

Dr hab. inż. Monika Zajemska, prof. PCz
Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Produkcji
i Technologii Materiałów
ul. Armii Krajowej 19
tel.: 34 3250 631
e-mail: monika.zajemska@pcz.pl

Częstochowa, dnia 7.05.2021 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Szymona Sobka pt.: „Experimental investigation of the solar pyrolysis of waste biomass”

Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo nr RIE-BD/4/208/2020/2021 z dnia 16.03.2021 r.

1. Wprowadzenie

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Szymona Sobka zatytułowana „*Experimental investigation of the solar pyrolysis of waste biomass*” ulokowana jest w aktualnym i perspektywnym obszarze badawczym, odpowiadającym na szeroko pojęte wyzwania środowiskowe. Globalna uwaga skupia się bowiem na redukcji emisji dwutlenku węgla, a co za tym idzie na pilnym opracowaniu proekologicznych, innowacyjnych rozwiązań zmierzających do zastąpienia konwencjonalnych paliw paliwami odnawialnymi, a w szczególności biomasą, postrzeganą jako paliwo wysokiej jakości, tanie i powszechnie dostępne. Jak wskazują źródła literaturowe potencjał biomasy jest duży i rozwojowy, jednak stopień jej wykorzystania nadal niewystarczający. Dlatego też wrasta światowe zainteresowanie technologiami termicznej konwersji biomasy umożliwiającymi uzyskanie wartościowych produktów, przy jednocześnie niskich nakładach finansowych i wysokiej sprawności konwersji. Taką metodą jest zaproponowana w pracy piroliza. Metoda ta umożliwia termiczną konwersję nie tylko biomasy, ale również skuteczną neutralizację odpadów komunalnych (w tym tworzyw sztucznych), prowadząc do powstania wartościowych produktów stałych tj. karbonizatu, gazowych tj. wysokokalorycznego gazu pirolitycznego oraz frakcji ciekłej, które mogą być ponownie wykorzystane, obniżając tym samym koszty całkowite pirolizy. Jednocześnie piroliza cechuje się znacznym zużyciem ciepła m.in. potrzebnego do nagrzania wsadu do zadanej temperatury, które może być ponadto źródłem szkodliwych emisji do atmosfery. Rozwiązanie zaproponowane przez Doktoranta, w którym jako źródło ciepła wykorzystuje się skoncentrowane promieniowanie słoneczne, eliminuje ww. problem emisji zanieczyszczeń. Wyzwaniem pozostaje nadal dokładne poznanie kinetyki procesu, która ze względu na złożoność zjawisk chemicznych zachodzących podczas pirolizy biomasy, wymaga szerokich opracowań zarówno eksperymentalnych, jak i teoretycznych.

Biorąc pod uwagę powyższe, podjęcie przez Doktoranta ww. problematyki jest w pełni uzasadnione.

Podkreślenia wymaga również fakt, że teza pracy opiera się na głównych zadaniach badawczych realizowanych w ramach projektu PBU/41/RIE6/2017/505 pt. „Badania procesu solarnej pirolizy biomasy odpadowej” finansowanego w ramach konkursu OPUS 12, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, którego kierownikiem był dr hab. inż. Sebastian Werle, prof. PŚ, promotor pracy.

2. Zakres rozprawy

Recenzowana praca napisana jest w języku angielskim, liczy 172 strony tekstu. Podzielona jest na 6 głównych rozdziałów, a całość kończy obszernie podsumowanie wraz z krytyczną oceną pracy. Ponadto rozprawa obejmuje streszczenie w języku polskim i angielskim, spis skrótów i oznaczeń, spis rysunków i tabel oraz spis literatury. Wykaz literatury obejmuje 179 pozycji o zasięgu międzynarodowym, z czego zdecydowana większość to prace z ostatnich kilku lat, w tym 14 współautorskich prac Doktoranta.

W rozdziale 1 „Introduction” Doktorant przedstawił w kompleksowym ujęciu wnikliwą analizę zagadnień obejmujących aktualne przepisy prawne w zakresie polityki klimatycznej i energetycznej w UE, sektor energii odnawialnej, wykorzystanie i potencjał bioenergii. Omówiono metody konwersji biomasy m.in. zgazowanie, toryfikację i pirolizę oraz najnowsze badania i aktualne rozwiązania w zakresie pirolizy słonecznej. Zdaniem Recenzenta, w przeglądzie literaturowym zbyt ogólnie omówiono produkty pirolizy, pomijając poruszoną w tezie jakość karbonizatów w zależności od parametrów prowadzenia procesu i rodzaju surowca.

W rozdziale 2 „Feedstock characterization” Doktorant scharakteryzował materiał badawczy użyty do badań obejmujący odpady ze słomy, odpady drzewne i osady ściekowe w postaci peletów wraz opisem metodyki badawczej, w ramach której oznaczył m.in.:

- zawartość wilgoci, popiołu i części lotnych,
- zawartość węgla, wodoru, azotu, tlenu i siarki,
- skład chemiczny popiołu,
- procentową zawartość lignin, celulozy i hemiceluloz.

Ponadto podał wzór, na podstawie którego obliczył wartość opałową analizowanych odpadów.

W rozdziale 3 „Experimental investigation of the solar pyrolysis of waste biomass” opisano szczegółowo metodykę badawczą oraz stanowisko eksperymentalne, którego zasadniczym elementem był reaktor pirolityczny zasilany sztucznym źródłem światła. Jako źródło promieniowania wybrano lampę ksenonową o mocy 1,6 kW. W oparciu o aktualne doniesienia literaturowe, przedstawiono również istniejące reaktory do pirolizy słonecznej, a ich wnikliwa analiza stała się źródłem inspiracji Doktoranta. Główną ideą zaproponowanego rozwiązania było skupienie się na pośrednim ogrzewaniu surowca. Zdaniem Recenzenta ww. przegląd literatury powinien się znaleźć w rozdziale 1.

Opisane w Rozdziale 3 badania są przedmiotem dwóch publikacji naukowych współautorstwa Doktoranta, a mianowicie:

- Sobek S, Werle S. Solar pyrolysis of waste biomass: Part 1 reactor design. *Renew Energy* 2019;143:1939–48. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.011>,

- Sobek S, Werle S. Comparative Review of Artificial Light Sources for Solar-Thermal Biomass Conversion Research Applications. *Ecol Chem Eng S* 2019;26:443–53. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0033>.

W rozdziale 4 Autor opisuje techniki i metodologię analizy termogravimetrycznej TGA, natomiast w rozdziale 5, w oparciu o najnowszy przegląd literatury, Doktorant przedstawia analizę kinetyki procesu solarnej pirolizy biomasy odpadowej, wraz z prezentacją najnowszych technik, zarówno analitycznych, jak i numerycznych. Teoria zaprezentowana w rozdziale 5 oparta jest głównie na książce Siergieja Wyazowkina “Isoconverisonal kinetic of thermally stimulated processes” i poszerzona o publikacje współautorstwa Kandydata. Zdaniem Recenzenta, Doktorant zbyt wiele uwagi poświęca teoretycznym rozważaniom na temat metod i modeli obliczeniowych, zamieszczając w tym rozdziale aż 20 stron. Autor tłumaczy tak obszerny przegląd potrzebą zamieszczenia materiału uzupełniającego do obliczeń kinetyki.

W rozdziale 6 przedstawiono wyniki wszystkich przeprowadzonych przez Doktoranta badań eksperymentalnych dla słomy odpadowej, odpadów drzewnych oraz osadów ściekowych, jak również obliczeń kinetycznych. Oprócz klasycznego podejścia, Autor przedstawił oryginalne podejście do izokonwersyjnego modelowania szybkości pirolizy biomasy odpadowej, wyznaczając reakcje charakterystyczne dla pirolizy każdego badanego surowca. Dane wejściowe do obliczeń zostały zaimplementowane z analizy izokonwersyjnej dla każdego z analizowanych rodzajów biomasy. W rozdziale 6 przedstawiono ponadto udział i jakość produktów solarnej pirolizy, szybkości ogrzewania podczas pirolizy oraz profile temperatury. Autor zamieścił również w tym rozdziale walidację przeprowadzonych obliczeń.

3. Ocena rozprawy, elementy nowości i oryginalności

Oceniając całość pracy stwierdzam, że układ treści pracy jest prawidłowy, rozdziały zostały ułożone logicznie, a treść w nich zawarta odpowiada tytułom. Na wyróżnienie zasługuje poprawność językowa. Doktorant wykazał się bowiem znajomością języka angielskiego w stopniu celującym.

Przeprowadzony przez Pana mgr inż. Szymona Sobka tak obszerny zakres badań umożliwił pozyskanie wartościowych wyników, jednak zdaniem Recenzenta, Doktorant nie poradził sobie z uporządkowaniem tego obszernego materiału badawczego. Układ pracy jest mało czytelny, co wprowadza dyskomfort podczas czytania pracy. Na podkreślenie natomiast zasługuje przejrzyste i staranne graficzne zilustrowanie wyników badań i obliczeń, co podnosi walory estetyczne przedstawionej do recenzji rozprawy.

Pod względem merytorycznym i metodycznym przedstawioną dysertację oceniam bardzo wysoko. Pracę uważam za cenną, ciekawą i oryginalną. Doktorant wykazał się dojrzałością naukową, a przeprowadzenie tak szerokiego zakresu badań zarówno teoretycznych, jak i eksperymentalnych było pracochłonne oraz wymagało opracowania metod ich interpretacji. Pan mgr inż. Szymon Sobek dowiódł, że ma odpowiednie przygotowanie i umiejętności do rozwiązywania problemów z zakresu procesów termicznej konwersji odpadów, z uwzględnieniem kinetyki procesu pirolizy. Praca jest zwięzła i rzeczowa, napisana bardzo dobrze, z obowiązującą terminologią naukową. Podany spis skrótów ułatwia czytanie pracy. Napisanie pracy w języku angielskim

niewątpliwie poszerzy jej dostępność w szerokim gronie naukowców. Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona praca ma elementy nowości i oryginalności, a mianowicie:

- Zbudowanie oryginalnego stanowiska badawczego, zasilanego sztucznym promieniowaniem słonecznym, które umożliwiło przeprowadzenie szerokiego zakresu badań eksperymentalnych obejmujących analizę wpływu temperatury procesu pirolizy solarnej wybranych gatunków biomasy odpadowej na skład i uzysk produktów procesu. Projekt reaktora uwzględniania rozwiązania odpowiadające na opisane w literaturze problemy strat ciepła w reaktorach w postaci oryginalnej koncepcji pośredniego ogrzewania biomasy przez przegrodę.
- Nowatorskie podejście do kinetyki konwersji termochemicznej biomasy odpadowej. Opracowanie metodyki wyznaczania parametrów kinetyki reakcji pirolizy badanych paliw na podstawie pomiarów termogravimetrycznych (TGA). Proponowana metodyka wyznaczania parametrów kinetyki reakcji pirolizy oparta jest o połączenie metod izokonwersji oraz tradycyjnych metod bazujących na modelach reakcji. Metoda Friedmana dostarczyła cennych informacji na temat złożoności procesu pirolizy oraz wartości parametrów początkowych do dalszych obliczeń. Wyznaczone na podstawie otrzymanych parametrów modele kinetyczne pozwoliły przewidzieć zachowanie się próbek biomasy w reaktorze podczas eksperymentów w skali laboratoryjnej.

Mimo iż pracę oceniam bardzo pozytywnie, wyjaśnienia i uzupełnienia wymaga kilka istotnych kwestii, które zawarto w uwagach krytycznych i dyskusyjnych. Ponadto, Doktorant nie ustrzegł się błędów edytorskich, interpunkcyjnych, jak również o charakterze porządkowym, zwłaszcza w spisie literatury, które zawarto w uwagach szczegółowych.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Jak już wcześniej wspomniano przedstawione w pracy niektóre wyniki badań wymagają szerszej interpretacji i wyjaśnienia, a mianowicie:

- w streszczeniu Autor podaje: „Potwierdzono tezę, że piroliza solarne może być oryginalną metodą produkcji karbonizatów o dużej porowatości zależnej od parametrów prowadzenia procesu oraz rodzaju surowca wsadowego”, czy to oznacza, że w przypadku klasycznej pirolizy, dla tych samych parametrów prowadzenia procesu i tych samych materiałów nie można uzyskać karbonizatów o dużej porowatości? Czy źródło ciepła ma wpływ na jakość produktów pirolizy? To samo pytanie można postawić do zamieszczonych na str. 35 hipotez badawczych. Proszę o wyjaśnienie.

W tym samym miejscu Autor używając słowa „może być oryginalną metodą produkcji karbonizatów” poddaje pod wątpliwość skuteczność analizowanej pirolizy solarnej, co zmienia tezę w hipotezę.

Ponadto nasuwa się pytanie, co jest tezą i głównym celem pracy, czy sama analiza karbonizatów, jak podaje Autor w streszczeniu, czy jak wskazano w „Thesis organization” badanie procesu pirolizy solarnej biomasy odpadowej? Proszę o wyjaśnienie.

- w pracy brakuje zakresu badań przedstawionego np. w postaci schematu blokowego, jak zrobiono to na rys. 3.6, przez to praca, ze względu na obszerny zakres badań, staje się mniej czytelna,

- czym był podyktowany wybór materiałów do badań?

- czy peletyzacja próbek została przeprowadzona przez Autora? Jeśli tak, to czy przy wytwarzaniu peletów użyto lepszycy?
- na str. 38 Autor podkreśla, powołując się na źródła literaturowe, korozyjny charakter chloru obecnego w odpadach, podczas gdy w tabeli 3 nie zamieszczono udziału chloru w surowych próbkach. Nasuwa się zatem pytania, czy w analizowanych próbkach nie stwierdzono chloru czy nie został on oznaczony?
- str. 39, czy zamieszczone w tabelach: 3, 4 i 5 wyniki są wartościami uśrednionymi? Jeśli tak, to z ilu pomiarów? Nasuwa się w tym miejscu pytanie o powtarzalność wyników.
- str. 36, rozdział II, oznaczenia materiałów WS, WW, and SS powinny zostać w tym punkcie wyjaśnione, pomimo, iż zrobiono to na początku pracy w zestawieniu skrótów,
- str. 39, tabela 3: udziały C, H, O, N i S w przypadku paliwa WW wynoszą mniej niż 100% (99,98%), co zatem stanowi resztę, natomiast w przypadku paliwa WS powyżej 100% (100,1%),
- str. 39, tabela 3: udziały polimerów w analizowanych paliwach tj. celulozy, hemicelulozy i ligniny wynoszą mniej niż 100%, a w przypadku SS zaledwie 4.7%, co stanowi zatem resztę składu?
- czy dla zamieszczonych w tabeli 3 wyników policzono błędy pomiarowe?
- rozdział 3.2 „Review of the artificial light sources for solar-thermal applications” obejmujący przegląd zastosowań sztucznych źródeł światła w systemach solarnych powinien się znaleźć we wprowadzeniu tj. rozdziale 1.3 zatytułowanym „Literature review of the latest solar pyrolysis studies”
- jakie były warunki prowadzenia eksperymentów w reaktorze solarnym, a mianowicie: jaki był czas nagrzewania reaktora i czas przebywania próbek w reaktorze? Czy próbki nagrzewano razem z reaktorem, czy umieszczono je dopiero po osiągnięciu zadanej temperatury? z jaką częstotliwością rejestrowano temperaturę i ciśnienie w reaktorze?
- str. 59: Autor podaje, że badania termogravimetryczne były prowadzone dla próbek o masie 5 mg, czy wskazana w tabeli 8 (str. 53) niepewność pomiaru na poziomie 1 mg dla wagi laboratoryjnej odnosi się również do tej masy?
- Ile powtórzeń wykonywano dla danej serii pomiarowej?
- z czego wynika różnica temperatury przyjęta w badaniach termogravimetrycznych, w zakresie 25-700°C i badaniach w reaktorze dochodząca nawet do 900°C (rys. 6.49)?
- str. 80: Autor analizując wykresy TGA dla szybkości 5, 10, 20, 30 i 40 K/min podaje: „Pyrolysis of WW at lower heating rates presented better separation of hemicellulose peaks with shifting towards lower temperatures.”. Proszę o wyjaśnienie.
- Str. 141: brak informacji, przy użyciu, jakiej aparatury wykonano badania mikrostrukturalne.
- str. 141; rys. 6.41. Opis badań mikrostrukturalnych jest bardzo skromny i nie odzwierciedla cech morfologicznych materiału, a mianowicie: „It can be seen that the WW scanning picture captured the high porosity plant cell wall area what corresponds to the BET area results presented in Fig. 6.40. Similar patterns can be seen for the SEM photos of the WS sample, however, no visible pores can be denoted. Interestingly, photos of the SS chars shows rock-like particles what resembles the is a mineral and ash residue after devolatilization during the process”. Proszę o uzupełnienie.
- dla jakich warunków prowadzenia pirolizy był pobrany materiał badawczy poddany analizie SEM?

- str. 141. Autor błędnie interpretuje rozdzielczość, będącą cechą fizyczną mikroskopu, wiążąc ją z podziałką rejestrowaną na mikro fotografiach, służącą jedynie do zwymiarowania zdjęcia. Nasuwa się zatem pytanie, co Autor miał na myśli pisząc, że rozdzielczość wnosila 100 μm : "Resolution of the photographs was set to 100 μm ." oraz jakie było powiększenie zdjęć.
- czy wykonano badania EDS wykonano w celu oceny jednorodności chemicznej materiału, identyfikacji składu chemicznego poszczególnych składowych karbonizatu pozwoliłaby na zobrazowania ewentualnych różnic w ich składzie chemicznym.
- str. 142: na stronie jest odwołanie do rys. 68, a mianowicie: „This can be explained by N migration to the bio-oil, whose elemental composition is presented in Fig. 68 [166]”. O który rysunek chodzi? W cytowanej pracy nie ma rys. 68.
- str. 143.: W zdaniu:” As solar pyrolysis dramatically increase, the lignocellulosic samples move into higher carbonization zones, while SS due to very high O content and low C content compared to raw samples, chars move into the opposite direction” zamiast „dramatically” poprawnie byłoby użyć słowa: significantly
- str. 147: w tabeli 27 wartości dla surowych próbek WW, WS i SS różnią się od tych zestawionych w tabeli 3 na str. 39, proszę o wyjaśnienie skąd wynikają te różnice. Ponadto w tabeli 27 nie przedstawiono udziału S, czy nie oznaczano jej w karbonizacie?
- str. 147: w tabeli 27, w warunkach procesu podano, że szybkość grzania wynosiła 4.5 ; 5 oraz 5.5 K/min, podczas gdy TGA wykonywano przy wyższych szybkościach, czym był podyktowany taki dobór szybkości?
- str. 147: w tabeli 27 wraz ze zmianą szybkości grzania zmieniała się moc lampy xenonowej odpowiednio: 90; 95 i 100%, co utrudnia interpretację zestawionych w tabeli wyników. Nasuwa się zatem pytanie, który z parametrów miał większy wpływ na skład gazu pirolitycznego?
- str. 147; tabela 27: z czego wynika tak wysoki udział bio-oleju w zakresie od 49,96 do 70,2%?
- w tabeli 27 podano wybrane właściwości karbonizatu i bio-oleju łącznie np. skład elementarny i HHV, podczas, gdy w procesie uzyskiwano trzy oddzielne frakcje. Jakie były właściwości karbonizatu, a jakie bio-oleju? Proszę o wyjaśnienie.
- str. 147: Jak wytłumaczyć obecność tlenu w gazie pirolitycznym dla wszystkich analizowanych wariantów na poziomie od 0.41 do 2.39%?
- Proces pirolizy biomasy powoduje powstanie wolnych rodników i substancji smolistych w przestrzeni reakcyjnej fazy gazowej. Czy Doktorant analizował mechanizm powstawania smoły i sadzy, mającej niekorzystany wpływ na pole temperatury?
- Jak Doktorant ocenia aplikacyjny aspekt zaproponowanej metody termicznej konwersji odpadów. Czy ma ona ekonomiczne uzasadnienie?

5. Uwagi szczegółowe

Doktorant nie ustrzegł się również błędów edytorskich, interpunkcyjnych oraz innych, z których najważniejsze przytoczono poniżej:

✓ W streszczeniu w języku polskim :

- błędne sformułowanie, a mianowicie, jest: „stanowisku badawczym napędzanym sztucznym promieniowaniem słonecznym”, powinno być „zasilany”,

- zamiast „profilu temperatur” powinno być „profilu temperatury”. Słowo temperatura jest używane w liczbie pojedynczej.
- niepoprawnie użyte słowo „formacji”, powinno być „formowania lub powstawania”,
- niepoprawnie użyte słowo „podlegała”, powinno być np., „zachodziła według mechanizmu”,
- niepoprawne sformułowanie „zachowanie się próbek biomasy”, nie wiadomo co Autor miał na myśli, zmianę właściwości biomasy?
- ✓ xi:
 - zamiast „Fig. 3.4..” powinno być „Fig. 3.4.”
 - brakuje rys. Fig. 5
- ✓ str. 43: błędny zapis, a mianowicie: jest „(Fig. 3.2.). [90]” a powinno być: „(Fig. 3.2) [90].”
- ✓ str. 45: podwójna kropka w numeracji rys. 3.4,
- ✓ str. 47: numer rys. oznaczony jako 3.6 powinien być rysunkiem 3.5; numeracja w rozdziale 3 ulegnie zmianie,
- ✓ Autor w całej pracy błędnie rozdziela wartość od jednostki, przenosząc ją do nowego wiersza np. na str. 20, 93, 95, 159
- ✓ Autor w całej pracy zamiennie stosuje zapis temperatury np. na stronie 22: „25 °C” oraz „300–400°C”, zdaniem Recenzenta °C powinny być zapisane łącznie,
- ✓ Str. 81, rys. 6.1 oraz 6.2: udział na osi wyrażony w procentach powinien być zapisany: „Weight, %” zamiast „% Weight”
- ✓ Str. 81: różne oznaczenia kolorów linii na rys. 6.1 oraz 6.2 dla tych samych warunków prowadzenia procesu tj. 20 i 30 K/min,
- ✓ Temperatura wyrażana jest w pracy zarówno w °C, jak i w Kelvinach, jednostka powinna być taka sama, np. na stronie 80 oraz 95 w opisie rysunku 6.11 Autor zamiennie używa ww. jednostek,
- ✓ Błędny zapis jednostki temperatury wyrażonej w K, Autor pisze ją łącznie z wartością, np. na str. 95: „47.6K”, po wartości powinna być spacja tj. 47.6 K,
- ✓ Różna dokładność w odniesieniu do tych samych wielkości np. na str. 28 czy w tabelach 3 i 27,
- ✓ Str. 85: wartości na osiach mają za dużą czcionkę w porównaniu do innych wykresów, większą niż opisy osi,
- ✓ Str. 90: z podpisu pod rys. 6.8 wynika, że na wykresie przedstawiono przebiegi krzywych dla szybkości 5, 10, 15 i 20 K/min, a z legendy wynika, że dla 5 i 25 K/min. Proszę o wyjaśnienie.
- ✓ Str. 91: z podpisu pod rys. 6.9 wynika, że skład gazu pirolitycznego w funkcji temperatury został przedstawiony dla średniej szybkości ogrzewania 8,3 K/min. W jaki sposób ją wyznaczono?
- ✓ Str. 93: zamiast „nad” powinno być „and”,
- ✓ Str. 109, rys. 6.17: różne oznaczenia symboli dla tych samych szybkości i w odwrotnej kolejności w legendzie,
- ✓ Str. 112, rys. 6.19: różne oznaczenia symboli dla tych samych szybkości i w odwrotnej kolejności w legendzie,

- ✓ Str. 140 i str. 141, rys. 6.39 oraz 6.40: oznaczenie „ β ” na rysunkach powinno być pisane kursywą, ponadto na rys. 6.40 w jednostce „m²/g” powinien być indeks górny: „m²/g”
- ✓ Str. 146: rys. 6.45 jest mało czytelny ,
- ✓ Na str. 148 Autor powołuje się na tabelę 28, której nie ma w pracy, ostatnią tabelą jest tabela 27,
- ✓ Różna skala na wykresach np. rys.6.36-6.38, 6.48-6.50
- ✓ W podpisach rysunków brak konsekwencji, raz jest numeracja a), b) i c) np. rys. 6.49 innym razem nie ma np. rys. 6.7, rys. 6.23, rys. 6.47,
- ✓ Błędy w zapisie pozycji literaturowych w spisie literatury, a mianowicie:
 - [1]: zamiast „.” powinien być „, ”;
 - [21]: błędnie podano rok publikacji, zamiast 2019 powinno być 2020;
 - [25]: nie podano miejsca publikacji i numeracji stron;
 - [29]: błędny zapis nazwiska, jest „H. Hauggaard-nielsen”, a powinno być „H. Hauggaard-Nielsen”;
 - [38]: błędny zapis nazwiska, jest „J. ábrego” a powinno być” J. Ábrego.”;
 - [42]: nie podano roku, miejsca publikacji i numeracji stron;
 - [65]: błędny zapis nazwiska, jest: „C. Gonzã½lez-Fernã½ndez, C. Lã½hrl, J. Gonzã½lez-Aguilar”, a powinno być „C. González-Fernández, C. Löhr, J.González-Aguilar”;
 - [69]: błędny zapis autorów i nazwy czasopisma, a mianowicie jest: H. Grassmann, M. Boaro, Solar Biomass Pyrolysis with the Linear Mirror II, Smart Grid and (2015) 179–186.” Powinno być: „H. Grassmann, M. Boaro, M. Citossi, M.Cobal, E. Ersettis, E. Kapllaj, A. Pizzariello, Solar Biomass Pyrolysis with the Linear Mirror II, Smart Grid and Renewable Energy, 2015, 6, 179-186.”;
 - [79]: błędna nazwa czasopisma, a mianowicie, jest „Energy & Fuels”, a powinno być: Energy & Fuels;
 - [85]: brakuje numeru DOI, doi.org/10.1016/S0165-2370(96)00971-0;
 - [91]: zamieszczono tylko autorów publikacji;
 - [92],[93]: niezrozumiały zapis;
 - [102]: błędny zapis pozycji literaturowej; jest: „A.K. Burnham, Computational aspects of kinetic analysis . Part D : The ICTAC kinetics project Đ multi-thermal ± history model- ® tting methods and their relation to isoconversional methods, 355 (2000) 165–170.” Brakuje również nazwy czasopisma i numeru DOI. Powinno być: „A.K. Burnham, Computational aspects of kinetic analysis.: Part D: The ICTAC kinetics project — multi-thermal–history model-fitting methods and their relation to isoconversional methods, Thermochimica Acta, 355 (2000) 165–170. doi: 10.1016/S0040-6031(00)00446-9.”;
 - [110]: błędny zapis, jest:” S. Vyazovkin, Modern Isoconversional Kinetics: From Misconceptions to Advances, in: Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, 2018. doi:10.1016/S1573-4374(13)60004- 7.” Podano również błędny numer DOI. Powinno być: „S. Vyazovkin, Chapter 4 - Modern Isoconversional Kinetics: From Misconceptions to Advances, Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry, 6 (2018) 131-1722018. doi: 10.1016/B978-0-444-64062-8.00008-5.” ;

- [120]: błędny zapis, jest: „LiMn_{0.90}Co_{0.05}Mg_{0.05}PO₄” powinno być: „LiMn_{0.90}Co_{0.05}Mg_{0.05}PO₄”;
- [145]: błędny zapis, jest: „Fe_{73.5}Si_{13.5}B₉Nb₃Cu₁ alloy” powinno być: „Fe_{73.5}Si_{13.5}B₉Nb₃Cu₁ alloy”;
- [161]: błędny zapis nazwiska autora, jest: „Y.J. Rueda-Ord????ez,” powinno być:” Y.J. Rueda-Ordóñez”.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując ocenę przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej Pana mgr inż. Szymona Sobka stwierdzam, że zawiera ona wartościowy materiał badawczy. Doktorant, dzięki dobremu opanowaniu warsztatu badawczego w zakresie trudnych do realizacji eksperymentów laboratoryjnych, uzyskał oryginalne dla teorii i praktyki wyniki. Ponadto, wykazał się umiejętnością ich analizy, co przelożyło się na sformułowanie syntetycznych wniosków i wyznaczenie zakresu dalszych badań.

Należy podkreślić, że zawarte w niniejszej recenzji uwagi o charakterze dyskusyjnym, w żaden sposób nie umniejszają wartości pracy i nie wpływają na jej wysoką ocenę końcową.

Biorąc pod uwagę wartość naukową rozprawy, zakres wykonanych badań eksperymentalnych i obliczeń oraz aplikacyjny charakter uzyskanych wyników, stwierdzam, że Doktorant posiada predyspozycje do samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz, że rozprawa spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim i określone ustawą z dnia 14.03.2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr. 65, poz. 595 z 16.03.2003 r.) oraz stawiam wniosek do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr inż. Szymona Sobka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną rozprawy, z elementami nowości naukowej wnioskuję o jej wyróżnienie.

Monika Łojewska