

Prof. dr hab. inż. Piotr KONIORCZYK
Instytut Techniki Lotniczej
Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

Warszawa, 13.03.2025 r.

Recenzja dorobku naukowego i dydaktycznego
dr. inż. Roberta Kaniowskiego w postępowaniu habilitacyjnym wszczętym 23 stycznia
2025 r. na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie zlecenia dr. hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk - Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej (pismo MAA-521/34/2025 z dnia 30.01.2025 r.). Podstawą opracowania recenzji jest dokumentacja dorobku przedstawiona przez Habilitanta do oceny. Recenzja została przygotowana zgodnie z wytycznymi określonymi w art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz.U. z 2024 r. poz. 1571), wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej zawartymi w poradniku: Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego, poradnik aktualizowany (ostatnia aktualizacja: 9 sierpnia 2023 r.).

2. Charakterystyka sylwetki Habilitanta

Dr inż. Robert Kaniowski w roku 2004 ukończył studia na Politechnice Świętokrzyskiej. W 2011 roku obronił, na Wydziale Budownictwa Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej, pracę doktorską pt. *Analiza struktur przepływu dwufazowego w minikanale asymetrycznie ogrzewanym*. W latach 2004-2013 był zatrudniony na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn, w Katedrze Termodynamiki i Mechaniki Płynów Politechniki Świętokrzyskiej, najpierw na stanowisku asystenta, a od 2013 r. do chwili obecnej na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego (zaliczony do liczby N). Dodatkowo od 2022 r. jest zatrudniony jako ekspert w Głównym Urzędzie Miar. O nadanie stopnia doktora habilitowanego ubiega się po raz pierwszy.

Dr inż. Robert Kaniowski jest aktywnym pracownikiem naukowym. W okresie przed obroną pracy doktorskiej był współautorem czterech referatów na konferencje krajowe (2) i międzynarodowe (2) oraz dwóch artykułów w czasopismach: LOGISTYKA (MNiSW: 6 pkt.) oraz POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA (MNiSW: 6 pkt.). Jest również współautorem dwóch rozdziałów w monografiach: *Termodynamika w nauce i gospodarce* (MNiSW: po 3 pkt. każda). Tematyka tych prac jest związana z analizą procesów wrzenia, w tym analizą pokryw porowatych intensyfikujących proces wrzenia oraz analizą procesów wrzenia w pionowym minikanale. Uczestniczył w czterech projektach badawczych, w których był wykonawcą. Projekty te dotyczą analizy procesów wrzenia w minikanalach o różnej geometrii i orientacji przestrzennej. Habilitant bierze również udział w programie współfinansowanym przez Unię Europejską pn.: *Program Rozwojowy Potencjału Dydaktycznego Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach: Kształcenie na miarę sukcesu,*

w którym prowadzi dla słuchaczy studiów podyplomowych w zakresie audytu energetycznego ćwiczenia z przedmiotów: ochrona cieplna budynków oraz źródła ciepła i chłodu.

Po obronie pracy doktorskiej, tj. w okresie po 2011 r. jego dorobek naukowy znacznie się powiększył. Jest autorem dwóch publikacji (jednej za 70 pkt. oraz jednej za 140 pkt.) oraz współautorem dziewięciu publikacji w renomowanych czasopismach naukowych (jednej publikacji za 200 pkt., pięciu publikacji po 140 pkt., jednej za 100 pkt. oraz dwóch publikacji po 70 pkt – punktacja wg listy czasopism punktowanych MNiSW) i materiałach konferencyjnych (szesnastu w materiałach konferencyjnych, w tym dwóch w międzynarodowych konferencjach naukowych: *Int. Conf. on Boiling and Condensation Heat Transfer* (2012) oraz *The Six International Conference on Transport Phenomena in Multiphase System HEAT'2011*. Stosunkowo skromna liczba prac samodzielnych opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach wynika z charakteru działalności Habilitanta, który działa w zespole wykonującym bardzo złożone pomiary. W takich pomiarach trudno pominąć osoby, które nie są dominujące, ale niezbędne przy pomiarach. Habilitant jest także współautorem rozdziałów w czternastu monografiach naukowych (każdy rozdział po 20 pkt.) oraz współautorem trzydziestu sześciu prac w czasopismach krajowych, w tym anglojęzycznych (większość po 20 pkt.). W 2022 r. Habilitant był również kierownikiem grantu NCN: *Wyznaczenie współczynników przejmowania ciepła podczas wrzenia na miedzianych, rozwiniętych powierzchniach* (czas trwania: 12 miesięcy), a w latach 2004-2024 wykonawcą w dziewięciu projektach badawczych NCN oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (lata 2004-2008 – 2 projekty, lata 2007-2012 – 2 projekty, lata 2014-2017 – 2 projekty, lata 2021-2024 – 3 projekty) realizowanych na Politechnice Świętokrzyskiej.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Habilitant przedłożył do oceny osiągnięcie naukowe pod tytułem: *Wymiana ciepła podczas wrzenia na powierzchniach z równoległymi mikrokanalami prostymi i pochylonymi* (wniosek dr. inż. Roberta Kaniowskiego z dnia 18 października 2024 r. o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna). W skład osiągnięcia wchodzi publikacje naukowe (indeksowane w bazie Web of Science), tzn.:

[A1] R. Kaniowski (udział własny 100%), Pool boiling for water on surfaces with inclined microchannel, Archives of Thermodynamics (2024), 45(2), 41-49. doi: 10.24425/ather.2024.150850. IF:0,9, 70 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A2] R. Kaniowski (udział własny 100%), Pool boiling of Novec-649 on inclined microchannel, Energies (2023), 16(5), 2476; IF:3,252, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A3] R. Kaniowski (udział własny 55%), R. Pastuszko, Egidijus Dragašius and Saulius Baskutis, Pool Boiling of Ethanol on Copper Surfaces with Rectangular Microchannels, Energies. (2023), 16(23), 2476; 1–19. IF:3,252, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A4] R. Kaniowski (udział własny 60%), R. Pastuszko, Pool boiling experiment with Novec-649 in microchannels for heat flux prediction, Experimental Thermal and Fluid Science. 141 (2023) 1–17. IF:3,37, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A5] R. Kaniowski (udział własny 55%), R. Pastuszko, Pool Boiling of Water on Surfaces with Open Microchannels, Energies. 14 (2021). IF:3,252, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A6] R. Kaniowski (udział własny 60%), R. Pastuszko, Boiling of FC-72 on surfaces with open copper microchannel, *Energies*. 14 (2021) 1–18. IF:3,252, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A7] R. Pastuszko, R. Kaniowski (udział własny 10%), N. Dadas, M. Bedla-Pawlusek, Pool boiling enhancement and a method of bubble diameter determination on surfaces with deep minichannels, *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 179 (2021) 1–15. IF:5,431, 200 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A8] S. Hożejowska, R. Kaniowski (udział własny 33%), R. Pastuszko, Application of the Trefftz method for pool boiling heat transfer on open microchannel surfaces, *Heat Transfer Engineering*. 43 (2021) 362–370. IF:2,431, 100 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

[A9] R. Pastuszko, R. Kaniowski (udział własny 33%), T.M. Wójcik, Comparison of pool boiling performance for plain micro-fins and micro-fins with a porous layer, *Applied Thermal Engineering*. 166 (2020) 1–9. IF:6,465, 140 pkt. wg listy czasopism punktowanych MNiSW;

W autoreferacie Habilitant podał swój udział procentowy w każdej publikacji. Udział został potwierdzony przez współautorów. Wszystkie publikacje, z listy dziewięciu proponowanych do oceny prac, powstały w latach 2020-2024.

Zapoznałem się ze wszystkimi dziewięcioma publikacjami wysoko punktowanymi (wg listy MNiSW) i na tej podstawie nabrałem przekonania o dominującej roli Habilitanta w sześciu publikacjach oraz o istotnej roli pomocniczej w pozostałych trzech publikacjach, które przedstawił jako osiągnięcie naukowe. Dodatkowo, jako osiągnięcie naukowe Habilitant wymienia dwie samodzielne publikacje po 20 pkt. każda wg listy czasopism punktowanych MNiSW:

[A10] R. Kaniowski (udział własny 100%), Wrzenie wody na powierzchniach miedzianych z mikrokanalami, *Książka referatów XXV Jubileuszowy Zjazd Termodynamików*, Politechnika Gdańska, 2023, 132 – 135;

[A11] R. Kaniowski (udział własny 100%), Wymiana ciepła podczas wrzenia etanolu dla powierzchni miedzianych z mikrokanalami prostymi i pochylonymi, *Postępy w badaniach wymiany ciepła i masy*, Politechnika Białostocka, 2022, 39 – 48.

Publikacje:

Tematyka osiągnięcia naukowego dr. inż. Roberta Kaniowskiego: *Wymiana ciepła podczas wrzenia na powierzchniach z równoległymi mikrokanalami prostymi i pochylonymi* jest aktualna, dotyczy problemów, które są obecnie w sferze zainteresowań badaczy tego problemu i nie budzi moich wątpliwości.

Wrzenie cieczy jest zjawiskiem złożonym, a badania eksperymentalne tego procesu są bardzo trudne. Jest to związane z dużymi różnicami temperatury sięgającymi nawet kilkuset stopni Celsjusza pomiędzy powierzchnią grzejną a powierzchnią cieczy w temperaturze nasycenia. Ogromne wartości gęstości strumienia ciepła sięgające milionów W/m^2 oraz współczynnika przejmowania ciepła sięgające nawet kilkudziesięciu tysięcy $W/m^2/K$ oddają skalę problemu, z jakim mierzy się badacz procesu wrzenia. W tym miejscu pozwolę sobie na uwagę krytyczną. Zachęcam Habilitanta do konsekwencji w oznaczaniu: gęstości strumienia ciepła przez $\dot{q}$, a nie przez q oraz jednostek współczynnika przejmowania ciepła przez $W/m^2/K$ (lub $\frac{W}{m^2 \cdot K}$), a nie przez odpowiednio: q oraz W/m^2K , jak to ma miejsce w pracy [A1]. Istotnymi czynnikami dla przebiegu zjawiska wrzenia są własności substancji, takie jak

gęstość w stanie ciekłym i parowym, napięcie powierzchniowe, entalpia parowania, współczynnik przewodzenia ciepła, lepkość, itd. Znaczący wpływ mają też niektóre domieszki innych substancji w postaci ciekłej lub gazowej. Na przebieg wrzenia w ogromnym stopniu wpływa też rodzaj i stan powierzchni grzejącej (chropowatość) oraz jej usytuowanie poziome lub pionowe. Z tego punktu widzenia niezwykle ważna jest analiza budowy stanowiska pomiarowego przedstawionego na rys. 1 w autoreferacie Habilitanta. Ze względu na bardzo oszczędne informacje z tym związane, które zostały zawarte w autoreferacie, nie miałem łatwego zadania przy ocenie wkładu Habilitanta w budowę stanowiska pomiarowego – rys. 1. Szczegółowa kwerenda literatury oraz dodatkowe wyjaśnienia Habilitanta skłoniły mnie do wniosku, że istotna modyfikacja i modernizacja tego stanowiska dokonana przez Habilitanta jest **oryginalna i stanowi istotny wkład Habilitanta w badaniach eksperymentalnych procesów wrzenia**. Samo stanowisko pomiarowe oceniam niezwykle wysoko i traktuję jako osiągnięcie na skalę światową grupy naukowców Politechniki Świętokrzyskiej, badających problemy wrzenia. Na podkreślenie zasługuje istotna rola Habilitanta w modyfikacji stanowiska. Stanowisko pomiarowe zilustrowane w autoreferacie Habilitanta na rys. 1 zostało zaprojektowane przez prof. Roberta Pastuszko z Politechniki Świętokrzyskiej. W 2015 roku Habilitant gruntownie zmodernizował moduł pomiarowy stanowiska. Celem modernizacji było zmniejszenie strat ciepła do otoczenia oraz zwiększenie odporności na wyższe temperatury podczas kryzysu wrzenia, wynikające z właściwości zastosowanych płynów. W ramach modernizacji stanowiska Habilitant zastosował uszczelnienia silikonowe odporne na działanie płynów, takich jak FC-72, Novec 649. Prace wykonano w ramach działalności statutowej uczelni, tj. projektu: *Wyznaczenie współczynników przejmowania ciepła na powierzchniach rozwiniętych*, którym w latach 2015-2016 kierował Habilitant. W ramach tego projektu:

- zmodyfikowano zamocowanie rdzenia grzejnego, który styka się z teflonową podkładką uszczelniającą (stanowisko pracuje przy dużych różnicach temperatury sięgających 250°C);

- w celu prawidłowej rejestracji obrazów rosnących i odrywających się pęcherzyków pary, zastosowano prostokątne wzierniki szklane z przekładkami ze spienionego teflonu, co umożliwiło kompensację ruchu szkła spowodowanego rozszerzalnością cieplną innych elementów stanowiska;

- zastosowano czystą cynę jako lut pomiędzy badaną próbką a rdzeniem grzejnym.

Wyżej wymienione działania modernizacyjne stanowiska wpłynęły na wzrost znaczenia omawianego układu pomiarowego w badaniach procesów wrzenia. Wyniki otrzymane na tym stanowisku zostały zamieszczone w publikacjach o zasięgu światowym, a układ pomiarowy posłużył również innym badaczom procesów wrzenia. Nowatorstwo modernizacji stanowiska przejawia się m.in. w zastosowaniu cyny pomiędzy badaną próbką a rdzeniem grzejnym. Cyna w stanie płynnym zmniejsza termiczny opór kontaktowy pomiędzy dwiema powierzchniami w stopniu niemożliwym do osiągnięcia dotychczas, tj. przy zastosowaniu past przewodzących. A podkreślić należy, że mamy tutaj do czynienia z wysoką temperaturą połączenia próbki z rdzeniem grzejnym, co generuje duże straty ciepła. W moim przekonaniu, jedynie skromnością Habilitanta można tłumaczyć fakt, że wykonaną przez siebie kluczową – moim zdaniem - modernizację stanowiska zilustrowanego na rys. 1 przedstawił w tak zwięzłej formie i nie uwypuklił jej w zestawieniu osiągnięć (w autoreferacie). Autorskim projektem Habilitanta, powstałym przed obroną doktoratu, było stanowisko do badania wrzenia w przepływie, przedstawione w autoreferacie na rys. 14 i 15, które powstało w ramach grantu pn. *Projekt badawczy MNiSW, nr grantu 3 T10B 01527: Analiza wymiany ciepła i struktur przepływu dwufazowego przy wrzeniu w minikanalach o różnej geometrii i orientacji przestrzennej* (kierownik projektu: prof. M. Poniewski), realizowanego w latach 2004–2008. Stanowisko to było wykorzystywane i rozbudowywane w późniejszych latach przez prof. M. Piasecką wraz z zespołem. Udział Habilitanta przy budowie stanowiska

pomiarowego do rozpoznawania dwufazowych struktur przepływowych, jak również układu do wykonywania pomiarów ciepłno-przepływowych potwierdził w oświadczeniu prof. M. Poniewski – promotor pracy doktorskiej Habilitanta, który zaznaczył, że zdobyta wiedza Habilitanta, a także wyniki pomiarów eksperymentalnych i jego rozważań teoretycznych, przyczyniły się do powstania poniższych - nie wymienionych jako dokonania - publikacji:

- S. Hożejowska, R. Kaniowski, M.E. Poniewski, *Experimental investigations and numerical modeling of 2D temperature fields in flow boiling in minichannels*, Experimental Thermal and Fluid Science. 78 (2016) 18–29;
- S. Hożejowska, R. Kaniowski, M.E. Poniewski, *Application of adjustment calculus to the Trefftz method for calculating temperature field of the boiling liquid flowing in a minichannel*, International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow. 24 (2014);
- R. Kaniowski, M.E. Poniewski, *Measurements of two-phase flow patterns and local void fraction in vertical rectangular minichannel*, Archives of Thermodynamics. 34 (2013).

Kolejnym osiągnięciem Habilitanta jest opracowanie i modernizacja metod wytwarzania powierzchni strukturalnych z mikrokanalami. Wygładzanie powierzchni płyt z miedzi za pomocą proszków korundowych jest kłopotliwe, ponieważ ze względu na ciągliwość miedzi nie można uzyskać lustrzanej powierzchni. Podobne problemy pojawiają się przy frezowaniu mikrokanalów w takich płytach. W badaniach procesów wrzenia zawartych w ocenianych artykułach Habilitanta tak zwane powierzchnie strukturalne wykonano w płytach miedzianych. Zostały one wytworzone według projektu Habilitanta poprzez obróbkę skrawaniem z wykorzystaniem frezarki CNC. Pierwsze powierzchnie do badań wytworzono za pomocą frezów palcowych o średnicach od 0,2 do 0,5 mm. Ponieważ utrzymanie chropowatości na odpowiednim poziomie było niemal niemożliwe przy zastosowaniu tej technologii, Habilitant zastosował frezy tarczowe, co spowodowało, że powierzchnie spełniały wymagania, zapewniając niemal stałą wartość chropowatości R_a . Opis tych metod zawarto w pracach [A3], [A4] oraz w pracy: R. Kaniowski, R. Pastuszko, J. Kowalczyk, Ł. Nowakowski, *Bubble departure diameter determination for pool boiling on surface with microchannels*, E3S Web Conf. 70 (2018) 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187002008> (MNiSW: 15 pkt.), która nie została wymieniona przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe. **Zespół czynności związanych z nacięciem mikrokanalów, w tym mikrokanalów o kącie nachylenia 30° oraz 60° wraz z oceną chropowatości dna mikrokanalu oraz czola mikrokanalu oraz stworzenie systemu oceny powierzchni strukturalnych w badaniach procesów wrzenia, w których parametrem są nie tylko wymiary mikrokanalów, ale ich chropowatość stanowi – moim zdaniem – istotne osiągnięcie naukowe.** W każdym znaczącym artykule nie tylko opis metody, ale również szczegóły związane z wykonaniem próbek stanowią o wartości i randze prezentowanych badań. Odpowiednie przygotowanie próbek decyduje o znaczeniu wyników pomiaru. Analiza różnych aspektów i parametrów procesu wrzenia ma sens jedynie wówczas, gdy wyniki pomiarów są wiarygodne. Stąd czynności związane z modernizacją stanowiska pomiarowego oraz przygotowaniem powierzchni próbek z miedzi są kluczowe, często niedoceniane, a w rzeczywistości stanowią istotę badań.

Jako znaczące osiągnięcie naukowe w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, Habilitant wymienia: *wyznaczenie krytycznych gęstości strumienia ciepła oraz współczynników przejmowania ciepła dla różnych parametrów geometrycznych powierzchni*. W tym przypadku osiągnięcie Habilitanta nie polega na opracowaniu nowej metody wyznaczenia obu parametrów, a na ich pomiarze dla płynów, dla których brak jest w literaturze danych, bądź są niepełne. Brakuje tych danych ze względu na ekstremalne wartości gęstości strumienia ciepła oraz współczynników przejmowania ciepła. **Dlatego – moim zdaniem - wyznaczenie krytycznych gęstości strumienia ciepła oraz współczynników przejmowania ciepła dla**

różnych parametrów geometrycznych powierzchni stanowi istotne osiągnięcie Habilitanta.

Habilitant wyznaczył krytyczne gęstości strumienia ciepła oraz współczynniki przejmowania ciepła dla powierzchni z mikrokanalami prostymi i pochyłymi, przy zastosowaniu płynów takich jak woda, etanol, FC-72 i Novec 649. W literaturze światowej niewiele jest prac dotyczących badanych powierzchni oraz zastosowanych przez Habilitanta płynów (szczególnie FC-72 i Novec – 649). Świadczą o tym prace: [A1-A4, A7, A8, A10-A11] oraz prace, których Habilitant nie wymienił jako osiągnięcie naukowe, ale stanowią uzupełnienie:

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Pool boiling visualization of Novec-649 and FC-72 on copper microchannels*, EPJ Web Conf. 213 (2019) 02037.

<https://doi.org/10.1051/epjconf/201921302037>. MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, M. Bedla-Pawlusek, Ł. Nowakowski, *Study of pool boiling heat transfer with FC-72 on open microchannel surfaces*, EPJ Web Conf. 213 (2019) 02038.

<https://doi.org/10.1051/epjconf/201921302038>. MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Comparison of heat transfer coefficients of open microchannels and plain micro-fins*, EPJ Web Conf. 180 (2018) 02041.

<https://doi.org/10.1051/epjconf/201818002041>. MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Pool boiling of ethanol and FC-72 on open microchannel surfaces*, EPJ Web Conf. 180 (2018) 02042. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201818002042>.

MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Comparison of heat transfer coefficients of open microchannels and plain micro-fins*, EPJ Web Conf. 180 (2018) 02041.

<https://doi.org/10.1051/epjconf/201818002041>. MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Boiling of a refrigerant of low GWP on the surface with copper microchannels*, E3S Web Conf. 70 (2018) 02007.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187002007>. MNiSW: 15 pkt.

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, J. Kowalczyk, Ł. Nowakowski, *Bubble departure diameter determination for pool boiling on surface with microchannels*, E3S Web Conf. 70 (2018) 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187002008>. MNiSW: 15 pkt.

Wyniki badań Habilitanta stanowiące o wartości osiągnięcia naukowego pod tytułem: *Wymiana ciepła podczas wrzenia na powierzchniach z równoległymi mikrokanalami prostymi i pochyłymi* pozwoliły na identyfikację istotnych parametrów wpływających na efektywność wymiany ciepła, takich jak: geometria mikrokanalów, właściwości materiałów oraz warunki pracy układu. Analiza danych eksperymentalnych w połączeniu z modelowaniem teoretycznym umożliwiła wyznaczenie zależności pomiędzy strukturą powierzchni a krytyczną gęstością strumienia ciepła, współczynnikiem przejmowania ciepła i stabilnością procesu wrzenia [A1-A4]. **Możemy zatem mówić o opracowaniu optymalnych kierunków działania w projektowaniu analizowanych powierzchni rozwiniętych, jako rezultacie wykonanych badań teoretycznych i eksperymentalnych, co stanowi istotne osiągnięcie naukowe Habilitanta.** Wnioski z tych badań stanowią solidną podstawę do dalszej optymalizacji konstrukcji rozpraszaczy ciepła, z uwzględnieniem specyficznych warunków operacyjnych i wymagań aplikacyjnych.

W swoim autoreferacie Habilitant, jako znaczące osiągnięcie naukowe w dyscyplinie inżynieria mechaniczna wymienia: określenie średnic oraz częstotliwości odrywania się pęcherzyków pary w miejscach nukleacji oraz analiza procesu ich łączenia się jako wynik badań wizualizacyjnych. Analiza tego osiągnięcia, którą przeprowadziłem w oparciu o dodatkową kwerendę literatury (na podstawie wykazu osiągnięć naukowych załączonych przez Habilitanta do dokumentacji związanej z habilitacją) prowadzi do wniosku, że określenie średnic i częstotliwości odrywania się pęcherzy pary zostało przeprowadzone autorską metodą Habilitanta, która częściowo została opisana w artykułach [A4, A6, A7, A9] oraz w pracach, które nie zostały wymienione w autoreferacie, tzn.:

- R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Bubble departure diameter during pool boiling from enhanced surfaces with microchannel*, Contemporary Issues of Heat and Mass Transfer, Politechnika Koszalińska, 2019, 259 –271. MNiSW: 20 pkt.;
 - R. Pastuszko, R. Kaniowski, *Pool boiling visualization on plain micro-fins and micro-fins with sintered perforated foil*, in: Eurotherm2016, 2016.;
<http://www.eurotherm2016.agh.edu.pl/ocs/index.php/et2016/et2016/paper/view/238> (accessed March 10, 2021);
 - R. Kaniowski, R. Pastuszko, *Pool boiling visualization of Novec-649 and FC-72 on copper microchannels*, EPJ Web Conf. 213 (2019) 02037.
<https://doi.org/10.1051/epjconf/201921302037>. MNiSW: 15 pkt.;
 - R. Kaniowski, R. Pastuszko, J. Kowalczyk, Ł. Nowakowski, *Bubble departure diameter determination for pool boiling on surface with microchannels*, E3S Web Conf. 70 (2018) 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187002008>. MNiSW: 15 pkt.
- Jest to istotny i znaczny wkład Habilitanta w rozwój metod badania procesów wrzenia.**

Kolejnym osiągnięciem naukowym dr. inż. Roberta Kaniowskiego, które wymienia w autoreferacie jest: zaproponowanie procesu projektowania i badania wysoce efektywnych rozpraszaczy i wymienników ciepła dostosowanych do pracy w zadanych temperaturach, które mogą przenosić znaczne gęstości strumienia ciepła i przez to znaleźć zastosowanie w chłodzeniu systemów oświetleniowych, elektroniki oraz systemów dużej skali integracji. Analiza tego osiągnięcia w oparciu o wymienione prace Habilitanta nie jest jednoznaczna, tzn. trudno znaleźć gotowe recepty i w punktach wyszczególnione kroki postępowania w tym zakresie. Powszechnie wiadomo, że przy projektowaniu efektywnych rozpraszaczy ciepła jednym z istotnych parametrów jest geometria powierzchni, zakres temperatury pracy i ilość odbieranego ciepła (gęstość strumienia ciepła). Niemniej jednak stwierdzam, że we wszystkich pracach [A1-A9] można znaleźć wytyczne dotyczące projektowania tego procesu, takie jak geometria struktury, współczynniki przejmowania ciepła, krytyczne gęstości strumienia ciepła, przegrzanie powierzchni względem temperatury nasycenia, a także zastosowane techniki wytwarzania umożliwiające pożądane parametry pracy rozpraszacza. **Dlatego traktuję te elementy procesu projektowania i badania wysoce efektywnych rozpraszaczy i wymienników ciepła jako istotne osiągnięcie Habilitanta.**

Reasumując:

Uważam, że przedstawiony do oceny przez dr. inż. Roberta Kaniowskiego jako osiągnięcie naukowo-badawcze cykl publikacji, stanowi integralną całość o wysokiej wartości merytorycznej i jest tym samym osiągnięciem naukowym stanowiącym znaczny i istotny wkład Habilitanta w rozwój badań wymiany ciepła podczas wrzenia na powierzchniach z równoległymi mikrokanalami prostymi i pochylonymi.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej

Dorobek naukowo-badawczy

Dorobek naukowo-badawczy dr. inż. Roberta Kaniowskiego został już przedstawiony w skrótovej wersji w punkcie 2. niniejszej recenzji. W tym miejscu chciałbym sprecyzować niektóre aspekty publikacyjne Habilitanta. W 2011 r. uzyskuje on stopień doktora nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn. Po uzyskaniu stopnia doktora publikuje on w różnych czasopismach, w tym o zasięgu światowym, między innymi:

- w 2013 roku, jako współautor, pracę w czasopiśmie *Archives of Thermodynamics* (Impact Factor: 0,9), która do tej pory doczekała się 16 cytowań;

- w 2016 roku, jako współautor, artykuł w czasopiśmie *Experimental Thermal and Fluid Science* (Impact Factor: 3,37), który doczekał się 30 cytowań;
- w 2021 roku, jako współautor, artykuł w czasopiśmie *International Journal of Heat and Mass Transfer* (Impact Factor: 5,431), który doczekał się 21 cytowań;
- w 2021 roku, jako współautor, artykuł w czasopiśmie *Energies* (Impact Factor: 3,252), który doczekał się 33 cytowań;
- w 2021 roku, jako współautor, artykuł w czasopiśmie *Heat Transfer Engineering* (Impact Factor: 2,431), który doczekał się 12 cytowań
- w 2023 roku, jako współautor, artykuł w czasopiśmie *Experimental Thermal and Fluid Science* (Impact Factor: 3,37), który doczekał się 15 cytowań.

Habilitant jest uznanym ekspertem w zakresie eksperymentalnych aspektów badania procesów wrzenia, tzn. budowy stanowisk pomiarowych związanych z badaniami procesów wrzenia oraz identyfikacji istotnych parametrów wpływających na efektywność wymiany ciepła podczas tych procesów. Świadczą o tym wystąpienia na krajowych oraz międzynarodowych konferencjach naukowych związanych z pomiarami współczynników przejmowania ciepła oraz gęstości strumienia ciepła podczas wrzenia różnych cieczy, zestawione przez Habilitanta w wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny (rozdział II, pkt. 2.1-2.16).

Według bazy Web of Science (WoS) dla dr. inż. Roberta Kaniowskiego mamy następujące dane naukometryczne: indeks Hirscha ma wartość 11 (w momencie złożenia dokumentów: 10), ilość cytowań w latach 2011-2025 wynosi 287 (bez autocytowań 230). Sumaryczny Impact Factor z cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych wynosi 31,605. Według Google scholar indeks Hirscha Habilitanta wynosi 12, ilość cytowań: 369.

Po obronie doktoratu, tzn. po 2011 r. Habilitant uczestniczy, jako wykonawca, w sześciu projektach badawczych realizowanych na Politechnice Świętokrzyskiej. Do najważniejszych projektów NCN z tego okresu można zaliczyć dwa: projekt nr UMO-2013/09/B/ST8/02825, pt. *Wpływ rozwiniętych powierzchni grzejnych na wymianę ciepła przy wrzeniu w przepływie przez mini przestrzenie (czas trwania: 2014 – 2017)* oraz Projekt nr N N512 354037 (1.31/6.16) pt. *Analiza wrzenia w przepływie przez mini kanały prostokątne* (czas trwania: 2009 – 2012). Najważniejszym projektem NCN, który pozwolił Habilitantowi uporządkować zdobytą wiedzę i uzupełnić brakujące elementy dorobku przedstawionego przez Habilitanta do oceny, był kierowany przez niego projekt NCN, Miniatura 5: *Wyznaczenie współczynników przejmowania ciepła podczas wrzenia na miedzianych, rozwiniętych powierzchniach* (okres realizacji: 12 miesięcy, data rozpoczęcia: 2021-12-15, data zakończenia: 2022-12-14).

Działalność dydaktyczna

Od 2004 roku do chwili obecnej Habilitant pracuje na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn, w Katedrze Termodynamiki i Mechaniki Płynów Politechniki Świętokrzyskiej. Jest promotorem jedenastu prac inżynierskich i dwóch prac magisterskich. Od 2008 r. do chwili obecnej jest opiekunem pierwszego roku Inżynierii Bezpieczeństwa. Jest promotorem pomocniczym w czterech przewodach doktorskich – dwóch na Politechnice Świętokrzyskiej i dwóch na Akademii Górniczo-Hutniczej. Prowadził zajęcia z przedmiotów kierunkowych i specjalnościowych na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na kierunkach: *Automatyka i Robotyka, Mechanika i Budowa Maszyn, Inżynieria Bezpieczeństwa, Transport, Inżynieria Środków Transportu, Wzornictwo Przemysłowe, Mechanical Engineering* oraz na studiach podyplomowych – *Audyt Energetyczny*, a także dziewiętnaście przedmiotów w ramach programu Erasmus: *Czynniki i skutki zagrożeń akustycznych; Fizyka; Fluid Mechanics;*

Fundamentals of Thermodynamics; Heat Transfer and Fluid Flow Systems; Komputerowe wspomaganie w dynamice przepływów i wymianie ciepła; Mechanika ogólna; Mechanika płynów; Mechanika płynów i maszyny ciepłno-przepływowe; Maszyny ciepłno-przepływowe; Napędy i sterowanie hydrauliczne i pneumatyczne; Ochrona cieplna budynków; Termodynamika; Thermodynamics; Teoria maszyn i mechanizmów; Podstawy chłodnictwa i klimatyzacji; Podstawy techniki cieplnej; Wymiana ciepła i wymienniki ciepła; Źródła ciepła i chłodu. Jest autorem siedmiu stanowisk laboratoryjnych dla studentów (wyznaczanie wydatku objętościowego i masowego kryzy pomiarowej; pomiar ciśnień; pomiar temperatury metodą stykową i bezstykową; wyznaczenie charakterystyki wentylatora promieniowego; wyznaczenie współczynnika oporu oraz czynnika kształtu cząstek w płynie; obserwacja prawa Boyle’a-Mariotte’a; obserwacja prawa Gay-Lussaca. Zmodernizował stanowisko pomiarowe w laboratorium termodynamiki polegające na skomputeryzowaniu pomiaru temperatury oraz zastosowaniu kamery termograficznej dla modułu z rurą cieplną.

Habilitant bierze aktywny udział w komitetach naukowych i organizacyjnych konferencji, periodyków naukowych oraz jako członek różnych instytucji naukowych w Polsce i na świecie.

Pełnione funkcje w komitetach konferencji:

- członek Komitetu Organizacyjnego 55. Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów, Wrocław, 20 – 22 września 2023 r.;
- członek Komitetu Organizacyjnego 56. Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów, Wrocław, 18 – 20 września 2024 r.;
- Sekretarz Komitetu Organizacyjnego Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy 2025, Politechnika Świętokrzyska.

Pełnione funkcje w komitetach i instytucjach naukowych:

- członek Stowarzyszenia Zbiorowego Zarządzania Prawami Autorskimi Twórców Dzieł Naukowych i Technicznych (KOPIPOL) (od 2005 r.) oraz członek Komisji Rewizyjnej (od 2021 r. do chwili obecnej).

Działalność w periodykach naukowych:

- redaktor specjalnego wydania w czasopiśmie *Energies* w okresie 2024 – 2025: Modeling, Optimization and Experimental Investigation of Heat Exchangers for Power Plants, sekcja: Heat and Mass Transfer.
- recenzent w czasopiśmie międzynarodowym: *Applied Thermal Engineering* 2024 Porous mesh manifold for enhanced pool boiling performance; Konferencja MKM 2024: Badanie wpływu struktur nanorurek węglowych na zmiany sił tarcia; Konferencja MKM 2023: Analiza dokładności uwikłanego pomiaru pośredniego; *Energy* 2023: *Experimental study and prediction on the thermal management performance of SDS aqueous solution based microchannel flow boiling system*; *Energies* 2023: *Single-phase forced convection inside microfin tubes*; *Coatings* 2021: *The Local Distribution of Temperatures and Entropy Generation*; *Micromachines* 2021: *Numerical study on the fluid flow and heat transfer*.

Uczestnictwo w programach i stażach międzynarodowych:

- Kowno 2024 – 5-dniowe szkolenie ERASMUS+;
- Kowno 2023 – 5-dniowe prowadzenie zajęć dydaktycznych ERASMUS+;
- Ryga 2022 – 5-dniowe prowadzenie zajęć dydaktycznych ERASMUS+;
- „Program Rozwojowy Potencjału Dydaktycznego Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach: kształcenie na miarę sukcesu” Program Operacyjny Kapitał Ludzki – projekt

współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Kapitał Ludzki, 2008-2009, prowadzenie ćwiczeń z przedmiotów: ochrona cieplna budynków oraz źródła ciepła i chłodu dla słuchaczy studiów podyplomowych „Audyt energetyczny”;

- udział w programie stażowym realizowanym w ramach projektu „Inwencja – Transfer wiedzy, technologii i innowacji wsparciem dla kluczowych specjalizacji świętokrzyskiej gospodarki i konkurencyjności przedsiębiorstw” – Kielce 2012-2014 (łącznie czas stażu 16 miesięcy). Wynikiem stażu było wykonanie dwóch zadań: optymalizacja śruby Archimedesesa w mikroelektrowni oraz projekt urządzenia do przetwarzania pofermentu;
- Instytut Wymiany Ciepła i Masy im. Łykowa, Mińsk, Białoruś – pobyt badawczy, studyjny i konsultacyjny (luty 2005);
- współpraca z Kaunas University of Technology Department of Engineering Mechanics od 2022, (pobyt sierpień 2022) Kierownik Katedry dr Saulius Baskutis dotycząca inżynierii powierzchni rozpraszaczy ciepła. Wynikiem jest publikacja: Robert Kaniowski, R. Pastuszko, Egidijus Dragašius and Saulius Baskutis, Pool Boiling of Ethanol on Copper Surfaces with Rectangular Microchannels, *Energies*. (2023), 16(23), 2476; 1–19. <https://doi.org/10.3390/en16237883>. IF:3,252, MEiN: 140 pkt.

Nagrody

- Medal Brązowy za Długoletnią Służbę (8.11.2018);
- Medal Komisji Edukacji Narodowej (27.07.2020);
- nagrody Rektora Politechniki Świętokrzyskiej: III stopnia za działalność organizacyjną (14.10.2016); III stopnia za działalność organizacyjną (15.10.2018); II stopnia za działalność naukową i organizacyjną (14.10.2019); II stopnia za działalność organizacyjną (14.10.2020); I stopnia za działalność naukową i organizacyjną (14.10.2021); II stopnia za działalność naukową i organizacyjną (14.10.2022); II stopnia za działalność naukową i organizacyjną (13.10.2023).

Habilitant był recenzentem jedenastu prac inżynierskich oraz dwóch prac magisterskich (w latach 2018-2023).

Podsumowując dorobek dydaktyczny, popularyzatorski oraz współpracę międzynarodową Habilitanta, na szczególne wyróżnienie zasługuje szesnaście referatów (w tym czternaście referatów po obronie pracy doktorskiej) na konferencjach krajowych i międzynarodowych, w tym referaty na kolejnych Zjazdach Termodynamików oraz Sympozjach Wymiany Ciepła i Masy:

- R. Kaniowski: *Wrzenie wody na powierzchniach miedzianych z mikrokanalami*, XXV Jubileuszowy Zjazd Termodynamików 2023;
- R. Kaniowski, R. Pastuszko, N. Dadas: *Wizualizacja wrzenia FC-72 na miedzianych mikrokanalach otwartych*, XXV Jubileuszowy Zjazd Termodynamików, 2023;
- R. Kaniowski: *Wymiana ciepła podczas wrzenia etanolu dla powierzchni miedzianych z mikrokanalami prostymi i pochylonymi*, Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy 2022;
- R. Kaniowski, R. Pastuszko: *Wizualizacja wrzenia etanolu na powierzchniach miedzianych z równoległymi mikrokanalami*, Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy 2022;
- R. Kaniowski, R. Pastuszko: *Pool boiling of ethanol on surfaces with open microchannels*, XXIII Zjazd Termodynamików 2017.

Podsumowanie oceny istotnej aktywności naukowej

Dorobek naukowo-badawczy dr. inż. Roberta Kaniowskiego jest duży i budzi uznanie. Należy podkreślić, że istnieje duże zapotrzebowanie środowisk naukowych oraz przemysłowych, głównie w energetyce, na opracowanie wydajnych wymienników ciepła, rozpraszaczy ciepła oraz specjalnych powierzchni umożliwiających zwiększenie współczynnika przejmowania ciepła i odprowadzanego strumienia ciepła. Eksperymentalna analiza procesów wrzenia oraz metod diagnozowania i badania tych procesów stanowią istotne osiągnięcie Habilitanta. Habilitant wnosi tym samym znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynierii mechanicznej.

5. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z całokształtem działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej oraz osiągnięciem naukowym pod tytułem: *Wymiana ciepła podczas wrzenia na powierzchniach z równoległymi mikrokanalami prostymi i pochylonymi*, stwierdzam, że Habilitant posiada znaczący i oryginalny dorobek naukowo-badawczy. Podsumowując, uznaję, że Habilitant spełnia wymagania niezbędne do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego wynikające z:

- art. 219 ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 j.t.);
- wytycznych Rady Doskonałości Naukowej zawartych w poradniku: Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego (9 sierpnia 2023 r.).

Wnioskuje o dopuszczenie dr. inż. Roberta Kaniowskiego do dalszego postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Kaniowski *Piotr*