



Kielce, 1.03.2022

Prof. dr hab. inż. Magdalena Piasecka
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
tel.: (41) 3424320
email: tmpmj@tu.kielce.pl

OPINIA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Bartosza Ciupka
pt. *Analiza możliwości poprawy procesu spalania paliw stałych w kotłach małej mocy
przy wykorzystaniu pary wodnej*

Promotor: dr hab. inż. Rafał Urbaniak

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Damian Joachimiak

1. PODSTAWA OPRACOWANIA OPINII

Podstawę opracowania niniejszej opinii stanowi pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP, z dnia 20.12.2021 r., (sygnatura nr DIM.075.259.2021) wystosowane zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia 2.11.2021 r. Do pisma dołączono egzemplarz pracy doktorskiej mgra inż. Bartosza Ciupka pt. *Analiza możliwości poprawy procesu spalania paliw stałych w kotłach małej mocy przy wykorzystaniu pary wodnej* oraz umowę o dzieło nr 0600/2021/33.

2. CHARAKTERYSTYKA PRACY DOKTORSKIEJ

2.1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawioną do opinii pracę w wydaniu pisemnym stanowi autoreferat, wynikający w warunków stawianych rozprawom doktorskim, o których mowa w art. 13 ust. 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. Nr 65 poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami m.in. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 – art. 13, Dz. U. z 2018 r. poz. 1789 - Art. 187). Praca mgra inż. Bartosza Ciupka w formie autoreferatu zatytułowana jako *Analiza możliwości poprawy procesu spalania paliw stałych w kotłach małej mocy przy wykorzystaniu pary wodnej* liczy 191 stron tekstu oraz 39 stron kopii dokumentów załącznika, całość w formacie A4 druku dwustronnego.

Głównym przedmiotem zainteresowania rozprawy mgra inż. Bartosza Ciupka jest usprawnienie procesu spalania paliw stałych w kotłach małej mocy. Rozprawa obejmuje:

I. Część podstawową:

1) w języku polskim (54 strony):

- stronę tytułową (1 strona),
- spis treści (1 strona),

- dane osobowe (1 strona),
- posiadane dyplomy, tytuły zawodowe, odbyte szkolenia (1 strona),
- informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych (1 strona),
- wskazanie osiągnięć naukowych wchodzących w skład dysertacji (5 stron),
- uzasadnienie podjętej tematyki oraz wprowadzenie (4 strony),
- określenie problemu badawczego, tezy oraz zadań badawczych (1 strona),
- metody badawcze wykorzystane do realizacji pracy doktorskiej (13 stron),
- wyniki badań wykorzystane do realizacji pracy doktorskiej (14 stron),
- wnioski końcowe (2 strony),
- syntetyczne ujęcie wkładu w rozwój dyscypliny naukowej: budowa i eksploatacja maszyn – inżynieria mechaniczna (1 strona),
- omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (7 stron),
- zbiorcze zestawienie osiągnięć naukowych (2 strony).

2) w języku angielskim (19 stron):

- stronę tytułową (1 strona),
- spis treści (1 strona),
- dane dotyczące dysertacji (4 strony),
- uzasadnienie podjętej tematyki oraz wprowadzenie (1 strona),
- określenie problemu badawczego, tezy oraz zadań badawczych (1 strona),
- wyniki badań wykorzystane do realizacji pracy doktorskiej (6 stron),
- wnioski końcowe (2 strony),
- syntetyczne ujęcie wkładu w rozwój dyscypliny naukowej: budowa i eksploatacja maszyn – inżynieria mechaniczna (1 strona),
- omówienie osiągnięć naukowo-badawczych (2 strony).

Pracę uzupełniają następujące załączniki (153 strony):

- nr 1: kopia dyplomu uzyskania tytułu zawodowego magistra inżyniera (1 strona),
- nr 2: kopie publikacji wraz z oświadczeniami autorów stanowiące osiągnięcie naukowe (12 publikacji, 105 stron),
- nr 3: spis głównej literatury wykorzystanej podczas przygotowania rozprawy doktorskiej (okładka, 6 stron),
- nr 4: spis publikacji naukowych niewchodzących w skład rozprawy doktorskiej (okładka, 2 strony),
- nr 5: kopie certyfikatów i zaświadczeń odbycia szkoleń, potwierdzeń złożonych zgłoszeń patentowych do UP RP, kart tematów badawczych oraz zaświadczeń dot. realizacji prac B+R oraz dokumentów potwierdzających otrzymane nagrody (okładka, 39 stron).

Na rozprawę doktorską składa się 12 publikacji przedstawionych w załączniku nr 2, w tym:

- 7 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych wykazywanych przez *Journal Citation Report*, indeksowanych przez bazę *Web of Science*, o sumarycznym wskaźniku *Impact Factor* IF = 15,05;
- 1 publikacja w recenzowanych materiałach konferencyjnych, filtrowanych przez bazę *Web of Science*;

- 4 artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych, wykazanych w rozporządzeniach MNiSW, lista ministerialna B.

W załączniku 2 wyszczególniono zadania zrealizowane przez każdego z autorów publikacji oraz podano wkład procentowy autorów w powstanie każdej z prac, przy czym w dołączonej tabeli każdy ze współautorów własnoręcznie potwierdził te informacje.

Wśród artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe siedem posiada wskaźnik *Impact Factor*, a trzy z nich - wysoką punktację z zakresu 140 lub 200 pkt, wykazywaną w rozporządzeniach MNiSW (lista ministerialna A po roku 2018).

Poniżej wymieniono artykuły indeksowane w bazie Web of Science:

1. Wojciech Judt, Bartosz Ciupek, Rafał Urbaniak: Numerical study of a heat transfer process in a low power heating boiler equipped with afterburning chamber, **Energy**, 2020, vol. 196; 200 pkt, IF = 7,147
2. Bartosz Ciupek, Wojciech Judt, Karol Gołoś, Rafał Urbaniak: Analysis of Low-Power Boilers Work on Real Heat Loads: A Case of Poland, **Energies**, 2021, vol. 14, no. 11, pp. 3101-1-3101-13; 140 pkt, IF = 3,004
3. Bartosz Ciupek Karol Gołoś, Radosław Jankowski, Zbigniew Nadolny: Effect of Hard Coal Combustion in Water Steam Environment on Chemical Composition of Exhaust Gases, **Energies**, 2021, vol. 14, no. 20, pp. 6530-1-6530-24; 140 pkt, IF = 3,004
4. Bartosz Ciupek, Edyta Janeba-Bartoszewicz, Rafał Urbaniak: Wpływ rozdrobnienia i zwiększonej wilgotności paliw węglowych na skład chemiczny spalin, **Przemysł Chemiczny**, 2019, t. 98, nr 8, s. 1283-1285; Artykuł naukowy 40,0 0,485
5. Bartosz Ciupek: Wpływ pary wodnej dostarczanej do procesu spalania węgla kamiennego na skład chemiczny spalin, **Przemysł Chemiczny**, 2019, t. 98, nr 11, s. 1768-1772; 40 pkt, IF = 0,485
6. Karol Gołoś, Bartosz Ciupek, Wojciech Judt, Rafał Urbaniak: Wpływ wymiany kotłów grzewczych opalanych paliwem stałym na jakość powietrza w Polsce w latach 2000–2020, **Przemysł Chemiczny**, 2021, vol. 100, nr 5, s. 486-489; 40 pkt, IF = 0,485
7. Bartosz Ciupek: Badanie procesu spalania węgla kamiennego w kotłach grzewczych wyposażonych w parową komorę dopalania, **Przemysł Chemiczny**, 2020, t. 99, nr 8, s. 1163-1168, 40 pkt, IF = 0,485.

Pozostałe punktowane artykuły (lista ministerialna B) stanowiące osiągnięcie naukowe:

- Bartosz Ciupek, Rafał Urbaniak, Jarosław Bartoszewicz: Emisja tlenu węgla i tlenków azotu z kotła małej mocy w zależności od zastosowanego paliwa węglowego, **Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja**, 2018, T. 49, nr 3, s. 90-94 (10 pkt)
- Bartosz Ciupek: Możliwość obniżenia emisji substancji szkodliwych z kotła małej mocy przez współspalanie węgla kamiennego z biomasą nieдрzewną, **Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja**, 2018, T. 49, nr 7, s. 257-260 (10 pkt)
- Bartosz Ciupek: Wpływ zawirowania strugi spalin na obniżenie emisji pyłów oraz podniesienie sprawności cieplnej kotła peletowego, **Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja**, 2018, T. 49, nr 8, s. 333-338 (10 pkt)
- Bartosz Ciupek, Rafał Urbaniak: Optimization of the Retort Burner Construction to Reduce Emission of Harmful Substances, **Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja**, 2018, T. 49, nr 12, s. 519-524 (10 pkt)

- Bartosz Ciupek, Jarosław Bartoszewicz: The influence of geometry of primary air channels in standard retort burners on dust emission, **MATEC Web of Conferences**, 2019, vol. 254, pp. 04009-1-04009-11 (5 pkt).

2.2. Cele, teza i główne zadania pracy doktorskiej

Jako główny problem badawczy Doktorant wskazał zbadanie wpływu doprowadzonej pary wodnej do procesu spalania kotła grzewczego zasilanego paliwem stałym na poziom emitowanych substancji szkodliwych. Sformułowana została następująca teza dysertacji:

Doprowadzenie pary wodnej do procesu spalania zachodzącego w kotle grzewczym na paliwo stałe może doprowadzić do jego zmiany, a przez to do redukcji powstających w trakcie spalania substancji szkodliwych, szczególnie pyłów.

Postawioną tezę Doktorant potwierdza poprzez prezentację wyników przeprowadzonych badań eksperymentalnych, wykonanych na ich podstawie obliczeń oraz dokonane analizy, głównie o charakterze porównawczym.

W rozprawie wskazano pięć głównych zadań badawczych. Cel pierwszy określono jako opracowanie metody badawczej oraz metody wytwarzania i dostarczania pary wodnej do komory spalania i dopalania kotła grzewczego na paliwa stałe. Przygotowanie stanowiska i układu badawczego stanowiło cel zadania drugiego. Jako cel zadania trzeciego podano zbadanie wpływu doprowadzenia pary wodnej do komory spalania i dopalania kotłów grzewczych na jakość procesu spalania. Zadanie kolejne obejmowało określenie parametrów granicznych, dla których wskazane jest zastosowanie układu doprowadzania pary wodnej do procesu spalania paliwa stałego w kotle grzewczym. Efekty wyników pracy doświadczalnej i analizy otrzymanych wyników zostało ujęte w ostatnim zadaniu (piątym), dla którego cel wskazano jako opracowanie algorytmu postępowania dla układu: kocioł grzewczy na paliwo stałe z doprowadzeniem pary wodnej do procesu spalania. W części końcowej dysertacji, oprócz podsumowania, nakreślone zostały kierunki dalszych prac badawczych. Realizację celów przedstawiono w cyklu publikacji, których autorem lub współautorem jest Doktorant. Cykl dotyczy badań procesu spalania paliw stałych w kotłach o małej mocy oraz działań w kierunku poprawy ekologicznych i energetycznych parametrów urządzeń grzewczych. Większość publikacji w ramach cyklu to prace współautorskie. Analiza wykazanego wkładu procentowego poszczególnych autorów w powstanie prac pozwala stwierdzić, że mgr inż. Bartosz Ciupek był odpowiedzialny za realizację zadań, których tematyka jest zbieżna z tematyką złożonej rozprawy doktorskiej.

3. ANALIZA ROZPRAWY

3.1. Ważność tematu rozprawy

Wybór tematu rozprawy był podyktowany istotnym i bardzo aktualnym zagadnieniem, będącym przedmiotem szczególnego zainteresowania naukowców: poszukiwaniu rozwiązań, które przeciwdziałają zanieczyszczeniu środowiska. Tematyka ta wpisuje się aktualne priorytety polityki energetycznej i staje się niezwykle pilna do rozwiązania zarówno z punktu widzenia gospodarstw domowych, jak i obiektów przemysłowych. W krajach, w których występuje sezon grzewczy głównym źródłem zanieczyszczeń jest tzw. niska emisja, pochodząca z procesu spalania, przede wszystkim paliw stałych używanych w piecach na ogrzewanie budynków gospodarstw domowych. Na stan środowiska lokalnego, a przede wszystkim smog odpowiadają w głównej mierze

indywidualni producenci ciepła oraz małe kotłownie osiedlowe czy przemysłowe. Ocenia się, iż oprócz emisji ze środków komunikacyjnych, to emisja z kotłowni lokalnych i palenisk indywidualnych stanowi podstawowe źródło zanieczyszczenia powietrza - obecnie problem wysokiej wagi. Ten temat wymaga natychmiastowych rozwiązań, ponieważ pyły zawieszone oraz inne produkty niskiej emisji bezpośrednio wpływają na zdrowie ludzkie, przyczyniając się do wzrostu zachorowań. Wykazano, iż zwiększają one śmiertelność ludzi, a także zmniejszają żywotność całych ekosystemów.

Zgodnie ze stanem aktualnej wiedzy wiadomo, że emitowane podczas zanieczyszczenia wpływa na zdrowie i życie ludzi, jakość warunków życia, a nawet perspektywy przyszłości naszej planety. Niska emisja jest przyczyną pojawienia się w powietrzu wielu szkodliwych substancji, wśród których najważniejsze to: pyły zawieszone, tlenki azotu, metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Mając na względzie powyższe, można stwierdzić, iż tematyka opiniowanej rozprawy doktorskiej, której jako główne cele wskazano badania, analizę i optymalizację procesu spalania przebiegającego w niskotemperaturowych kotłach o małej mocy na paliwo stałe, jest aktualna i ważna. Efekt badań, wykonanej analizy wyników oraz zaproponowanej koncepcji poprawy procesu spalania w piecach na paliwo stałe, wpisuje się w działania proekologiczne mające na celu poszukiwanie metod zmniejszania obniżenia stężeń emitowanych pyłów oraz tlenków azotu, które znacząco zwiększają zanieczyszczenie środowiska.

3.2. Analiza rozprawy

W rozprawie mgr inż. Bartosza Ciupka rozwiązano problem badawczy poprawy procesu spalania w piecach na paliwo stałe poprzez dodanie pary wodnej do procesu spalania. Doktorant skoncentrował się na analizie wyników uzyskanych z badań przeprowadzonych na układzie z testowanych kotłach grzewczych na paliwo stałe, wyposażonych w dodatkowy układ doprowadzania pary wodnej do komory spalania (i dopalania) pieca. W ramach pracy analizowano wpływ doprowadzenia określonej ilości pary wodnej do procesu spalania węgla kamiennego na jakość procesu spalania w kotłach i zmianę parametrów emisyjnych kotła. Mimo, iż publikacje włączone w skład rozprawy zawierają badania dotyczące różnych kotłów na paliwa stałe, a także różnych rodzajów paliwa stałego, w autoreferacie wskazano dwa kotły małej mocy wyposażone w palniki retortowe:

- Q EKO 15 firmy Heiztechnik - kocioł z automatycznym podawaniem paliwa wyposażony w pojedynczą komorę spalania, dostępny w sprzedaży, moc grzewcza z zakresu 11-15 kW; zgodnie z danymi producentami kotła urządzenie spełnia kryteria normy PN-EN 303-5:2012 dotyczącej emisji gazów powstających w procesie spalania paliw stałych w szczególności tlenku węgla, substancji smolistych oraz pyłów, a sprawność tego kotła wynosi minimum 88%;
- KN-20 - kocioł o mocy znamionowej 20 kW wyposażony oprócz komory spalania, również w komorę dopalania; jako producent tego urządzenia grzewczego wskazano firmę Elektrorecykling.

Oba kotły zostały wskazane jako modelowe nowoczesne urządzenia grzewcze, w konstrukcji których wykorzystano rurowe wymienniki ciepła o wysokiej sprawności. Kotły zostały wyposażone w podajnik paliwa ze zintegrowanym paleniskiem.

W przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych kotły pracowały z mocą nominalną 100% oraz minimalną, ustaloną jako 30%. W seriach pomiarowych do komory spalania (i dopalania - dla KN-20) doprowadzano parę wodną, przy zadanych masowych

natężeniach przepływu pary wodnej - 0,7 kg/h oraz 3,6 kg/h. Dla porównania wykonano eksperymenty w warunków bazowych pracy kotłów, bez doprowadzania pary wodnej.

W ramach prac zaproponowano układ umożliwiający wytworzenie i regulowane dozowanie pary wodnej, zawierający m. in. urządzenie odparowujące wodę, naczynie ciśnieniowe, odpowiedni osprzęt i aparaturę kontrolno-pomiarową dot. strony wodnej i parowej (czujniki temperatury i ciśnienia po stronie wodnej i parowej, moc grzałki itp.) oraz układ sterowania. Wyposażenia stanowiska badawczego umożliwiło wykonanie pomiarów temperatury spalin i ich podstawowego składu chemicznego, w tym zawartość tlenu, tlenku węgla, tlenku azotu i udziału masowego pyłów PM, przy wykorzystaniu analizatorów spalin. W badaniach jako paliwo stałe zastosowano węgiel (groszek), którego analizę techniczną przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami. Najważniejszymi parametrami spalin, na których się skupiono były stężenia masowe CO, NO_x oraz PM, których ilości wyznaczono zgodnie z obowiązującą normą. Podczas serii pomiarowych dokonywano punktowy pomiar temperatury w komorze spalania kotła, rejestrowano natężenie przepływu wody oraz kontrolowano ilość spalanego paliwa. Projekt układu wytworzenia pary wodnej i niezbędne obliczenia projektowe zostały przedstawione w autoreferacie. W dokumencie tym pokazano sposób przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych instalacji oraz obliczeń wytrzymałościowych poszczególnych elementów układu eksperymentalnego. Wskazano parametry eksploatacyjne zaprojektowanego urządzenia służącego jako wytwornica pary wodnej (zakres 0,7 - 3,6 kg/h), przy założonej mocy grzałki elektrycznej. Obliczenia te mają typowy charakter inżynierski. Na podstawie zgromadzonych wyników wyznaczano sprawność procesu spalania dla zadanych konfiguracji pracy badanego kotła, a następnie przeprowadzono analizę wyników. Na podstawie zgromadzonych danych, po dokonaniu analizy porównawczej stwierdzono, że dostarczenie pary wodnej w trakcie procesu spalania węgla kamiennego do komory spalania, jak i dopalającej, skutkowało zmniejszeniem ilości emitowanych pyłów (PM) oraz tlenków azotu (NO_x) – w zakresie od kilku do kilkunastu procent. Jednocześnie zaobserwowano, że zmianom tym towarzyszyło zwiększenie ilości tlenku węgla. Realizacja kolejnego zaplanowanego zadania wskazanego przez Doktoranta dotyczyła określenia parametrów granicznych, dla których wskazane jest zastosowanie układu doprowadzania pary wodnej do procesu spalania paliwa stałego w kotle grzewczym. W dysertacji zaproponowano procedurę optymalizacji pracy kotłów na paliwo stałe w formie ogólnego algorytmu postępowania dla układu: kocioł grzewczy na paliwo stałe z doprowadzeniem pary wodnej do procesu spalania, przy czym jako priorytet wskazano zmniejszenie emitowanych zanieczyszczeń.

4. OCENA ROZPRAWY

Mgr inż. Bartosz Ciupek w rozprawie doktorskiej podjął ważny problem naukowy. Jako cel główny pracy wskazano określenie wpływu doprowadzenia pary wodnej na jakość procesu spalania zachodząca w kotłach niskotemperaturowych zasilanych paliwami stałymi, pod kątem zmniejszenia ilości niepożądanych substancji szkodliwych. Dla realizacji wskazanego celu, Doktorant zrealizował badania eksperymentalne, przeprowadził analizę otrzymanych wyników, a następnie opracował algorytm w kierunku optymalizacji proponowanego rozwiązania inżynierskiego. Praca ma charakter eksperymentalny, opracowane wyniki po dokonaniu ich analizy pozwalają na sformułowanie uogólnionych wniosków i wskazanie wytycznych do wdrożenia przetestowanej metody. Efekty takich działań wpisują się przeciwdziałania zanieczyszczeniu środowiska.

Przedstawiony autoreferat skrótowo przedstawia analizowane przez Doktoranta zagadnienia zgodnie z założonymi celami. Zagadnienia i zgromadzone wyniki omawiane są w pracach publikacyjnych wliczonych w poczet dysertacji. Kolejne publikacje pozwalają zauważyć rozwój naukowy mgr. inż. Bartosza Ciupka oraz wskazują na jego umiejętność pracy w zespole. Analizując jakość naukową wliczonych do dysertacji podkreślę, że cztery z referatów, w tym dwie posiadające IF, są samodzielnymi publikacjami Doktoranta. Dodam, iż wszystkie publikacje zaliczone w poczet dysertacji były recenzowane. Kilka z publikacji współautorskich zostało opublikowanych w czasopiśmie naukowych o wysokim wskaźniku IF. Można zatem stwierdzić, iż dysertacja doktorska została przygotowana na odpowiednim poziomie naukowym, z wykorzystaniem aktualnych metod i technik badawczych, dostępnych w literaturze światowej.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW siedmiu wymienionych w poprzednim punkcie publikacji, które zostały zaliczone przez Doktoranta w zakres dysertacji, wynosi 685, a z uwzględnieniem procentowego udziału Doktoranta - 402,5 pkt. Dodam, iż mgr inż. Bartosz Ciupek jest współautorem trzech i autorem jednego wniosku patentowego złożonego do Urzędu Patentowego RP. Większość wniosków patentowych jest związana z tematyką dysertacji Doktoranta.

W podsumowaniu podkreślę, że poruszane w pracach zagadnienia są bardzo aktualne, związane z promowanymi w Europie zagadnieniami ochrony środowiska, co pozwala stwierdzić, że tematyka podjęta przez mgra inż. Bartosza Ciupka przy wsparciu promotora pracy dra hab. inż. Rafała Urbaniaka, prof. PP, jest aktualna naukowo i poznawczo oraz wnosi wartościowy wkład do badań z zakresu procesu spalania w kotłach na paliwo stałe. Warte podkreślenia jest, iż otrzymane wyniki i spostrzeżenia Doktoranta mogą zostać wdrożone w rozwiązaniach technologicznych, zatem aspekt praktyczny zrealizowanej pracy należy ocenić wysoko.

5. UWAGI, SUGESTIE I SPOSTRZEŻENIA DOT. ROZPRAWY

Jak wspomniano, w publikacjach przedstawiano szerzej podjętą tematykę, a złożony autoreferat stanowi skrótowy przewodnik wskazujący na ważniejsze dokonania, analizy i wnioski z badań Autora. W tymże autoreferacie występują nieliczne błędy edycyjne, pewne nieścisłości językowe, usterki stylistyczne oraz nieprawidłowości w stosowaniu znaków interpunkcyjnych oraz błędy odniesień do literatury. Nie uważam za konieczne ich przytaczanie w niniejszej opinii.

Uwagi, sugestie i spostrzeżenia dot. stosowanej metodyki badań czy rozwiązań technologicznych przedstawiono poniżej:

- Proszę o przedstawienie analizy niepewności pomiarowych głównych parametrów eksperymentalnych oraz oszacowanie niepewności parametrów obliczanych, kluczowych w przeprowadzanych analizach;

(W autoreferacie brak jest przeprowadzenia analizy błędów, a w przedstawionych referatach załączonych do przewodnika, można odnaleźć jedynie jej pewne elementy)

- W jaki sposób zapewniano zbliżone warunki początkowe przeprowadzonych eksperymentów, aby przeprowadzać analizę porównawczą na podstawie zgromadzonych danych, w tym analizować efekty procesu spalania paliwa stałego w kotłach z doprowadzeniem określonej ilości pary wodnej do komory spalania

i/lub dopalania? (jakość, skład chemiczny i ilość paliwa, parametry pracy kotła, praca wspomagających układów instalacji, warunki panujące w komorach itp.);

- W jaki sposób dokonano wyboru miejsc (pomiar punktowy), w których rejestrowano pomiar temperatury spalin? Czy dodatkowo przeprowadzono cechowanie pomiaru i układu akwizycji temperatury?
- W sposób niepełny podana jest metoda wyznaczania sprawności pracy kotła, a jest to kluczowe zagadnienie dla założonych badań z doprowadzaniem pary wodnej, proszę o doprecyzowanie;
- Przy założeniu, iż pewnych strefach paleniska występują równocześnie zjawiska zgazowania węgla, a dodatkowo doprowadzenie pary wodnej powoduje zwiększenie ilości nie tylko dwutlenku węgla, ale i tlenku węgla (nadmiarowego) warto byłoby komorę spalania analizować miejscowo (strefowo), a także sprawdzić czy miejsce doprowadzania pary wodnej wpływa zasadniczo na analizowane procesy;
- Czy Doktorant rozważa znaczne i uporządkowane przeprowadzenie badań wpływu doprowadzenia pary wodnej do komory spalania lub/i dopalania kotłów grzewczych na paliwa stałego na jakość procesu spalania, szczególnie w zakresie natężenie strumienia masowego doprowadzanej pary wodnej, przy założeniu różnych paliw stałych (nie tylko paliwa węglowe);
- Proces spalania paliw stałych warto rozszerzyć na ale drewno, pelety drzewne czy brykiety z trocin czy słomy, powszechnie używane jako paliwo stałe w piecach gospodarstw na dużym obszarze Polski;
- Pod kątem ochrony środowiska należałoby analizować ilościowo i jakościowo inne związki chemiczne powstające w procesie spalania paliwa stałego, zwłaszcza byłyby pożądane badania pod kątem występowania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, w tym benzo[a]pirenu, uważanego za główny ludzki kancerogen.

Przedstawione uwagi nie wpływają na całościową pozytywną ocenę pracy.

Nie będę przedstawiać uwag do artykułów już opublikowanych, które zostały poddane już procesowi recenzji. Wiele kwestii zapewne zostało wyjaśnionych w tym procesie, a najważniejsze – prace te zostały opublikowane w uznawanych czasopismach naukowych, ważnych dla dyscypliny naukowej.

6. PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO DOKTORANTA

Sumaryczny wskaźnik IF (Impact Factor) w czasopismach wyróżnionych w Journal Citation Reports®, indeksowanych przez Thomson Reuters Web of Knowledge wszystkich publikacji autorstwa Doktoranta wynosi $IF = 18,521$; a sumaryczna liczba punktów zgodnie z odpowiednimi listami ministerialnymi 1043 pkt (proporcjonalnie do wkładu procentowego w autorstwo prac: 585,5 pkt). Wskaźnik Hirscha (H-index) prac Doktoranta wynosi 4, a liczba cytowań 29 według platformy *Web of Science*, a zgodnie z bazą *Scopus* H-index = 3, a liczba cytowań 14. Mgr inż. Bartosz Ciupek brał udział w realizacji kilkunastu prac zewnętrznych B+R zleconych od jednostek gospodarczych. W roku 2021 otrzymał Nagrodę Dydaktyczną Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2021.

Podsumuję również część działalności publikacyjnej Doktoranta, która nie zaliczona została w poczet dysertacji. Mgr inż. Bartosz Ciupek jest współautorem dwóch dodatkowych artykułów o sumarycznym wskaźniku IF = 3,468, indeksowanych w czasopiśmie z listy JCR oraz trzech artykułów w czasopiśmie konferencyjnym indeksowanych w bazach WoS oraz Scopus, a także ośmiu kolejnych prac punktowanych zgodnie z listą ministerialną. Łączna liczba punktów publikacji nie włączonych w skład pracy doktorskiej wynosi 357 pkt, a biorąc pod uwagę udział procentowy Doktoranta w powstaniu tych prac: 182,5 pkt.

7. WNIOSEK KOŃCOWY

Kompendium dokonania Doktoranta podane w lapidarnej formie pracy zwartej, a przede wszystkim jako cykl publikacji, na który składają się prace wydane w uznanych czasopiśmie branżowych i naukowych wskazują, że Doktorant posiada wiedzę i potrafi ją przedstawić zarówno w kręgach specjalistów branży ogrzewnictwa na rynku krajowym, ale co ważniejsze - w międzynarodowych kręgach naukowych. Publikowanie wyników własnych prac badawczych i analiz w uznanych czasopiśmie spełnia aktualne oczekiwania i wymagania stawiane pracownikom nauki. Tematyka dysertacji mgra inż. Bartosza Ciupka jest interesująca i wykazuje charakter nowatorski. Oceniam, najcenniejszym aspektem pracy jest jej eksperymentalny charakter i propozycja nowych rozwiązań wspomagających pracę kotłów grzewczych, prowadzące do zmniejszenia emisji niepożądanych związków i pyłów. Innowacyjne rozwiązania pozwalające na osiągnięcia takiego celu wpisują się w priorytetowe potrzeby i cele gospodarki zarówno krajowej, jak i światowej. Przeprowadzenie własnych badań eksperymentalnych, obliczeń i analiz, wymagało dużego zaangażowania Doktoranta i umiejętności analitycznych.

Reasumując, uważam, że praca doktorska mgra inż. **Bartosza Ciupka** pt. *Analiza możliwości poprawy procesu spalania paliw stałych w kotłach małej mocy przy wykorzystaniu pary wodnej* spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, o których mowa w art. 13 ust. 2 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. Nr 65 poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami m.in. w Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 – art. 13, Dz. U. z 2018 r. poz. 1789 - Art. 187). Dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę Doktoranta w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego badań naukowych. **W związku z powyższym: stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pana mgra inż. Bartosza Ciupka do jej publicznej obrony.**

Heidele Piarski