

dr hab. inż. Robert Kubica
Katedra Inżynierii Chemicznej i Projektowania Procesowego
Wydział Chemiczny
Politechnika Śląska

Gliwice 30.01.2023 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Marty Jach-Nocoń

pt. „Projekt innowacyjnego oprogramowania monitorującego pracę kotła na paliwa stałe zgodnie z zachowaniem norm zawartych w Krajowym Programie Ochrony Powietrza”

Podstawą formalną opracowania recenzji jest Decyzja Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego z dnia 8.07.22 r. przekazana pismem Pani dr hab. Agaty Daszkowskiej-Golec, Profesor Uniwersytetu Śląskiego, Prodziekan ds. Promocji Badań i Umiejdzynarodowienia Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego, znak WNP/BEOI.411.1.2022NZ07. Po wstępnej analizie treści rozprawy stwierdzam, że jej tematyka mieści się w zakresie moich zainteresowań i kompetencji naukowych, co pozwala mi podjąć się opracowania recenzji. Równocześnie oświadczam, że nie posiadam wspólnych publikacji z Doktorantką.

Tematyka pracy i problem badawczy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska podejmuje tematykę badawczą o charakterze wdrożeniowym i poświęcona jest istotnemu zagadnieniu wytwarzania ciepła użytkowego z odnawialnych źródeł energii (OZE), w szczególności nisko cennej biomasy nieдрzewnej. Celem szczegółowym pracy jest opracowanie uniwersalnego algorytmu sterowania procesem spalania biopaliw stałych, formowanych o zróżnicowanej charakterystyce, realizowanego w kotle automatycznym małej mocy (<500 kW), zgodnym z wymogami ekoprojektu^{1,2}. Opracowane rozwiązanie ma gwarantować wysokosprawne energetycznie i

¹ Dyrektywa 2009/125/WE ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią

niskoemisyjne wytwarzanie ciepła zarówno ze standaryzowanego paliwa tj. pelletu drzewnego jak i pelletu zielnego, różnego pochodzenia. Deklarowanym celem nadrzędnym pracy, deklaramy przez Autorkę, jest maksymalne zmniejszenie emisji CO₂ z instalacji spalania małej mocy, jak się domyślam, w rozumieniu substytucji paliwowej w ogrzewnictwie indywidualnym tj. możliwego zastąpienia paliw kopalnych przez biopaliwa stałe. Cel ten nie dotyczy to raczej przedmiotu badań tj. algorytmu sterowania.

Odnawialne źródła energii (OZE) odgrywają ważną rolę w energetyce światowej, a ich znaczenie rośnie. W ostatnich dekadach rozwój OZE stał się jednym z głównych celów światowej polityki energetycznej, w tym państw Unii Europejskiej. Zasadnicze kwestie w tym zakresie regulowane są Dyrektywą 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 kwietnia 2009 roku³.

Równie istotnym, równoległym problemem jest poprawa jakości powietrza. Krajowy Program Ochrony Powietrza (KPOP) do roku 2020 (z perspektywą do 2030), został przyjęty we wrześniu 2015 r⁴. W lipcu 2021 roku przyjęto projekt Aktualizacji Krajowego Programu Ochrony Powietrza. Pomimo szeregu przedsięwzięć prowadzonych w Polsce na rzecz poprawy jakości powietrza w ramach KPOP, jakość powietrza nie spełnia standardów określonych w dyrektywie CAFE⁵, szczegółowo określającej dopuszczalne wartości stężeń pyłu, zwłaszcza jego subfrakcji PM₁₀ i PM_{2.5} oraz zanieczyszczeń z nimi związanych, w tym benzo(a)pirenu o stwierdzonym działaniu mutagennym i kancerogennym. Podstawowym problemem jest niedotrzymywanie dopuszczalnej liczby dni z przekroczeniami dopuszczalnego poziomu średniodobowego pyłu zawieszonego PM₁₀ oraz dopuszczalnego średniorocznego poziomu pyłu zawieszonego PM₁₀, dopuszczalnego średniorocznego poziomu pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz przekroczenia poziomu docelowego dla benzo(a)pirenu. Za obecny, zły stan jakości powietrza w Polsce odpowiedzialna jest przede wszystkim tzw. emisja niska, której głównym źródłem są procesy spalania paliw stałych w sektorze bytowo-komunalnym. W tym zakresie KPOP oraz wynikające z niego POP na szczeblu regionalnym i wojewódzkim mają wdrażać cele strategii „Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko” (BEIŚ) obejmujące m.in. wsparcie nowych technologii w produkcji kotłów spełniających wymogi dyrektywy Ekoprojekt i odnośnych rozporządzeń.

² ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2015/1189 z dnia 28 kwietnia 2015 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla kotłów na paliwo stałe.

³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE

⁴

https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/prawo/inne_projekty/Aktualizacja_KPOP/Projekt_AKPOP_05.08.2021.pdf

⁵ Dyrektywa 2008/50/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy

W świetle obowiązujących aktów prawnych pojawia się szereg istotnych zagadnień wymagających odniesienia, w tym:

- obniżenie zapotrzebowania na energię pierwotną⁶ przez substytucję paliwową - zastąpienie konwencjonalnych źródeł energii, kopalin m.in. przez wysokosprawne źródła zasilane biopaliwami stałymi wytwarzanie ciepła m.in. z biomasy, prowadzące do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w tym CO₂,
- ograniczenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń stałych tj. pyłu i jego subfrakcji oraz zanieczyszczeń gazowych, produktów niecałkowitego i niezupełnego spalania,
- efektywne zagospodarowanie nisko cennych, odpadowych strumieni paliwa wymagających energochłonnych procesów przygotowania do spalania.

Z uwagi na konieczność osiągnięcia celów wskaźnikowych zawartych w Dyrektywie i KPOP, wymogi klimatyczne i środowiskowe oraz stale rosnące ceny paliw kopalnych ocenia się, że w najbliższych dekadach wykorzystanie biomasy dla celów energetycznych, we wszystkich krajach Regionu Europy Środkowej, będzie szybko wzrastało.

Biorąc powyższe, uważam, że podjęta przez Autorkę tematyka badawcza jest niezwykle istotna. Cele pracy badawczej wypełniają bezpośrednio założenia aktualnych trendów w zakresie:

- gospodarki neutralnej węglowo,
- gospodarki obiegu zamkniętego,
- efektywności energetycznej,
- oraz wymogów dot. jakości powietrza.

W dobie transformacji energetycznej przedmiot badań, innowacja produktowa jest odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie rynkowe tj. potrzebę zastąpienia źródeł zasilanych paliwami konwencjonalnymi, w tym węglem, przez lokalne zasoby OZE. Instalacje, takie jak badana, stanowią podstawę transformacji ogrzewnictwa indywidualnego. Opracowanie uniwersalnego algorytmu sterowania, umożliwiającego efektywne zagospodarowanie odpadowych strumieni biomasy, o zróżnicowanej charakterystyce, w procesie wytwarzania ciepła użytecznego w tym samym kotle, wymaga jednak rozwiązania szeregu istotnych problemów technicznych, które są przedmiotem badań niniejszej pracy.

Stosowanie takich uniwersalnych algorytmów sterowania automatycznymi kotłami na paliwa stałe ma na celu ograniczenie wpływu użytkownika na parametry procesu spalania. Potencjalnie niepoprawna obsługa instalacji może prowadzić do obniżenia sprawności i podwyższenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń. Jest to szczególnie istotne, jeśli chodzi o użytkowanie instalacji w warunkach rzeczywistych, poza laboratorium badawczym.

⁶ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że zarówno przedmiot badań jak i cel pracy są oryginalne. Poziom trudności podjętego problemu badawczego jest odpowiedni dla pracy doktorskiej. O randze i wartości przeprowadzonych badań świadczą publikacje w dobrych czasopismach, w tym z listy JCR jak również zgłoszenia patentowe, w których Doktorantka jest współautorem.

Ogólne omówienie pracy

Recenzowana rozprawa ma charakter eksperymentalny. Istotnym aspektem jest bezpośrednio, aplikacyjne znaczenie uzyskanych rezultatów prac badawczych, co w pełni wpisuje się w charakterystykę doktoratów wdrożeniowych. Praca została zrealizowana w bezpośredniej współpracy ze stroną przemysłową. Rozprawa liczy łącznie 170 stron i składa się z siedmiu rozdziałów oraz streszczenia w angielskim, aktualnego spisu literatury zawierającego 72 pozycje, spisu skrótowców oraz tablic i rysunków.

Rozdział 1, zatytułowany „Wprowadzenie”, zawiera 3 podrozdziały. Na wstępie Doktorantka omówiła krótko otoczenie gospodarcze i prawne. We wprowadzeniu do rozdziału scharakteryzowane zostały bieżące problemy gospodarki światowej w odniesieniu do dostępności i efektywnego wykorzystania zasobów energii a także koniecznej ochrony klimatu, w tym poprawy jakości powietrza. Nakreślone zostały główne przyczyny niepoprawnego stanu przez co wskazano obszary dla poszukiwania skutecznych rozwiązań technicznych. Informacje wstępne, poparte przesłankami wynikającymi z działalności gospodarczej firmy ZAMECH Zygmunt Nocoń, w której realizowany był doktorat wdrożeniowy, posłużyły do uzasadnienia podjęcia przedmiotowej tematyki badawczej zawartego w podrozdziale 1.1. W kolejnym rozdziale Doktorantka sformułowała problem badawczy. W rozdziale 1.3 Doktorantka wskazała cel badawczy oraz tezy badawcze. W tym samym rozdziale opisana została przyjęta metodologia prac badawczych.

W rozdziale 2 scharakteryzowany został rynek biopaliw stałych, w tym pochodzenie i źródła surowców do ich produkcji. Szczegółowo omówiono również szereg klasyfikacji stosowanych w gospodarczym obrocie biopaliwami stałymi. Ponadto, bardzo skrupulatnie, omówione zostały wymagania jakościowe określone przez odnośne normy produktowe. Wskazano przywołane w normach metody referencyjne oznaczania parametrów. Rozdział zawiera również obszerną dyskusję stosowanych schematów certyfikacji produktów handlowych.

W rozdziale 3 przedstawiono potencjał biomasy, w tym biopaliw stałych, jako źródła energii. Wskazano sektory gospodarki, w których biopaliwa stałe wykorzystywane są jako źródło energii. Omówione zostały również powszechnie stosowane technologie i techniki konwersji energii chemicznej paliwa na ciepło lub energię elektryczną i ciepło w układach skojarzonych. W podrozdziale 3.5 przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem instalacji spalania małej mocy na paliwa stałe, takich jak przedmiot badań, w budownictwie indywidualnym. Również szczegółowo omówiono warunki techniczne tzw. WT2021⁷,

⁷ Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 21 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 2351)

w odniesieniu do efektywności energetycznej budynków, ich zapotrzebowania na energię pierwotną, końcową i użytkową.

Rozdział 4 poświęcony został charakterystyce urządzeń grzewczych na paliwa stałe, w tym stałe biopaliwa. Niezwykle obszernie omówiono ewolucję techniki grzewczej na tle wydarzeń historycznych. W rozdziale 4.2. przedstawione zostały najważniejsze akty normatywne określające wymagania techniczne względem urządzeń grzewczych wprowadzanych do obrotu handlowego oraz metody ich wyznaczania. Przedyskutowano zawartość obowiązujących norm produktowych i testowania, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia celu pracy i stosowanej metodologii badawczej. Ponadto w rozdziale 4.3 zawarto podstawowe informacje o regulacji pracą urządzeń technicznych takich, jak przedmiot badań, tj. kocioł na paliwa stałe. W kolejnym podrozdziale 4.4, zatytułowanym kontrola procesu spalania, Doktorantka wprowadziła wybrane informacje dotyczące wpływu parametrów paliwa na proces spalania, w tym jego kinetykę. Dyskusja w całości dotyczyła wpływu parametrów paliwa formowanego, pelletu na kinetykę procesu spalania i nie zawierała omówienia bilansu energii czy stechiometrii spalania których poprawny opis może stanowić podstawę algorytmu sterownia implementowanego dalej w postaci kodu maszynowego (oprogramowania) do regulatora zarządzającego pracą kotła.

Rozdział 5 zawiera oryginalne wyniki przeprowadzonych prac eksperymentalnych. Podrozdział 5.1 zawiera podstawowe informacje o zakresie prowadzonych badań oraz przywołuje informacje o badaniach paliw i urządzeń grzewczych innych naukowców i zespołów, dostępne w literaturze tematu. W kolejnych podrozdziałach zawarte są informacje o badanych paliwach, metodyce ich wytwarzania. Omówione zostało również stanowisko badawcze, wraz z oprzyrządowaniem. Przedstawiona została pełna charakterystyka energetyczna i emisyjna obiektu badanego tj. kotła na paliwo stałe, model FOREST o mocy nominalnej 25kW. Omówiono również procedurę testowania, w tym:

- przygotowanie kotła i jego podzespołów do badań,
- przygotowanie sprzętu pomiarowego,
- oznaczenie składu paliwa i pozostałości po spalaniu,
- wykonanie pomiarów emisji.

Przedstawiono charakterystykę techniczną przyrządów pomiarowych stosowanych w pomiarach i oznaczeniach. Co ważne oznaczony został skład elementarny wszystkich paliw z określeniem zawartości tlenu O, składników palnych C i H, oraz azotu N i siarki S – gazowych prekursorów zanieczyszczeń a także zawartość popiołu – źródła popiołu lotnego. Informacje o składzie elementarnym są niezbędne do określenia stechiometrycznego zapotrzebowania na tlen/powietrze i dalej do regulacji pracą urządzenia grzewczego.

Na uwagę zasługuje bardzo szeroki zakres wykonanych badań parametrów paliw i popiołów, w tym oznaczenie zawartości metali ciężkich oraz alkaliów, zarówno w paliwie jak i popiele dennym. Takie informacje są bardzo wartościowe, niezbędne do określenia współczynników podziału zanieczyszczeń zawartych w paliwie na emisję do powietrza i pozostałość po spalaniu. Podrozdział 5.3.3 zawiera informacje kluczowe z punktu widzenia oceny zastosowanego algorytmu sterowania tj. przykładowe przebiegi zmienności składu spalin w czasie testów spalania paliw w badanym kotle. Przedstawione

zostały również uśrednione wielkości emisji wybranych zanieczyszczeń, objętych monitoringiem zgodnie z dyrektywą ekoprojekt NO_x, CO, TSP. Brak jest informacji o przeliczeniu stężeń na tzw. referencyjne stężenie tlenu w spalinach (dla kotłów na paliwa stałe jest to wartość 10%). W trakcie badań prawdopodobnie nie oznaczano stężenia lotnych związków organicznych LZO, czyli gazowych prekursorów kondensujących frakcji pyłu. Nie przedstawiono również wyników pomiarów temperatury spalin oraz wyznaczonej sprawności urządzenia. Brak informacji o stężeniu tlenu w spalinach.

W rozdziale 6 Doktorantka wskazała sposób wyznaczania średniej sezonowej emisji zanieczyszczeń oraz sprawności sezonowej urządzenia grzewczego, jako głównych parametrów regulowanych przez normę produktową, dla których określone zostały wielkości dopuszczalne. Parametry te i ich wielkości graniczne zostały prawdopodobnie wykorzystane jako funkcja celu do algorytmu sterownia kotłem. Sposób sterownia kotłem został omówiony zdawkowo, ze wskazaniem urządzeń wykonawczych i mierników. Algorytm regulacji przedstawiony został w postaci schematów blokowych na rysunkach 77-79. Brak szczegółowej dyskusji algorytmu sterowania może być spowodowany wolą ochrony własności intelektualnej wytworzonej w ramach prowadzonych prac. Mogą to być informacje wrażliwe ze względu na osiąganą dzięki nim przewagę konkurencyjną - opracowanie i wprowadzenie do obrotu innowacyjnego produktu.

W ostatnim, siódmym rozdziale Doktorantka dokonała podsumowania i przedstawiła 12 najważniejszych wniosków wynikających z pracy.

Podsumowując tę część recenzji, stwierdzam, że przeważająca większość rozprawy napisana jest w sposób jasny i przystępny, dobrym językiem, dobór ilustracji jest właściwy. Uważam jednak, że bardzo obszerny wstęp teoretyczny powinien mocniej akcentować zagadnienia bezpośrednio związane z celem i przedmiotem badań, w szczególności kontrolę procesu spalania i zarządzanie pracą urządzenia grzewczego. Pewne zastrzeżenia może budzić stosowana miejscami terminologia oraz niezbyt starannie wykonana korekta licznych fragmentów pracy, a także błędy stylistyczne. W wybranych fragmentach metodyka badawcza powinna być opisana bardziej szczegółowo. Opracowanie i analiza otrzymanych wyników są poprawne.

Uwagi o charakterze szczegółowym

Poniżej zestawilem wybrane ważniejsze uwagi o charakterze szczegółowym:

1. Temat recenzowanej pracy „Projekt innowacyjnego oprogramowania monitorującego pracę kotła na biopaliwa stałe zgodnie z zachowaniem norm zawartych w krajowym programie ochrony powietrza” wskazuje, że opracowany został kod maszynowy – program komputerowy. Sformułowanie tytułu wydaje się niefortunne, gdyż jak wynika z treści pracy Doktorantka opracowała algorytm. Algorytm został prawdopodobnie wykorzystany do opracowania kodu maszynowego zaimplementowanego w regulatorze firmy TECH Sterowniki, jednak nie było to przedmiotem pracy. Z pracy nie wynika, że Autorka opracowała kod źródłowy.
2. Nadrzędny cel pracy tj. redukcja emisji CO₂, osiągnięta przez kontrolowany proces spalania, z punktu widzenia przedmiotu badań, jest błędnie sformułowany. Badany obiekt to kocioł na pellet, drzewny i zielny. Obniżenie emisji CO₂ na jednostkę masy paliwa podawanego do spalania świadczyłoby o braku kontroli nad procesem spalania i znacznej stracie chemicznej z popiołem, tzw. stary niedopału. Zakładam, że tak sformułowany cel nadrzędny odnosił się do porównania odnawialnych źródeł energii, takich jak badany kocioł, do nieodnawialnych jak np. kocioł na gaz i dalej, bilansowania emisji CO₂. Nie było to jednak przedmiotem i celem badań. Taki efekt jest faktycznie osiągnięty wskutek substytucji paliwowej tj. przykładowo zastąpienia kotła na węgiel przez kocioł na biopaliwo stałe.
3. Możliwe jest postawienie dodatkowej, bardzo ważnej tezy, która wskazywałaby na możliwość realizacji zasad zrównoważonego rozwoju przez lokalne energetyczne, wykorzystanie zasobów nisko cennej (odpadowej) biomasy nieдрzewnej, przy zachowaniu minimalnego śladu węglowego.
4. Z punktu widzenia przedmiotu i celu badań dyskusja bilansu energii wokół skorupy budynku EK, EU i np. wpływu powierzchni budynku wydaje się zbyt obszerna.
5. Wydaje się, że kotły na paliwa stałe, małej mocy, stosowane w sektorze komunalno-bytowym, powszechnie obecne w obrocie handlowym nie są regulowane z wykorzystaniem sterowników programowalnych PLC. Ich regulacja odbywa się z wykorzystaniem zamkniętych regulatorów umożliwiających wyłącznie zmianę wartości granicznych, itp.
6. W rozdziale 4.3, pomimo tytułu, nie omówiono kontroli procesu spalania, ale wpływ parametrów paliwa na proces spalania, w tym jego kinetykę. W tak zatytułowanym rozdziale powinien się pojawić model procesu spalania tj. bilans masy, ciepła, stechiometria procesy spalania i jego kinetyka.

Spis poprawek korektorskich

W pracy występują błędy edytorskie i terminologiczne. Wybrane, ważniejsze uwagi zestawione zostały poniżej:

Miejsce	Jest	Powinno być
Str. 14, 2 g	kotły manualne	kotły z ręcznym podawaniem paliwa
Str. 14, 2 g	niskiej emisji	tzw. emisji niskiej
Str. 14, pkt 3)	... posłużą do analizy.....wraz z w wynikami pomiarów emisji posłużą do oceny pracy kotła i wprowadzenia zmian w algorytmie regulacji
Str. 15, 1 g	Tezy pracy:	Tezy pracy przedstawione zostały poniżej:
Str. 15, pkt 2	Niezrozumiałe	Wyniki badań petrograficznych pozwolą na ocenę materiałów pod kątem możliwości ich zastosowania jako paliw oraz np. do opracowania założeń algorytmu sterowania
Str. 17, 3 gprocesy konwersji są poddawane wstępnemu suszeniu.....	np. biomasa w procesie przetwarzania do paliw poddawana jest suszeniu
Str. 17, 7 d	Szczegółowość charakterystyki	charakterystyka powinna być pełna, właściwa dla przewidywanej ścieżki zagospodarowania
Str. 17, tablica 1		nagłówek przeniesiony tablicy na kolejną stronę
Str. 20		klasyfikacja wg NRCAN 2015) powinna być raczej przedstawiona w formie numerowanej tablicy
Str. 22, 15 d	biopaliwa....	biopaliw <u>ach</u>
Str. 22, 11 d	w handlu biopaliw stałych...	w handlu biopaliwami stałymi...
Str. 22, 10 d	Konsument otrzymuje jasne informacje.... styl;	Np.: Konsument, nabywa paliwo oznakowane zgodnie z wymaganiami normy, z pełną charakterystyką paliwa....
Str. 22, 9 d	Wpuszczenie.... <i>Kolokwializm</i> ;	Wprowadzenie....
Str 22, 8 d	Producenci.... <i>Styl zdania</i>	Np.: Oznakowanie zgodne z normą (lub wymogi określone w normie) dostarcza informacji, które mogą być wykorzystywane przez producentów urządzeń grzewczych w procesie projektowania
Str. 23, 5 g	Brak kropki na końcu wypunktowania	
Str. 23, 1 g	w tabela	w tabeli
Str. 24, tablica 2, wrs. 2, kol. 3.	nie wymaga przygotowania, no preparation delimebd	nie wymaga przygotowania, no processing required, „delimbed” to okrzesany
Str. 25, tablica 2, wrs. 4 i 5, kol. 3.	compressing	pressing Compressing to sprężanie
Str. 25, tablica 2, wrs. 8, kol. 3.	for storage for cereal grain	storage of cereal grain
Str. 26, po tablicą, 1 g	Spośród wszystkich form	Spośród wszystkich form handlowych

	handlowych	biopaliw stałych
Str. 26, 7 d	średnice	średnice
Str. 27, 7 g	rynek pelletu rozwinął się w łańcuchu dostaw... <i>styl</i>	np.: łańcuchy dostaw na rynku biopaliw stałych uległy wydłużeniu, (zostały rozbudowane)
Str. 27, 10 g	wypuścić certyfikat... <i>kolokwializm</i>	Np.: opracować, opublikować schemat certyfikacji
Str. 27, 10 g	Celem wprowadzenia tego certyfikatu jest stworzenie jednolitego systemu certyfikacji... <i>Styl całego akapitu</i>	Stworzono system certyfikacji, w ramach którego przyznawany jest certyfikat. Celem jest zwiększeni dostępności (podaży) paliwa o gwarantowanej jakości
Str. 27, 10 g	podaży na paliwo	podaży paliwa
Str. 28, 3 g	Prawa do licencji na znak	Prawa do znaku lub licencja na stosowanie znaku
Str. 28, 14 g	Firma przestała spełniać wymagania jakościowe	produkty firmy przestały spełniać wymagania jakościowe
Str. 28, 18 g	wskutek niespełnienia wymagań jakościowych pelletu.... <i>Styl</i>	Ponieważ wytwarzany przez nie pellet nie spełnia wymagań....
Str. 28, 10 d	ID	numer identyfikacyjny (ID)
Str. 28, 5 d	znaczek certyfikacyjny	Znak certyfikacyjny a może numer identyfikacyjny, inny dla dostawców usług
Str. 28, 3 d	na Rysunek 5...	na rysunku 5
Str. 46, 6 g	jest energii elektrycznej i cieplnej	energii elektrycznej i ciepła
Str. 46, 10 gmożliwość stosowania wysokich temperatur	Zgazowanie to względnie niska temp. i prowadzi do uzyskania nośnika energii który jest dalej wykorzystywany do produkcji en. el. i ciepłą (z wysokimi temp.)
Str. 50, tab.6.	charakterystyka kotłów	charakterystyka instalacji spalania (bo są piece)
Str. 54, 15 g	energetyczności...	efektywności energetycznej, klasy energetycznej?
Str. 56, 3 g	ocieplany	ogrzewany
Str. 57, Wykres 17 tablica 7	brak pełnej charakterystyki budynków. Przedstawiona interpretacja dotyczy budynków 3 oraz 8 dla których brakuje charakterystyki.	
Str. 58, Wykres 18	2 razy EK w legendzie i błędnie podany wymiar w 2gim wierszu [kW/m3a]	[kW/m ² a]
Str. 57, 6 g	wysoki EP zawyża instalacja.... <i>Styl</i>	Wysoki Ep wynika z użytkowania instalacji na olej opałowy
Str. 77, 9 d	<i>Styl</i> , wymaga przeredagowania, ciężko porównywać skład do emisji	Porównanie emisji ze spalania paliw o zmiennych właściwościach
Str. 780, 2 g	<i>styl/gramatyka</i>	skuteczne osiągnięcie celu wymaga etapowania badań
Str. 80, 5 g	<i>styl/gramatyka</i>	
Rys. 25	Pomiar spalin, pomiar pyłu	Pomiar sadu spalin, pomiar stężenia pyłu
Str. 84, 1g	Podcięcie na początku akapitu po wypunktowaniu	
Str. 84, 3 g	W wyżej wymienionym	W przedsiębiorstwie ...

	przedsiębiorstwie ...	
Str. 89, 1g	tak przygotowane stanowisko.... <i>Styl</i>	Instalacja badawcza została wykorzystana do kolejnego.....
Str. 91, 5 d	pozwoiło na prawidłowe pobranie....	Pozwoiło na pobranie reprezentatywnych próbek
Str. 100, 6 d	metodologia	Metodyka
Str. 143, 5 g	próby chwilowe	wartości chwilowe
Str. 143 do 145	czy stężenia są przeliczone na 10%O ₂ proszę o wyjaśnienie	
Str. 153, 2gi akapit od dołu	<i>niepoprawny styl</i>	wymaga przeredagowania

Ponadto:

1. W źródłach internetowych powinny być podane daty wskazujące kiedy uzyskano dostęp do materiałów.
2. Liczne błędy wydruku – przesunięte, nałożone lub rozsunięte znaki
3. Zawartość tablic i rysunków powinna być przedstawiona przede wszystkim w j. polskim, ewentualnie dwujęzycznie, choć brak jest wymogu formalnego dla przedstawiania treści w j. angielskim.

Ocena merytoryczna rozprawy

Ambitnym, szczegółowym celem recenzowanej pracy, który doktorantka postawiła przed sobą, było opracowanie uniwersalnego algorytmu sterowania procesem spalania biopaliw stałych, formowanych o zróżnicowanej charakterystyce, realizowanym w kotle z automatycznym podawaniem paliwa. Osiągnięcie tego celu miało zdaniem autorki pozwolić m.in. na redukcję emisji CO₂ w procesie spalania tych paliw.

Dla realizacji tak postawionego celu Doktorantka zaplanowała i zrealizowała szereg działań i prac doświadczalnych, w tym:

1. zaprojektowanie i budowa stanowiska badawczego umożliwiającego doświadczalną walidację opracowanych rozwiązań,
2. opracowanie metodyki prac doświadczalnych i dobór odpowiednich narzędzi badawczych,
3. wytworzenie testowych partii paliwa o kontrolowanych parametrach, potwierdzonych badaniami laboratoryjnymi,
4. analizę algorytmów sterowania stosowanych w typowych regulatorach i opracowanie koncepcji zmian pozwalających na stosowanie pelletu zielnego,
5. wykonanie testów spalania badanych paliw w kotle nadzorowanym przez regulator realizujący opracowany algorytm regulacji,
6. ocenę uzyskanych wyników, wdrożenie niezbędnych zmian w algorytmie sterowania i doświadczalną walidację przyjętych założeń,
7. określenie optymalnych parametrów procesu i wyznaczenie punktów pracy urządzeń wykonawczych dla zmiennych obciążeń urządzenia i paliw o zróżnicowanej charakterystyce.

W swojej pracy, Doktorantka w poprawny sposób zdefiniowała problem badawczy i uzasadniła jego znaczenie w odniesieniu do otoczenia prawnego i gospodarczego. Argumentację oparła na obszernym przeglądzie literatury tematu oraz odnośnych regulacji prawnych, norm produktowych oraz norm testowania. Osiągnięcie założonego celu wymagało wykorzystania obszernej wiedzy o metodach oznaczania składu i czystości ciał stałych, technikach pomiaru stężenia i składu gazów, teorii i technice procesu spalania paliw stałych, automatyce i regulacji obiektów technicznych. Jest to wiedza charakterystyczna nie tylko dla dyscypliny nauk ścisłych i przyrodniczych, dyscypliny „Nauk o ziemi i środowisku”, ale również „Nauk inżynieryjno-technicznych” w tym „Inżynierii środowiska i energetyki” oraz „Automatyki, elektroniki i elektrotechniki”. Wskazana interdyscyplinarność stanowi istotny walor przeprowadzonych prac badawczych i recenzowanej pracy, jednocześnie wskazuje na trudność podjętej tematyki.

Metody i narzędzia badawcze, wybrane przez doktorantkę do realizacji badań, uznać należy za jednoznacznie poprawne. Sposób ich użycia, jakość uzyskanych wyników i ich interpretacja potwierdzają przygotowanie doktorantki do samodzielnego prowadzenia prac badawczych. Dwanaście nienumerowanych wniosków, przedstawionych w rozdziale 7 wskazuje na osiągnięcie założonych celów pracy, zarówno głównego jak i częściowych.

Za istotne elementy nowości i najbardziej wartościowe osiągnięcia zrealizowanych prac uznać należy:

1. Obszerną bazę danych pomiarowych, oznaczeń składu i czystości paliw formowanych pochodzenia nieдрzewnego. Wiedza ta może posłużyć do w pełni kontrolowanego wdrożenia nowych OZE, pochodzących z nisko cennych surowców.
W istotny sposób poszerza zasoby potencjalnie wartościowych źródeł ciepła i wdraża zasadę gospodarki obiegu zamkniętego.
2. Na uwagę zasługuje bardzo szeroki zakres wykonanych badań parametrów nie tylko paliw, ale również popiołów, w tym oznaczenie zawartości metali ciężkich oraz alkaliów, zarówno w paliwie jak i popiele dennym. Choć informacje te nie zostały wykorzystane bezpośrednio w pracy, nie było to konieczne, to jednak są bardzo wartościowe. Dane te wykorzystywane są powszechnie do określenia współczynników podziału zanieczyszczeń zawartych w paliwie na emisję do powietrza i pozostałość po spaleniu, które stosowane są w opracowaniu wskaźników emisji przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) czy European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP).
3. Prawdopodobnie bardzo obszerną bazę danych emisyjnych, które posłużyły do eksperymentalnej walidacji opracowanego algorytmu regulacji. Przypuszczenie swoje opieram na informacjach zawartych w pracy tj. masie paliwa pozyskanego i wytworzonego dla celów badawczych, ich wartości opałowej i mocy badanego urządzenia grzewczego.
4. Opracowanie uniwersalnego algorytmu sterowania, umożliwiającego efektywne zagospodarowanie odpadowych strumieni biomasy, o zróżnicowanej charakterystyce.
5. Skuteczną implementację opracowanego uniwersalnego algorytmu do prototypowego regulatora kotła, we współpracy z wiodącym, krajowym producentem elektroniki użytkowej, firmy TECH Sterowniki. Jakość opracowanych rozwiązań została potwierdzona wynikami pomiarów emisji zanieczyszczeń do powietrza.

Uwagi krytyczne

Obok niewątpliwych zalet i wysokiej oceny wartości wskazanych elementów recenzowanej pracy jej lektura doprowadziła mnie również do sformułowania uwag o charakterze polemicznym i miejscami, krytycznym. Przedstawione niżej uwagi wymagają wyjaśnień Doktorantki a wybrane z nich powodują konieczność wprowadzenia przez Doktorantkę korekt i uzupełnień w rozprawie.

1. Główny wniosek pracy, przedstawiony w 11 wypunktowaniu, wskazujący na osiągnięcie celu pracy tj. ograniczenia emisji zanieczyszczeń wskutek zastosowania opracowanego algorytmu regulacji, ma charakter deklaracyjny. Utajniając wyniki pomiarów emisji i efektywności energetycznej badanego urządzenia (zgodnie z zastrzeżeniem str. 153 wiersz 3 od dołu), Doktorantka uniemożliwia jednoznaczne potwierdzenie osiągniętej redukcji emisji pyłu ze 150 do 40 mg/m³. Biorąc pod uwagę informacje zawarte w pracy tj. masę paliwa pozyskanego i wytworzonego dla celów badawczych, można stwierdzić, że cel badań tj. opracowanie uniwersalnego układu regulacji, osiągnięty został na podstawie bardzo obszernej bazy danych eksperymentalnych. Z pewnością baza danych pomiarowych zawiera wyniki uzyskane przy regulacji kotła typowym algorytmem jak i opracowanym uniwersalnym rozwiązaniem. Dane te uznano za wrażliwe, przez co nie zostały ujawnione w pracy. Doktorantka zamieściła w pracy jedynie przykładowe przebiegi zmienności w czasie parametrów emisyjnych. Doktorantka nie uprawdopodobniła więc w swojej pracy osiągnięcia założonego celu. Brak jest możliwości przeprowadzenia analizy porównawczej urządzenia regulowanego wg typowego algorytmu i urządzenia kotła zarządzanego przez regulator realizujący opracowany w pracy algorytm. Uważam, że zbyt pochopnie dane uznano za wrażliwe. Ich ewentualne uzupełnienie jednoznacznie potwierdziłoby osiągnięcie celu i wysoką wartość pracy.
2. Brak jest również ogólnego omówienia modelu opisującego badany obiekt, kocioł na paliwa stałe. W szczególności brak jest opisu bilansu masy i energii oraz dyskusji stechiometrii i kinetyki spalania, których poprawny opis stanowi podstawę modelu procesowego i dalej algorytmu sterownia, który w jest implementowany w postaci kodu maszynowego (oprogramowania) do regulatora zarządzającego pracą kotła. Informacje takie w jednoznaczny sposób wskazywałyby na pełne wykorzystanie wyników badań składu paliwa i oznaczeń petrograficznych.
3. W pracy nie przedstawiono parametrów energetycznych badanego urządzenia, które raczej zostały wyznaczone w prowadzonych badaniach. Sprawność, w tym sprawność sezonowa są regulowane wymaganiami Ekoprojektu. Sprawność, obok emisji pyłu, została również wskazana jako podstawa opracowanego algorytmu regulacji. Brak jest danych o temperaturze spalin w trakcie pomiarów emisji, które pomogłyby prawdopodobnie w interpretacji odchyień emisji zanieczyszczeń obserwowanych podczas np. spalania pelletu z łydy tytoniu.
4. Pewnym mankamentem jest również brak informacji literaturowych w zakresie teorii i techniki kontroli procesu spalania paliw stałych w kotłach. Brak przeglądu typowych algorytmów regulacji, powszechnie stosowanych w kotłach obecnych na rynku i w obrocie handlowym. Zamieszczenie takich informacji pozwoliłoby na porównanie opracowanego algorytmu

(schematów blokowych zamieszczonych w pracy) to rozwiązań typowych. Dzięki temu można by precyzyjnie ocenić elementy nowości.

5. Ponadto opracowanie uniwersalnego algorytmu sterowania, umożliwiającego niskoemisyjne spalanie strumieni biomasy, o zróżnicowanej charakterystyce, w tym samym kotle, wymaga:
 - a. określenia zestawu kluczowych zmiennych niezależnych, parametrów urządzeń wykonawczych zabudowanych w badanym urządzeniu, realizujących algorytm sterowania i wpływających na proces spalania
 - b. określenia zestawu zmiennych zależnych; wielkości mierzonych pozwalających na kontrolę poprawności procesu spalania w badanym urządzeniu, również w odniesieniu do wymagań określonych w normach produktowych i normach testowania.
 - c. ustalenia relacji pomiędzy zmiennymi,
 - d. określenia punktów pracy urządzeń wykonawczych zarządzanych przez regulator, przy zmiennym obciążeniu urządzenia grzewczego i zmiennej charakterystyce biopaliwa.

Uważam, że tego typu informacje są niezbędne dla potwierdzenia poprawności metodyki prac prowadzonych przez Doktorantkę. W opisach zawartych w pracy znajduje się zdawkowy opis, zestawienie urządzeń wykonawczych oraz pomiarowych. Na podstawie schematów blokowych czytający może się domyślać, że analiza w zakresie jak wyżej została przez Doktorantkę przeprowadzona. Brak jest jednak odpowiedniej prezentacji tych elementów prac badawczych. Niejako w zamian, Doktorantka zbyt obszernie potraktowała inne zagadnienia, jak rynek biopaliw, schematy certyfikacji czy historię urządzeń grzewczych itp., które są znacznie mniej ważne z punktu widzenia przyjętego celu pracy.

6. Zamieszczony schemat blokowy opisujący opracowany algorytm sterowania wydaje się być rozwiązaniem typowym. Elementów nowości upatruję więc w nastawach regulatora, punktach pracy urządzeń wykonawczych, które zostały ustalone na podstawie wyników badań, przy zmiennych obciążeniach kotła i dla różnych paliw. W związku z tym definicja celu pracy tj. opracowanie algorytmu powinna brzmieć inaczej. Cel mógłby przyjąć brzmienie: określenie punktów pracy palnika i wentylatora dla zróżnicowanych obciążeń pracy kotła zasilanego biopaliwami stałymi o zróżnicowanej charakterystyce (właściwościach).
7. Brak dyskusji wyników uzyskanych dla spalania pelletu z łądyg tytoniu. Porównując do pozostałych pelletów zielnych paliwo to miało nieco niższą wartość opałową (różnica względna <10%) natomiast jego spalanie prowadziło do istotnie wyższych emisji zanieczyszczeń. Może to wskazywać na istotne różnice w składzie i budowie paliwa, których nie można oznaczyć badaniem składu elementarnego. Możliwe, że udział części lotnych w tym paliwie, który nie był oznaczany, jest zasadniczo różny od pozostałych paliw. Sposób związania węgla w strukturze badanych paliw, który z pewnością wpływa na proces spalania, w tym jego kinetykę, mógłby być ujawniony odpowiednim badaniem, np. TGA.

Uzupełnienie rozprawy

W trakcie postępowania, po podpisaniu umowy o zachowaniu poufności do oceny przedłożono suplement w całości poświęcony odpowiedzi na uwagi krytyczne 1 oraz 2. Dokument przesłany 7 grudnia 2022 r., zawiera obszerną bazę danych eksperymentalnych wraz z omówieniem wyników oraz założenia modelu procesowego. Oba elementy zostały wykorzystane do określenia punktów pracy urządzeń wykonawczych zarządzanych regulatorem realizującym opracowany algorytm regulacji. Przedłożone uzupełnienie rozprawy umożliwia analizę porównawczą parametrów energetyczno-emisyjnych urządzenia regulowanego wg typowego algorytmu i kotła zarządzanego przez regulator realizujący opracowany w pracy oryginalny algorytm. Informacje zawarte w suplemencie w pełni wyjaśniają wątpliwości zawarte w uwagach 1 oraz 2 i jednoznacznie potwierdzają osiągnięcie celu pracy.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Oceniając pracę doktorską Pani mgr inż. Marty Jach-Nocoń pt. „Projekt innowacyjnego oprogramowania monitorującego pracę kotła na paliwa stałe zgodnie z zachowaniem norm zawartych w Krajowym Programie Ochrony Powietrza”, stwierdzam, że jej zawartość dowodzi posiadanej przez Autorkę wiedzy w przedmiotowej tematyce oraz umiejętności poprawnego, samodzielnego planowania i prowadzenia doświadczeń a także poprawnej interpretacji wyników. Praca zajmuje się ważnym problemem o charakterze praktycznym i naukowym, zawiera elementy nowości, a jej zakres badawczy jest wystarczająco obszerny a wyniki oryginalne.

Przedstawione, krytyczne uwagi 3 do 7 mają charakter polemiczny i proszę, aby Autorka pracy się do nich odniosła w odpowiedzi na recenzję. Uwagi krytyczne 1 i 2, wskazujące na istotne braki w recenzowanej pracy, uznaję za wyjaśnione w związku z przedłożonym suplementem do pracy.

W związku z powyższym uważam, iż przedłożona mi do recenzji rozprawa spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w szczególności art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U.2022.0.574.

Podsumowując, stawiam wniosek o przyjęcie przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr Marty Jach-Nocoń do publicznej obrony.

