

Olsztyn, 25 sierpnia 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Marek Markowski
Wydział Nauk Technicznych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Weroniki Tulej,
zatytułowanej: „*Potencjał materiałowo-energetyczny wylóków z jabłek*”,
przygotowanej pod kierunkiem dr hab. inż. Szymona Głowackiego

Recenzję opracowałem na zlecenie nr IIM-36/X/2022 z dnia 28 czerwca 2022 r., podpisane przez Pana dr hab. inż. Tomasza Nurka, prof. SGGW - Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Promotorem w przewodzie doktorskim jest dr hab. inż. Szymon Głowacki. Przy ocenie przedłożonej rozprawy opierałem się na wymaganiach Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2018, poz. 1669 z późn. zm.), Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U.2018, poz. 1668 z późn. zm.) oraz Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595 z późn. zm.).

Od wielu lat odpady, a w szczególności odpady powstałe w efekcie produkcji przemysłowej, stanowiły duży problem a ich racjonalne zagospodarowanie było wyzwaniem dla społeczeństw. Obecnie, odpady przemysłowe oraz inne, np. powstałe w gospodarstwach domowych, są już nie tylko wyzwaniem ale stanowią wielkie zagrożenie dla środowiska a przez to także zagrożenie dla egzystencji ludzkości na Ziemi. Widać to po wielkich, niekorzystnych zmianach zachodzących na Ziemi, o których szeroko informują światowe media a także najpoważniejsze periodyki naukowe. Zmiany te postępują w bardzo szybkim tempie i zagrażają życiu na naszej Planecie. Przechowywanie nieprzetworzonych odpadów stanowi groźbę zatrucia środowiska, a do jego degradacji prowadzi także niewłaściwe ich zagospodarowanie. Racjonalna gospodarka odpadami powinna zmierzać do minimalizowania ich niekorzystnego wpływu na otoczenie m.in. poprzez wykorzystanie odpadów jako surowiec do produkcji nowych dóbr (recykling) a także poprzez zastosowanie odpadów do produkcji ekologicznych paliw, co jest niezmiernie cenne dzisiaj w dobie kryzysu energetycznego na świecie. Najmniej korzystną i najdroższą, choć bywa, że konieczną, opcją jest składowanie odpadów. Pracę doktorską Autorki można odczytać na kilka sposobów. Ja odczytuję ją jako propozycję wykorzystania

wytłoków z jabłek do produkcji ekologicznego paliwa, które może być spalane np. w kotłach grzewczych. W tym kontekście podjęcie przez mgr inż. Weronikę Tulej badań nad zastosowaniem technologii suszenia wytłoków z jabłek jako sposobu ich zagospodarowania wydaje się celowe zarówno z naukowego jak i z praktycznego punktu widzenia. Uważam, że **tematyka rozprawy spełnia oczekiwania, jakie stawia się tematowi prac doktorskich w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**

Ocenianą rozprawę doktorską, będącą częścią pracy zbiorowej, stanowi spójny tematycznie zbiór trzech artykułów naukowych, z których dwa były opublikowanych w czasopiśmie naukowych a jeden jako rozdział w monografii naukowej. Przedstawiony do recenzji zestaw tych trzech publikacji Autorka zatytułowała: „*Potencjał materiałowo-energetyczny wytłoków z jabłek*”. Egzemplarz rozprawy jest zaopatrzone w obszerne, liczące aż 53 strony, streszczenie w języku polskim (moim zdaniem zbyt obszerne), kopie opublikowanych artykułów oraz oświadczenia współautorów.

Dla porządku przedstawiam poniżej pełne dane bibliograficzne publikacji stanowiących rozprawę doktorską i podaję aktualną wartość IF (Impact Factor), liczbę ministerialnych punktów oraz procentowy udział Autorki w powstaniu publikacji.

1. Jaros M., Gniado A., Golisz E., Głowacki S., Tulej W. 2020. *Efficiency of industrial drying of apple pomace*. W Wróbel M., Jewiarz M., Szlęć A. (red.) *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. Springer, Cham., 113-122. (brak IF, 20 punktów, 40%)
2. Tulej W., Głowacki S. 2022. *Modeling of the drying process of apple pomace*. *Applied Sciences*, 12, 1434. (IF₂₀₂₁=2.921, 100 punktów, 90%)
3. Tulej W., Głowacki S. 2022. *Analysis of material-characterization properties of post-production waste—the case of apple pomace*. *Materials*, 15, 3532. (IF₂₀₂₁=3.748, 140 punktów, 90%)

Jak wynika z dokumentacji oraz informacji zawartych w publikacjach, indywidualny wkład pracy twórczej Kandydatki w powstanie wyżej przedstawionych publikacji obejmował udział w opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, przeprowadzeniu eksperymentów, opracowaniu wyników badań oraz pisaniu artykułów. W pierwszej z wymienionych prac Doktorantka występuje jako piąty, natomiast w drugiej i trzeciej jako pierwszy autor. W drugiej i trzeciej pracy Kandydatka pełni także rolę autora korespondencyjnego a Jej udział w powstaniu tych prac wynosi 90%. Wydaje mi się, że wartość ta jest trochę zawyżona,

a przecież udział Promotora w powstaniu pracy doktorskiej jest wymagany ustawowo. Biorąc powyższe pod uwagę nie mam wątpliwości, że indywidualny wkład twórczy Kandydatki w realizację recenzowanych prac jest na tyle znaczący i przeważający, że czyni zadość wymaganiu określonemu w art. 13 ust. 4 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Temat ocenianej rozprawy wskazuje, że zawiera ona zagadnienia naukowe właściwe dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Problematyka pracy obejmuje m.in. badanie właściwości fizyczne i termofizyczne wyłoków z jabłek, modelowanie procesów konwekcyjnego suszenia wyłoków a także określenie efektywności energetycznej produkcji suszu z owoców. Z powyższych względów ocenianą pracę dokorską należy uznać za interdyscyplinarną, łączącą w sobie zagadnienia ważne dla takich dyscyplin naukowych, jak m.in. inżynieria materiałowa czy inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Istotnymi obszarami badań zrealizowanych w ramach ocenianej rozprawy są takie zagadnienia ważne dla termodynamiki technicznej i techniki cieplnej, jak termofizyczne właściwości wyłoków z jabłek oraz modelowanie zjawisk wymiany ciepła i masy zachodzących w trakcie procesu suszenia. Powyższe zagadnienia są istotne w wielu zagadnieniach rozpatrywanych w ramach dyscypliny inżynieria mechaniczna. **Tym samym, jak już napisałem wcześniej, spełniony został konieczny warunek do zakwalifikowania ocenianej rozprawy do dyscypliny inżynieria mechaniczna.** Kolejnym warunkiem pozytywnej oceny rozprawy jest właściwe i czytelne nakreślenie scenariusza realizacyjnego, pozwalającego osiągnąć założone cele. Trzecim warunkiem jest zrealizowanie przyjętych celów zgodnie z zasadami metody naukowej.

Koncepcja realizacji celu głównego zakłada rozwiązanie zadań cząstkowych w następujących po sobie etapach, a mianowicie:

- wyznaczenie modeli opisujących kinetykę procesu suszenia wyłoków z jabłek różnymi metodami,
- określenie wpływu temperatury i metody suszenia na wybrane właściwości wyłoków z jabłek.

Uważam, że tak sformułowany plan jest logicznie i merytorycznie spójny oraz poprawny, a zatem może stanowić wystarczająco ambitne i w pełni uzasadnione, jak na rozprawę dokorską, zadanie. **Dlatego uważam, że drugi ze sformułowanych wcześniej warunków został spełniony.**

Wymienione przeze mnie powyżej zadania zostały sformułowane przez Doktorantkę i doprecyzowane przez Nią w streszczeniu poprzez określenie pięciu celów cząstkowych oraz zakresu rozprawy doktorskiej. Cele te zostały osiągnięte a ich realizacja opisana w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską. Pierwszy cel stanowi przedmiot dwóch pierwszych publikacji składających się na rozprawę doktorską, natomiast cel drugi jest przedmiotem trzeciej publikacji z przedstawionego przez Kandydatkę cyklu. Nie wydają się celowe, ani też uzasadnione, opisywanie osiągnięć każdej z wymienionych publikacji oddzielnie, ponieważ stanowią one swojego rodzaju ciąg zdarzeń (wyników badań) logicznie następujących po sobie w porządku chronologicznym. Właśnie w takiej łącznej formie mogą one świadczyć o oryginalnym rozwiązaniu problemu jakim jest matematyczny opis kinetyki procesu suszenia oraz określenie wpływu temperatury i metody suszenia na wybrane właściwości materiału biologicznego, jakim są wytloki z jabłek. Autorka w pierwszej kolejności badała wpływ właściwości wsadu na ekonomiczną (energetyczną) efektywność przemysłowej produkcji suszu z wytlóków z jabłek. Wyniki opisane w publikacji nr 1 potwierdziły, że właściwości wytlóków z jabłek wykorzystanych do produkcji suszu z wytlóków z przeznaczeniem na paliwo stałe na potrzeby grzewcze (np. spalanie w kotłach instalacji grzewczych), a w szczególności początkowa wilgotność wytlóków, mają istotny wpływ na efektywność energetyczną procesu produkcji paliw z wytlóków. Wyniki te uzasadniają racjonalność sformułowania przez Kandydatkę dwóch głównych celów rozprawy. Na kolejnym etapie realizacji pracy Autorka wykorzystwała suszenie konwekcyjne gorącym powietrzem oraz suszenia fontannowe wspomagane mikrofalami do zbadania wpływu temperatury powietrza na kinetykę procesu, na postać jego modelu a także na wartości współczynników estymowanych modeli. W następnej kolejności Doktorantka badała fizyczne, termofizyczne, optyczne oraz chemiczne właściwości wytlóków z jabłek. Dla zrealizowania postawionych w pracy celów Autorka z powodzeniem wykorzystwała wiele różnych, bardzo nowoczesnych aparatów oraz urządzeń pomiarowych, jak np. analizatory termo-grawimetryczne, różnicowe kalorymetry skaningowe, spektrofotometry, czy piknometry gazowe i inne aparaty. Stosowała też nowoczesne techniki analizy danych w celu interpretacji wyników pomiarów, włączając w to także unikalne oprogramowanie, w które były wyposażone wspomniane wyżej aparaty. Uzyskanie wyników w wielu przypadkach wymagały wiedzy naukowej z zakresu fizyki, chemii i techniki pomiarowej a także umiejętności wyłuskania z pozyskanych danych wartościowych informacji. Było tak np. w przypadku analizy wykresów TGA, DSC lub PDSC. W efekcie zrealizowanych badań Autorka wyznaczyła matematyczne modele kinetyki suszenia wytlóków z jabłek a także

określiła właściwości wycieków i odpowiedziała na pytanie, jaki wpływ miała temperatura powietrza w suszarce na kinetykę procesu oraz na właściwości badanego materiału.

Jednoznaczna ocena merytoryczna naukowej jakości rozprawy doktorskiej jest trudna. Czasopisma i monografie wydawane przez międzynarodowe wydawnictwa naukowe mają swoją jasno sprecyzowaną specyfikę. Musi być ona uwzględniona przez autorów publikacji już w trakcie przygotowywania artykułu. Przed ich opublikowaniem artykuły są korygowane zgodnie z otrzymanymi recenzjami. Dlatego oceniając przedstawioną do oceny rozprawę trzeba mieć świadomość, iż zasadnicze fragmenty rozprawy (opublikowane artykuły) były już recenzowane przez osoby o znaczącym dorobku naukowym. Recenzent ocenianej rozprawy powinien też wziąć pod uwagę fakt, że w artykułach naukowych zazwyczaj wiele informacji podaje się w formie skrótowej ze względu na ograniczoną objętość artykułu, a wyniki przedstawia się w syntetycznej formie. Niemniej jednak należy podkreślić, iż renomowane wydawnictwa, jak Springer czy MDPI, w trakcie oceny zgłaszanych artykułów zwykle przykładają dużą wagę do jakości publikowanych prac, dobierając na recenzentów osoby o uznanym dorobku w danej tematyce. Warto także zauważyć, iż Doktorantka pokazała, że potrafi nie tylko prowadzić badania naukowe, ale również opanowała umiejętność prezentacji uzyskanych wyników, co obecnie jest jedną z najważniejszych umiejętności wymaganych od pracowników naukowych. W trakcie procesu publikacji tych artykułów zarówno poprawność językowa jak i strona edycyjna były skrupulatnie kontrolowane. Z uwagi na fakt, iż zasadniczą część pracy stanowią artykuły opublikowane w tak renomowanych wydawnictwach jak Springer i MDPI, choć to ostatnie wzbudza wiele kontrowersji, ocena redakcyjna i edycyjna rozprawy doktorskiej jest jednoznacznie pozytywna.

Jako recenzent mam także obowiązek podzielenia się krytycznymi uwagami o pracy. W publikacji nr 2 Autorka prawidłowo sformułowała modele opisujące przebieg procesu i wyestymowała parametry modeli. Na podstawie zrealizowanych badań wysnuła prawidłowy wniosek, że temperatura powietrza w pływa na przebieg procesu. Mam jednak kilka krytycznych uwag w odniesieniu do przeprowadzonej w tej pracy dyskusji odniesionej do zagadnień suszarniczych. Doktorantka słusznie zauważyła, że wilgotne materiały roślinne zwykle kurczą się w czasie ich suszenia. Jest to szczególnie widoczne, gdy stosuje się suszenie konwekcyjne gorącym powietrzem, a tak właśnie było w ocenianej pracy. Skurcz suszarniczy jest zwykle niepożądany w przypadku, gdy wysuszony produkt jest przeznaczony do spożycia. Dlatego wciąż prowadzi się badania nad takimi metodami suszenia, które go ograniczą bądź

całkowicie wyeliminują. Badania te obejmują zwykle także modelowanie zjawisk skurczu suszarniczego, rozumianego jako zmniejszenie wymiarów geometrycznych i zmianę kształtu cząstek suszonych materiałów w porównaniu do stanu początkowego. W ocenianej pracy tego aspektu zabrakło. Co prawda, Autorka stosuje pojęcie współczynnika skurczu suszarniczego, lecz odnosi je nie do deformacji suszonej cząstki, lecz do współczynnika w równaniu kinetycznym (współczynnik b), który bezpośrednio nie odnosi się do skurczu i zależy jedynie od początkowej zawartości wody w materiale (równanie 3 w pracy nr 2). Stąd moje pierwsze pytanie do Doktorantki, czy obserwowane przez Nią niewielkie różnice pomiędzy wyznaczonymi wartościami współczynnika skurczu suszarniczego oznaczają, że skurcz materiału w badanych w pracy przypadkach był praktycznie taki sam? Proszę o precyzyjne uzasadnienie odpowiedzi. Proszę także o wyjaśnienie kwestii, jak się ma wykorzystany w pracy współczynnik „ b ” (zdefiniowany w równaniu 3 w publikacji nr 2) do najczęściej w literaturze naukowej stosowanej definicji tego współczynnika jako względna zmiana objętości, powierzchni bądź wymiaru liniowego cząstki. Rozumiem, że w przypadku wysuszonych wytlóków z jabłek pozyskanych z przeznaczeniem do produkcji paliw stałych, kwestia skurczu suszarniczego być może nie jest aż tak istotna. Tym nie mniej uważam, że należy to wyjaśnić. Inną kwestią także wymagającą wyjaśnienia jest zastosowana w kilku miejscach pracy nomenklatura. Autorka opisując zjawiska transportu ciepła i masy kilkakrotnie w pracy posługuje się pojęciami tzw. zewnętrznej i wewnętrznej wymiany ciepła i masy (np. Tabela 1 w publikacji nr 2). Zastosowanie takiego słownictwa w pracy jest dopuszczalne, ale wymaga doprecyzowania. Dlatego proszę Doktorantkę o wyjaśnienie terminologii oraz wytłumaczenie jaki jest związek i jakie są różnice w znaczeniu pomiędzy stosowanymi w pracy pojęciami „*external and internal heat and mass transfer*” oraz „*zewnętrzne i wewnętrzne opory transportu ciepła i masy*” w suszonej cząstce. Moja ostatnia uwaga odnosi się do publikacji nr 2 i dotyczy nieprzypadkowego, jak sędzę, braku analizy szybkości suszenia. A przecież przebieg zmian szybkości suszenia niesie cenne informacje. Dlatego proszę Doktorantkę o wyjaśnienie czym była podyktowana decyzja o tym, aby nie analizować szybkości suszenia. W publikacji nr 3 Doktorantka zbadła i przeanalizowała całe spektrum różnych właściwości świeżych i wysuszonych wytlóków z jabłek. Uzyskane wyniki są wartościowe i stanowią cenne uzupełnienie wiedzy o charakterystyce materiału, jakim są suche wytloki z jabłek. W szczególności bardzo wartościowa wydaje mi się część pracy poświęcona analizie zjawisk zachodzących w czasie eksperymentów wykonywanych za pomocą kalorymetrów skaningowych. Uzyskane w trakcie tych pomiarów informacje pomagają np. w zrozumieniu procesów zachodzących w materiale w trakcie jego spalania, co jest ważne nie tylko dla wiedzy

naukowej lecz także m.in. dla producentów np. urządzeń grzewczych. Moja ostatnia uwaga krytyczna dotyczy nie tyle samej pracy doktorskiej, którą stanowią trzy wyżej pokazane publikacje, lecz dołączonego do niej streszczenia. Wydaje się oczywiste, że zgodnie z treścią art. 13 ust. 4 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, streszczenie to nie mogło być i nie było przedmiotem oceny. Zatem ewentualne wady lub zalety streszczenia nie wpłynęły na moją ostateczną ocenę. Chcę jednak napisać o nim kilka słów. Otóż, dołączone do pracy streszczenie w języku polskim powieliła informacje zawarte w przedstawionych do oceny publikacjach i nie wnosi w tym względzie, z jednym wyjątkiem, nic nowego. Dlatego pewne zdziwienie może budzić fakt, że w streszczeniu tym znalazły się także informacje o wynikach badań, których nie było w trzech publikacjach stanowiących rozprawę doktorską. Mam tu na myśli głównie fragmenty streszczenia, w których Doktorantka krótko opisała metodykę i wyniki badań mikrofalowo-próżniowego suszenia wytlóków z jabłek. Podobnie, w sformułowanych w załączonym streszczeniu wnioskach można znaleźć informację o wynikach badań kilku modeli kinetyki suszenia, które nie były opisane w trzech publikacjach stanowiących pracę doktorską. Przytoczone wyniki są interesujące i z pewnością wzbogaciłyby pracę doktorską, gdyby zostały w niej uwzględnione. Bardzo proszę Doktorantkę o komentarz do tej sytuacji.

Z powyższego jasno wynika, że w ocenianej pracy można pod względem merytorycznym znaleźć i silne i słabe strony. Biorąc je wszystkie pod rozwagę uważam, że silne strony pracy przeważają. Dlatego **stwierdzam, że cele rozprawy zostały zrealizowane a tym samym trzeci z wymienionych wcześniej warunków pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy został spełniony.**

Podsumowując stwierdzam, że cel rozprawy doktorskiej został zrealizowany w zakresie i w sposób uzasadniający jej akceptację. Upoważnia mnie to do stwierdzenia, że recenzowana rozprawa, stanowiąca część pracy zbiorowej, spełnia wymagania Art. 13 ust.1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki stawiane rozprawom doktorskim i ukazuje kompetencje naukowe mgr inż. Weroniki Tulej w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Uważam zatem, że rozprawa doktorska pt. „*Potencjał materiałowo-energetyczny wytlóków z jabłek*” może być przyjęta przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, a jej Autorka dopuszczona do publicznej obrony.

