pozytywny dla środowiska, ale także doskonale wpisuje się w kontekst transformacji energetycznej przemysłu.

Zgazowanie biomasy, zwłaszcza odpadowej, takiej jak słoma, lignina pohydroliczna czy frakcja biodegradowalna odpadów komunalnych, stanowi fundament dla rozwijających się technologii biorafineryjnych. Gaz procesowy, który jest produktem tego procesu po odpowiednim oczyszczeniu i uszlachetnieniu do postaci syngazu, może być wykorzystany jako surowiec do produkcji odnawialnych tworzyw sztucznych, leków, środków smarnych oraz paliw syntetycznych.

Należy również zwrócić uwagę na aspekt ekologiczny, ponieważ zgazowanie odpadów nie tylko przyczynia się do pełnowartościowego recyklingu chemicznego, ale także ogranicza zużycie surowców pierwotnych. Zgodnie z przepisami Unii Europejskiej, odzyskiwanie energii chemicznej z odpadów stanie się kluczowym elementem tzw. rewolucji odpadowej.

---

W ramach prowadzonych badań nad technologią zgazowania biomasy, szczególną uwagę poświęca się procesowi filtracji gorących gazów. Instytut Technologii Paliw i Energii zajmuje się opracowaniem metod filtracji, które będą bardziej efektywne i niezawodne. Dotychczasowe ograniczenia technologiczne, takie jak wysoki poziom awaryjności, skłoniły do poszukiwania nowych rozwiązań.

Praca koncentruje się na analizie różnych aspektów technologicznych i konstrukcyjnych filtra gazu gorącego, dążąc do usprawnienia jego działania. Celem jest opracowanie technologii filtrowania, która będzie bardziej wydajna i niezawodna, co jest kluczowe dla efektywności procesu zgazowania biomasy i odpadów. Analizowane są także wpływy różnych czynników, takich jak konstrukcja reaktora zgazowania czy rodzaj surowca, na przebieg filtracji gorącego gazu procesowego.

Dodatkowo, badania wymagają opracowania szeregu zagadnień o charakterze użytkowym, m.in. projektowanie dedykowanych stanowisk badawczych, opracowanie koncepcji automatycznego sterowania układem regeneracji filtrów oraz ocena wpływu wprowadzania do filtrowanego gazu dodatków mineralnych celem redukcji spoistości produkowanego płacka filtracyjnego. Osiągnięcie tych celów wymaga interdyscyplinarnej pracy naukowców z różnych dziedzin.

Praca dotyczy możliwości odzysku i zagospodarowania ubocznych produktów procesów termicznego przekształcania odpadów komunalnych takich jak: żużel, popioły: lotny i denny w produkcji mieszanek betonowych, których wykorzystanie pozwoli na wdrażanie gospodarki cyrkulacyjnej. Zaproponowane badania fizykochemiczne nowych materiałów oraz badania wymywalności zanieczyszczeń i fitotoksyczności wskazują na możliwości wykorzystania nowego, bezpiecznego dla środowiska produktu oraz redukcję wpływu na środowisko naturalne.

Praca prowadzona przez promotora z dyscyplin: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Proponowane rozwiązanie jest nie tylko zgodne z założeniami zrównoważonego rozwoju, pozwala na redukcję strumienia trudnych technologicznie odpadów, redukując ich deponowanie i wpisuje się w ogólny trend wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym. economy.

## **2. Ocena wyboru tematu pracy i podjętej tematyki badawczej**

Analiza wyboru tematu pracy i tematyki badawczej ukierunkowanej na filtrację gorących gazów procesowych uzyskiwanych z zgazowania biomasy wydaje się być decyzją trafną i

---

strategiczną. Praca w obszarze energii odnawialnej i alternatywnych źródeł energii jest szczególnie istotna w kontekście globalnych wyzwań związanych ze zmianami klimatycznymi i ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych. Wybór biomasy jako surowca bazowego dla procesu zgazowania pokazuje świadomość potrzeby poszukiwania bardziej ekologicznych alternatyw dla tradycyjnych paliw kopalnych.

Autor pracy skupił się nie tylko na samym procesie zgazowania, ale także na problemie efektywnej filtracji gorących gazów procesowych, co jest kluczowym aspektem w zapewnieniu czystości i efektywności tego procesu. Badanie dotyczące skuteczności filtracji ma istotne znaczenie zarówno dla poprawy efektywności energetycznej, jak i dla ochrony środowiska poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń.

W rozprawie dokonano kompleksowej analizy dotychczasowych rozwiązań technicznych i procesowych w zakresie filtracji gorących gazów. Identyfikacja luk w wiedzy oraz wyzwań technicznych, takich jak niskie skuteczności i wysoka awaryjność istniejących urządzeń filtracyjnych, stanowi istotny wkład w rozwój tej dziedziny. Praca nie tylko opisuje problem, ale również proponuje konkretną metodologię badawczą oraz nowatorskie rozwiązania techniczne mające na celu poprawę efektywności i niezawodności procesu filtracji.

Jednym z kluczowych osiągnięć pracy jest opracowanie skutecznej metody filtracji gorących gazów procesowych opartej na wykorzystaniu filtrów świecowych. Przeprowadzone badania eksperymentalne, w tym testy wstępne oraz weryfikacja autorskiego układu filtra, potwierdzają skuteczność zaproponowanych rozwiązań. Osiągnięcie stabilnej filtracji przy niskim spadku ciśnienia na urządzeniu jest istotnym krokiem w kierunku poprawy wydajności i ekonomiczności procesu zgazowania biomasy.

Ponadto, praca nie tylko skupia się na aspektach technicznych, ale także analizuje kwestie ekonomiczne i ekologiczne związane z procesem zgazowania biomasy i filtracji gorących gazów procesowych. Propozycja rozszerzenia funkcjonalności filtra z poziomu odpylania gorących gazów na reaktor rozpyłowy, umożliwiającą jednoczesne odpylanie i oczyszczanie z innych zanieczyszczeń, otwiera nowe perspektywy dla zastosowania tej technologii w przemyśle.

W związku z powyższym wybór tematu rozprawy oceniam jako trafny, uzasadniony i niezwykle aktualny. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska świadczy o umiejętności dokonania przez Doktoranta wyboru istotnego naukowo i aplikacyjnie przedmiotu badań, stanowiącego udaną próbę wskazania i rozwiązania problemu badawczego.

---

### **3. Sylwetka Kandydata**

Mateusz Szul uzyskał tytuł zawodowy mgr. inż. na Wydziale Chemii Politechniki Śląskiej w Gliwicach w roku 2014, a od roku 2012 związany jest zawodowo z Instytutem Technologii Paliw i Energii (dawniej Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla). Według przekazanych informacji, Doktorant nigdy wcześniej nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora w żadnej jednostce organizacyjnej a przedłożona rozprawa doktorska nie była przedmiotem innego postępowania.

Doktorant w trakcie studiów zrealizował staż zawodowy w ww. Instytucie, a napisana przez niego praca magisterska zajęła pierwsze miejsce w ogólnopolskim konkursie SITPChem na najlepszą pracę dyplomową z obszaru chemii posiadającą walory zastosowania w przemyśle. W trakcie swojej pracy zawodowej pełnił rolę kierownika trzech projektów europejskich finansowanych z Funduszu Badawczego Węgla i Stali oraz Horyzontu 2020 oraz brał czynny udział w realizacji lub pełnił funkcję kierownika kilkudziesięciu krajowych i zagranicznych projektów badawczych i komercyjnych.

### **4. Charakterystyka i ocena poprawności struktury i układu rozprawy oraz strony edytorskiej**

Praca prezentuje starannie zaplanowaną strukturę. Rozprawa zaczyna się od wprowadzenia, które ma za zadanie przedstawić czytelnikowi kontekst badawczy i cel pracy. Następnie kolejne rozdziały stopniowo rozwijają temat, zaczynając od przeglądu literatury, opisu metod badawczych, prezentacji wyników eksperymentalnych, a kończąc na podsumowaniu i wnioskach. Ta sekwencja umożliwia czytelnikowi logiczne śledzenie rozwoju pracy badawczej.

Każdy z rozdziałów koncentruje się na określonym aspekcie tematycznym, co przyczynia się do spójności i czytelności pracy. Na przykład, rozdział 2 obejmuje stan wiedzy na temat wytwarzania, charakterystyki i filtracji gorących gazów procesowych, podczas gdy rozdział 6 skupia się na analizie i badaniach eksperymentalnych wybranych aspektów technologicznych filtra gazu gorącego.

Autor zróżnicował tematykę kolejnych rozdziałów, co przekłada się na wszechstronne podejście do problemu. Od teoretycznego wprowadzenia po praktyczne badania eksperymentalne, każdy rozdział wnosi nowe spojrzenie na temat filtracji gorących gazów procesowych.

---

---

Praca wykorzystuje różnorodne metody badawcze, co przyczynia się do kompleksowego zrozumienia tematu. Wprowadzenie zawiera analizę literatury, a kolejne rozdziały prezentują wyniki badań laboratoryjnych oraz wnioski wyciągnięte na ich podstawie.

Autor przedstawia obszerną analizę literatury oraz szczegółowy opis przeprowadzonych badań, co pozwala na pełne zrozumienie tematu oraz ocenę poprawności metodologii i wniosków. Dodatkowo, podsumowanie i wnioski są klarowne i dobrze związane z przedstawionymi wcześniej faktami i wynikami.

Wnioski w każdym z rozdziałów są logicznie wynikające z przeprowadzonych badań oraz analizy literatury, co świadczy o spójności merytorycznej pracy. Przejścia między poszczególnymi częściami rozprawy są płynne i łatwe do śledzenia.

Praca jest czytelnie sformatowana, z czytelnymi nagłówkami rozdziałów i podrozdziałów oraz przejrzystym układem graficznym. Wykaz literatury został starannie przygotowany i zawiera istotne pozycje związane z tematyką pracy. Dodatkowo, użycie ilustracji i tabel ułatwia zrozumienie prezentowanych treści.

Rozprawa składa się z 209 stron, co wskazuje na obszerny zakres badań oraz dogłębne podejście do tematu. Ta duża objętość pozwala na szczegółowe omówienie każdego aspektu badawczego i prezentację uzyskanych wyników w sposób kompletny.

Podsumowując, struktura i układ rozprawy są starannie przemyślane i pozwalają czytelnikowi na klarowne zrozumienie przebiegu pracy badawczej oraz prezentację uzyskanych wyników. Dodatkowo, staranność w przygotowaniu strony edytorskiej świadczy o wysokim standardzie pracy.

Rozprawa jest zorganizowana według standardowego układu, który obejmuje część teoretyczną, metodyczną i empiryczną. Ta logiczna i spójna struktura pozwala na przejrzyste przedstawienie poruszanych tematów i omawianych zagadnień we właściwej kolejności. Badawcza ścieżka, którą podąża autor, jest przemyślana i łatwa do śledzenia, co świadczy o konsekwencji w realizacji zamierzeń naukowych i dojrzałości badawczej.

Poszczególne rozdziały mają porównywalną objętość i tworzą harmonijną całość, co dodatkowo ułatwia zrozumienie prezentowanej problematyki. Praca została opracowana bardzo starannie, a autor zadbał o poprawność językową, eliminując wszelkie błędy gramatyczne, stylistyczne oraz literowe.

---

Storna edytorska i redakcyjna rozprawy są również starannie przygotowane, co podkreśla wysoki standard pracy.

### **5. Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Bibliografia zawiera 142 pozycji, w których zdecydowana większość to pozycje literatury światowej, wydane w dużej mierze po 2000 r., a często po 2015 roku. Jednakże znaczna część pochodzi sprzed roku 2000, co może wskazywać na nie do końca odpowiednią aktualność wszystkich pozycji literaturowych.

Wykorzystane źródła literaturowe dotyczą one głównie technologii związanych z produkcją energii z biomasy oraz procesami gazowymi. Artykuły omawiają różne aspekty związane z produkcją biometanolu, zastosowanie biomasy w produkcji energii, gazifikację biomasy, czyszczenie gazów oraz różne technologie związane z filtracją i oczyszczaniem. Wiele z tych prac stanowi wartościowy wkład w rozwój technologii zrównoważonego wykorzystania biomasy oraz procesów produkcji energii opartych na gazach.

Dokładny dobór literatury oraz analiza bibliografii są wyczerpujące i idealnie wpisują się w profil pracy, jednocześnie wyraźnie wskazując na obszar, który wymagał dalszego zgłębienia w ramach przeprowadzonych badań. Starannie przeprowadzona analiza literatury świadczy o znacznym potencjale naukowym autora pracy, potwierdzając jednocześnie jego szeroką wiedzę teoretyczną w dziedzinach inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki, zgodnie z wymogami zawartymi w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Istniejący stan wiedzy stanowi wartościową syntezę i stanowi solidną bazę do kontynuacji badań. Wybór tematu oraz jego aktualność są uzasadnione poprzez obszerną prezentację literatury, co dodatkowo podkreśla ich znaczenie.

### **6. Wskazanie oraz ocena celu pracy**

Cel pracy przedstawionym i opisany w rozdziale 4 jest szeroki i bardzo rozbudowany.

Został on jasno i precyzyjnie określony, opierając się na analizie stanu wiedzy oraz przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych. Autor dokładnie zidentyfikował istniejące problemy związane z niską dojrzałością technologiczną urządzeń filtracji gorących gazów procesowych w procesie zgazowania biomasy. Sformułowane pytania badawcze są trafne i adekwatne do problemu, co pozwala skoncentrować się na poszukiwaniu rozwiązań mających realny wpływ na poprawę efektywności procesu filtracji.

Nadrzędnym celem aplikacyjnym pracy, jakim jest potwierdzenie możliwości udoskonalenia metody filtracji gorącego gazu procesowego, został wyraźnie zdefiniowany. Autor przedstawił

---

konkretne kryteria oceny skuteczności opracowywanych rozwiązań technologicznych, co umożliwia obiektywną weryfikację osiągniętych rezultatów.

Zakres pracy został starannie ustalony i obejmuje szereg kluczowych etapów, które są niezbędne do osiągnięcia postawionego celu. Obejmuje on projektowanie nowej konstrukcji filtra, opracowanie stanowiska badawczego, analizę aspektów technologicznych filtra, opracowanie nowych metod wspomagania procesu filtracji, aż po budowę i walidację obranych koncepcji technicznych.

Warto podkreślić walor pracy związanej z najnowszymi trendami w UE w zakresie wdrażania transformacji energetycznej i w szczególności z dyrektywą dotyczącą odpadów dyrektywy dotyczące odpadów (2018/851) i energii odnawialnej (2023/2413), gdzie poczesne miejsce zajmuje recykling chemiczny.

Badania nad problemami technologicznymi związanymi ze stosowaniem filtrów gazu gorącego w układach zgazowania są istotne ze względu na kilka głównych przyczyn. Przede wszystkim, niedostatecznie wysoka skuteczność impulsowej regeneracji filtrów świecowych stanowi jedno z kluczowych wyzwań. Proces regeneracji musi być zoptymalizowany, aby zapewnić skuteczną eliminację zanieczyszczeń z filtrów, co wymaga szczegółowych badań nad mechanizmami regeneracji i efektywnością tego procesu.

Kolejnym istotnym aspektem jest realizacja procesu filtracji w warunkach, które mogą niekorzystnie wpływać na charakterystykę zanieczyszczeń zawartych w odpylanych gazach. Czynniki środowiskowe, temperaturowe czy chemiczne mogą mieć istotny wpływ na działanie filtrów oraz skuteczność eliminacji zanieczyszczeń. Badania nad tymi warunkami są niezbędne do opracowania optymalnych rozwiązań technologicznych i materiałowych, które pozwolą na efektywne oczyszczanie gazów zgazowania.

Badania nad tymi problemami jest kluczowe dla dalszego rozwoju technologii zgazowania. Poprawa skuteczności filtracji gazu gorącego przyczyni się do zwiększenia efektywności procesu zgazowania, zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery oraz poprawy ogólnej wydajności i sprawności środowiskowej systemów zgazowania.

Cel rozprawy oceniam jako nowatorski z perspektywy poznawczej i naukowej, wpisujący się w aktualne trendy w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Temat dysertacji jest precyzyjny i zwarty, oddaje w pełni treść rozprawy oraz realizację celu nadrzędnego. Cel pracy w pełni odzwierciedla problematykę podjętych obszarów badawczych.

---

## **7. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych**

Zaproponowany plan badawczy jest obszerny, a jego realizacja wymagała zastosowania szeregu metod badawczych, w tym przeglądu literatury i jej krytycznej oceny, szereg badań eksperymentalnych różnych aspektów technologicznych filtra gazu gorącego oraz opracowania planu badawczego dla całej metodyki badawczej

Zastosowane metody badawcze można ocenić jako staranne i wszechstronne. Realizacja badań eksperymentalnych przy użyciu instalacji wielkolaboratoryjnej oraz wykorzystanie rzeczywistych gazów procesowych w trakcie badań filtracji dostarczyły solidnych danych. Dodatkowo, przeprowadzenie analizy przyczyn nieskutecznej regeneracji wkładów świecowych oraz projektowanie, budowa i testowanie różnych parametrów procesowych i konstrukcyjnych układu regeneracji filtra pokazują zaangażowanie w eksplorację różnych możliwości.

Interesujące jest również zaproponowanie skuteczniejszej metody wyznaczenia objętości zbiornika buforowego oraz opracowanie nowatorskiej metody wspomaganie procesu filtracji przez wykorzystanie dodatków mineralnych. Eksperymentalna weryfikacja opracowanych rozwiązań w warunkach pracy zbliżonych do przemysłowych dostarcza solidnych podstaw do dalszych działań.

Dokładnie opisana procedura badawcza świadczy o umiejętności prowadzenia badań, począwszy od planowania eksperymentu, poprzez pobór próbek, analizę analityczną, aż po opracowanie i interpretację wniosków. Wartością dodaną pracy jest logiczne i klarowne prowadzenie rozumowania.

Ocena metod i narzędzi badawczych ukazuje przegląd literatury i krytyczną analizę, co pozwoliło na pełne zrozumienie celu badań. Dobór metod i narzędzi badawczych oceniam jako trafny dla rozwiązania postawionego problemu badawczego. Precyzyjnie opisana metodyka oraz wyczerpujące badania świadczą o solidnym warsztacie badawczym Doktoranta.

## **8. Omówienie wyników i możliwość ich praktycznego zastosowania oraz oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**

Praca miała charakter badawczy, a postawiony problem badawczy został rozwiązany poprawnie i samodzielnie.

Badania eksperymentalne prowadzone w ramach pracy miały na celu identyfikację skutecznych rozwiązań w dziedzinie filtracji gorącego gazu procesowego. Badania obejmowały szereg eksperymentów, w tym realizację badań przy użyciu instalacji wielkolaboratoryjnej, która



---

umożliwiła skalowanie rozwiązań do wielkości przemysłowych. Dodatkowo, przeprowadzono badania filtracji przy wykorzystaniu rzeczywistych gazów procesowych wytwarzanych przez zgazowarkę w trakcie ruchu ciągłego.

Analiza przyczyn nieskuteczności impulsowej regeneracji wkładów świecowych filtrujących gorący gaz procesowy pozwoliła na identyfikację obszarów wymagających udoskonalień. W ramach projektu zaprojektowano i przeprowadzono badania podstawowe, mające na celu analizę skuteczności wybranych parametrów procesowych i konstrukcyjnych układu impulsowej regeneracji wkładów świecowych.

Jednym z oryginalnych rozwiązań naukowych było zaproponowanie skuteczniejszej metody wyznaczania optymalnej objętości zbiornika buforowego oraz eksperymentalna weryfikacja skuteczności opracowanej metody impulsowej regeneracji filtrów pracujących w warunkach gorącego gazu procesowego.

Analiza możliwości zastosowania dostępnych metod laboratoryjnych pozwoliła na identyfikację czynników destabilizujących proces filtracji oraz określenie warunków pracy filtra sprzyjających jego stabilności. Dodatkowo, opracowano metodę wspomagania procesu filtracji poprzez wykorzystanie dodatków mineralnych.

W ramach pracy zbudowano i przetestowano udoskonaloną konstrukcję filtra gazu gorącego, umożliwiającą sprawną pracę w warunkach gazu procesowego produkowanego z różnych surowców i przy różnych konstrukcjach reaktorów zgazowania. Skuteczność opracowanych rozwiązań została potwierdzona podczas pracy filtra w wymagających warunkach, takich jak temperatura 400-500°C, spadek ciśnienia poniżej 2 kPa, prędkość filtracji 1-2 cm/s oraz zapylenie gazu poniżej 31 g/Nm<sup>3</sup>.

Praca przyczyniła się do podniesienia poziomu gotowości technologicznej metody filtracji gorącego gazu procesowego z TRL III do VI. Dodatkowo, opracowano poradnik dobrych praktyk inżynierskich, który zawiera m.in. metody przeciwdziałania problemom eksploatacyjnym urządzeń filtrujących gaz gorący.

Wyniki badawcze zostały poddane dokładnej analizie i ocenie. Doktorant w opisach materiałów i metod odnosił się do licznych oraz trafnie wybranych źródeł literaturowych. Podsumowanie i wnioski z całego opracowania są bardzo dobrze opracowane i szeroko omawiają istotne kwestie.

---

Praca stanowi twórcze rozwinięcie zagadnień technologicznych, a uzyskane wyniki można uznać za istotne i znaczące w obszarach takich jak inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Otrzymane wyniki pracy potwierdzają osiągnięcie założonych celów.

Założenia, opracowana metodyka oraz wyniki pracy można uznać za oryginalne rozwiązania problemu naukowego, a także za innowacyjne podejście do wykorzystania własnych osiągnięć badawczych w praktyce gospodarczej, zgodnie z postanowieniami art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku dotyczącej Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce.

## **9. Pytania i uwagi**

Z uwagi na bardzo trafną tematykę badawczą, zdefiniowany problem, prawidłowo opracowaną metodykę oraz rzetelnie przeprowadzone badania i opracowane wnioski wysoko oceniam przedstawioną mi do oceny dysertację.

W trakcie opracowywania opinii nasunęły mi się pytania i uwagi o charakterze dyskusyjnym, które prosiłabym wyjaśnić:

1. W pracy brakuje analizy wpływu zanieczyszczeń zawartych w biomasy odpadowej. Wraz ze strumieniem odpadów mogą tam pojawić się zanieczyszczenia, które wpływają na efektywność procesu oraz jakość produktów końcowych. W jaki sposób zostało to uwzględnione w prezentowanych rozwiązaniach? Jakie parametry jakościowe wsadu powinny być uwzględnione?
2. Zgazowanie jest obecnie jedynym sposobem odzyskiwania energii chemicznej zanieczyszczonych lub wielomateriałowych odpadów - spalanie nadal istnieje, choć coraz mniej popularne. Jak Pan widzi powrót do spalania i zgazowania z punktu widzenia środowiskowego i technicznego? (Wymagania związane ze zgazowaniem są większe.)
3. W pracy zabrakło analizy środowiskowej. Jeśli istnieje aspekt użyteczności technicznej, to aspekty środowiskowe powinny być brane pod uwagę jako jeden z głównych czynników, na które zwracamy szczególną uwagę. Czy może Pan określić, w jaki sposób opracowane rozwiązania mogą wpłynąć na poprawę efektywności środowiskowej procesów zgazowania biomasy odpadowej? Jak Pan widzi scenariusz referencyjny dla takiego porównania? Jaki wpływ na wyniki analizy miałoby poszczególne produkty procesu?
4. Brakuje również ogólnej analizy ekonomicznej proponowanych rozwiązań. Jak Pan widzi korzyści ekonomiczne związane z tą tematyką?
5. Co jeszcze brakuje w pełnym obrazie korzyści? Spojrzenie cyrkularne - w jaki sposób można wykorzystać wszystkie produkty procesu i co może zostać zastąpione? Jaką rolę będzie pełnił odzysk frakcji mineralnej, zwłaszcza metale?
6. Brakuje publikacji własnych autora. Proszę o odpowiedź, z czego to wynika. Czy wyniki częściowe nie były publikowane?

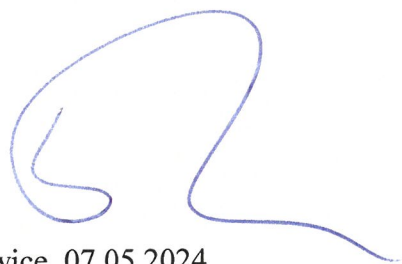
---

Przytoczone pytania i wątpliwości nie umniejszają znacząco wartości rozprawy, którą oceniam wysoko, jako rzetelnie wykonaną, zarówno pod względem merytorycznym, jak i redakcyjnym.

### **Podsumowanie**

Konkludując ostatecznie, stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Szula pt. „Opracowanie metody filtracji gorących gazów procesowych przy wykorzystaniu filtrów świecowych”, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Jarosław Zuwała, a promotorem pomocniczym dr inż. Tomasz Iluk, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego oraz spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim.

Postawione cele pracy zostały w pełni osiągnięte, przedstawiona dysertacja prezentuje wysoką wartość naukową i użyteczną, jest przygotowana rzetelnie i starannie. Wnoszę, wobec powyższego o dopuszczenie mgr inż. Mateusza Szula do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.



Gliwice, 07.05.2024