

Dr hab. inż. Cezary SZCZEPAŃSKI

Profesor

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa

## Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Remigiusza JASIŃSKIEGO

Recenzję przygotowano w odpowiedzi na pismo z dnia 24 października 2023 r. przesłane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej.

Przedstawiony do oceny komplet dokumentów odpowiada ustawowym wymogom postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, a ocenę całościowego dorobku Kandydata wykonałem na podstawie Art. 219. Warunki nadania stopnia doktora habilitowanego, ust. 1 pkt 2, Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2020, art. 219).

Kandydat uzyskał 9.07.2019 roku na Politechnice Poznańskiej stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport na podstawie rozprawy zatytułowanej „Ocena emisji masowej i wymiarowej nanocząstek z silników lotniczych”. Pan dr inż. Remigiusz Jasiński nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

### **1 PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ**

Pan dr Jasiński rozpoczął pracę zawodową w dniu 1.10.2018 w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu, ówczesnie Wydziale Inżynierii Transportu a później Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu, w Instytucie Silników Spalinowych i Napędów, ówczesnie Instytucie Silników Spalinowych i Transportu, w

Zakładzie Lotnictwa. Do 30.09.2019 był zatrudniony na stanowisku asystenta, a później adiunkta, na którym pozostaje do dziś.

## **2 OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO BĘDĄCEGO PODSTAWĄ POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO**

Habilitant zgodnie z wymaganiami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2020, art. 219), jako osiągnięcie naukowe pt. „METODY OCENY I OGRANICZENIA EMISJI NANOCZĄSTEK STAŁYCH Z SILNIKÓW LOTNICZYCH W ASPEKCIE ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA PYŁEM ZAWIESZONYM”, przedstawił cykl ośmiu prac (P1 – P8) oraz jedno osiągnięcie projektowe, którego wyniki zawierają publikacje PR1 i PR2. Prace te zostały omówione w załączonym Autoreferacie, pokazując ich ciągłość i spójność tematyczną. Potwierdzają one realizację celu działalności naukowej Habilitanta, jakim jest ocena emisji cząstek stałych (PM – *particulate matter*) z silników lotniczych w aspekcie parametryzacji jakości powietrza.

Cykl obejmuje prace powstałe w latach 2019–2022. Większość z prac było zamieszczonych w punktowanych czasopismach naukowych, co przełożyło się na sumaryczny współczynnik oddziaływania IF prezentowanego osiągnięcia naukowego równy 18,92. Pisma, w których opublikowano artykuły to uznane wydawnictwa specjalistyczne takie, jak *Energis* IF=3,252, *Aerospace* IF=2,66 należące do Grupy MDPI oraz *Problemy Transportu*. Ostatni artykuł P8 jest publikacją konferencyjną na 2nd International Conference on the Sustainable Energy and Environmental Development opublikowaną w serii wydawniczej IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science wydawnictwa IOP Publishing. Habilitant przedstawił wymagane ustawowo oświadczenia współautorów co do zakresu prowadzonych prac, opisał także swój udział w publikacjach zgłoszonych do osiągnięcia naukowego. Świadczą one o jego kluczowej wiodącej roli w planowaniu badań, prowadzeniu pomiarów i badań oraz interpretacji otrzymanych wyników i ich dyskusji.

Działalność naukowa dr inż. Remigiusza Jasińskiego związana jest z badaniem emisji oraz imisji cząstek stałych powstających podczas spalania paliw przez zespoły napędowe statków powietrznych, pojazdów lądowych i okrętów. Wynikiem tych badań są wnioski odnośnie profili pracy zespołów napędowych, stosowanych paliw oraz sposobów

mierzenia zanieczyszczeń powietrza cząstkami stałymi, które definiuje jako aglomeraty sadzy z zaadsorbowanymi substancjami toksycznymi. W swoich badaniach, zgodnie z najnowszymi osiągnięciami naukowymi w tej dziedzinie, Habilitant przyjął nomenklaturę badanych cząstek stałych w postaci: cząstki drobne (*fine particles* lub nanocząstki) to cząstki mniejsze niż 1  $\mu\text{m}$  (PM1), natomiast cząstki najdrobniejsze (*ultrafine particles*) to cząstki o średnicy poniżej 0,1  $\mu\text{m}$  (PM0,1). Kluczową wielkością dla badania i oddziaływania cząstek stałych jest ich liczba (PN – *particle number*) i rozkład wymiarowy. To właśnie najmniejsze cząstki stałe są jedną z przyczyn chorób układu oddechowego i serca. Tak więc badania dra Jasińskiego nabierają dodatkowego, nie technicznego wymiaru, biorąc pod uwagę, że głównym źródłem tych najmniejszych cząstek jest transport, w tym lotniczy. Celem osiągnięcia naukowego zgłoszonego do oceny jest wypracowanie metod oceny emisji cząstek stałych (PM) z silników lotniczych w aspekcie parametryzacji jakości powietrza, z uwzględnieniem alternatywnych paliw lotniczych. Ten ostatni aspekt jest bardzo ważny i pilny, gdyż planuje się wprowadzenie w najbliższym czasie takich paliw do napędu samolotów, szczególnie pasażerskich.

W artykułach tworzących osiągnięcie naukowe Habilitant przedstawił badania emisji PM z odrzutowych silników różnych wielkości i zastosowań: F100-PW-229 napędzającego samolot wielozadaniowy F-16, turbowentylatorowego DGEN 360 napędzającego samoloty cywilne oraz mikro turbin GTM-120 i GTM-140 stosowanych w badaniach laboratoryjnych. Artykuł P1 zawiera wyniki badań emisji PM silnika F100-PW-229 podczas pracy z dopalaczem, odbywającej się zwykle podczas startów i pokazów lotniczych. Literatura światowa zawiera szczątkowe badania tego typu nie pozwalające na ocenę wpływu krótkotrwałego lecz intensywnego oddziaływania PM w dużym stężeniu na ludzi. Wraz z wynikami badań przedstawionymi w P8 Autor doszedł do wniosku, że po wyznaczeniu stężenia masowego cząstek stałych w spalinach silnika F100-PW-229 przy parametrach pracy odpowiadających wszystkim fazom przyziemnym lotu, t.j. startowi, kołowaniu, lądowaniu i wykorzystaniu dopalacza, nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej wartości parametru jakości powietrza PM<sub>2,5</sub> na poziomie 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jedynie podczas startu wartość ta była minimalnie przekroczona. Pozytywna ocena jakości powietrza jest skutkiem tego, że silnik odrzutowy emituje przede wszystkim PM o średnicach mniejszych niż 20 nm. Ich masa jest bardzo mała i nieznacznie wpływa na parametry PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> (o wymiarach 2,5  $\mu\text{m}$  i 10  $\mu\text{m}$ ), które są obecnie głównym miernikiem czystości powietrza. Habilitant, na podstawie tych badań, zaproponował rozpoczęcie prac nad zmianą parametrów

służących całościowej ocenie jakości powietrza, pamiętając że duże stężenie bardzo małych PM teraz nieuwzględnianych jest niebezpieczne.

Sposobem obniżania emisji spalin jest zastosowanie paliw alternatywnych, tzw. SAF (Sustainable Aviation Fuel). Norma ASTM D7566 określa siedem typów takich paliw dla zastosowań lotniczych. W publikacji P5 Habilitant wykonał przegląd takich paliw, a w publikacji P6 przedstawił wyniki badań emisji spalin oraz podstawowych parametrów silników dla różnych udziałów SAF w paliwie. Badaniom poddał mieszaniny paliw Jet A-1 (standardowa nafta lotnicza) z ATJ (paliwo SAF typu alcohol-to-jet) lub typu HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). Oprócz zalecanej proporcji paliw 1:1 dla paliwa typu ATJ przebadano także silnik zasilany tylko paliwem ASF. Dla paliwa HEFA jego udział nie przekraczał 30%. Dla silnika GTM-120 Habilitant nie stwierdził zwiększenia wartości zużycia jednostkowego paliwa dla ciągów powyżej 20%. Dla niższych ciągów zaobserwował zwiększenie wartości jednostkowego zużycia paliwa o około 10% dla paliwa ATJ i zmniejszenie wartości jednostkowego zużycia paliwa do 18%. Dla silnika DGEN 360 zauważył zmniejszenie jego ciągu o około 3% przy paliwie ATJ czego nie było dla paliwa HEFA. Ponadto stwierdził, że charakterystyka jednostkowego zużycia paliwa w zależności od siły ciągu nie zmieniła się w sposób zauważalny przy zastosowaniu żadnego z biopaliw. Zauważył też wzrost temperatury gazów wylotowych wraz ze zwiększeniem udziału paliwa ATJ. Dokładna analiza emisji PM z tego silnika przy dodatku paliwa ATJ jest tematem artykułu P3. Z przeprowadzonych badań wynika wniosek, że zastosowanie paliwa ATJ do 30% objętości pozwala zmniejszyć wskaźniki liczby i masy PM aż do poziomu 50% dla najwyższych udziałów ATJ w mieszance paliwowej. Ponadto, Autor stwierdził zmniejszenie udziału siarki i węglowodorów aromatycznych oraz zwiększenie stosunku wodoru do węgla w paliwie (wskaźnik H/C), co jest jednym z głównych czynników wpływających na ograniczenie emisji PM z silników odrzutowych. Zidentyfikował dodatkowe zjawiska związane z wykorzystaniem biopaliw w postaci zwiększenia udziału wodoru w paliwie co ogranicza powstawanie sadzy i zwiększa wskaźnik H/C. Podobne wyniki uzyskał podczas badań na silniku GTM-120 przedstawionych w P5.

Habilitant, na podstawie przeprowadzonych badań paliw ASF i ich wpływu na pracę silników odrzutowych sformułował wnioski odnośnie do kierunków zestawiania mieszanek paliw lotniczych w postaci jakościowych zaleceń:

- ograniczyć udział wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,

- zmniejszyć stężenie siarki,
- zwiększyć stosunek H/C.

Wpływie to na formowanie się cząstek stałych w silniku odrzutowym i pozwoli na istotne ograniczenie ich emisji.

W artykule P4 Habilitant podjął temat możliwości porównywania silników różnej wielkości pod względem emisji PM w ich spalinach. Okazało się jednak, że o ile istnieją znaczne korelacje w obszarze emisji gazowych, to w zakresie PM nie można ich bezpośrednio porównywać, ze względu na znaczną liczbę parametrów fizycznych podlegających ocenie dla PM. Dla pomiarów z różnych silników Habilitant stwierdził występowanie różnic w średnicy charakterystycznej rozkładu wymiarowego oraz wielomodalność. Oceniane elementy nawet przy małych różnicach bardzo istotnie wpływały na liczbę i masę PM praktycznie uniemożliwiając wykazanie zależności ilościowych.

W swoich badaniach nad emisją cząstek stałych z silników Habilitant podjął także temat określenia charakterystycznych cech fizyko-chemicznych PM emitowanych przez pewne źródła. Określenie tych cech pozwoliłoby na identyfikację źródła emisji na podstawie pomiaru emisji, czyli ładunku zanieczyszczenia rozchodzącego się w powietrzu. W artykule P7 przedstawił wyniki takich badań, gdzie ich obiektami były silnik o zapłonie samoczynnym i silnik o zapłonie iskrowym. W stosunku do silników odrzutowych charakterystyki PM różnią się znacznie. Średnica charakterystyczna w zależności od obciążenia silnika przyjmowała wartość z zakresu 70–100 nm, co jest wartością dużo większą niż w silnikach odrzutowych. Wpływa to istotnie na wskaźnik PM takiej emisji. Przeprowadzone badania pozwoliły Habilitantowi sformułować wnioski dotyczące związków wielkości emitowanych przez te silniki PM z ich obciążeniem. Całość tych badań potwierdziła możliwość identyfikacji źródła emisji na podstawie właściwości fizyko-chemicznych PM.

Kontynuacją badań nad emisją z silników lotniczych były prace nad symulacją rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pochodzących ze spalin powstających na lotnisku podczas realizacji normalnych operacji lotniczych. Habilitant podjął je i opisał w artykule P2. Badania dotyczyły rozprzestrzeniania się związków szkodliwych na lotnisku Wrocław-Strachowice latem i zimą. W badaniach wykorzystano rzeczywiste dane ze zrealizowanych operacji lotniczych, typów samolotów i silników oraz panujących wówczas warunków meteorologicznych. Do badań Autor wykorzystał pakiet symulacyjny EDMS (Emissions and Dispersion Modeling System) służący do

modelowania infrastruktury portu lotniczego i realizowanych w nim operacji lotniczych. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że PM emitowane z portu lotniczego mogą mieć wpływ na jakość powietrza nawet kilka kilometrów od lotniska. Chociaż dobową normę PM<sub>2,5</sub> równą jest 25 µg/m<sup>3</sup> i na podstawie badań można stwierdzić, że wpływ PM pochodzenia lotniczego na ten parametr jest znikomy, to nie jest to końca prawdą że nie ma tu zagrożeń dla zdrowia. Cząstki stałe przemieszczające się z lotniska w okolice zamieszkałe mają bardzo małe średnice, przez co nie wpływają na zmierzone parametry jakości powietrza, chociaż oddziałują negatywnie na zdrowie. Jest to kolejny przykład wynikający z badań Habilitanta, wykazujący że należy zmienić kryteria oceny jakości powietrza.

Drugą część osiągnięcia naukowego będącego przedmiotem oceny związana jest z projektem p.t. "Analiza możliwości poprawy jakości powietrza w aglomeracji miejskiej na podstawie identyfikacji źródeł emisji cząstek stałych oraz oceny ich wpływu na zanieczyszczenie powietrza w Poznaniu", którego Habilitant był kierownikiem. Cele projektu były ściśle związane z obszarem jego działalności naukowej i obejmowały:

- identyfikację źródeł emisji cząstek stałych w Poznaniu,
- analizę jakości powietrza wybranych aglomeracji miejskich,
- ocenę wpływu emisji cząstek stałych z wybranych źródeł na jakość powietrza,
- opracowanie propozycji metodyki oceny zanieczyszczenia powietrza cząstkami stałymi.

Wyniki tego projektu Habilitant przedstawił w artykułach PR1 i PR2. W PR1 omówiono rezultaty badań w Krakowie i Wrocławiu, zaś w PR2 porównano zanieczyszczenie powietrza PM w latach 2017-2019 w następujących miastach: Poznań, Kraków i Wrocław oraz porównywalnych do nich: Drezna i Bratysławy. Na podstawie przeprowadzonych badań Habilitant sformułował szereg istotnych wniosków i zaleceń, dotyczących zanieczyszczeń powietrza, ich pomiarów oraz sposobu oceny jakościowej powietrza.

Kluczowe jest tu stwierdzenie dotyczące całościowej oceny jakości powietrza. Ocenę tę prowadzi się w celu ograniczenia wpływu zanieczyszczeń na zdrowie człowieka. Zgodnie z obecną wiedzą medyczną, największy wpływ na rozwój najcięższych chorób mają PM o najmniejszych rozmiarach, których udział masowy w mierzonych parametrach jakości powietrza jest znikomy. Na podstawie przeprowadzonych badań Habilitant sformułował postulat by do uzyskania pełnej

charakterystyki jakości powietrza rozszerzyć zakres pomiarowy o cząstki stałe w zakresie 10–300 nm. Stawiają one około 95% liczby PM chociaż masowo odpowiadają za mniej niż 5% udziału. Możliwe byłoby także przejście na pomiar liczby cząstek PM zamiast ich masy. Habilitant zwrócił również uwagę na sposób pomiaru zanieczyszczeń PM. Pomiary muszą być dostosowane do typu źródeł emisji na danym terenie oraz być prowadzone na wysokościach, na których znajdują się ludzie, np. na poziomie 2 m w miastach.

Osiągnięcie naukowe przedstawione przez Habilitanta do oceny wykazuje wysoki poziom merytoryczny, spójność i logiczność prowadzonych badań oraz formułowanych na ich podstawie wniosków. Stanowi ono istotny wkład w dziedzinie badania oraz oceny jakościowej i ilościowej zanieczyszczeń cząstkami stałymi spowodowanymi przez operacje lotnicze. Może mieć szerokie zakres zastosowań zarówno do projektowania nowych napędów lotniczych, nowych paliw, jak też infrastruktury związanej z operacjami lotniczymi. Ma to podstawowe znaczenie dla prowadzonych badań w obszarze nauk technicznych.

### **3 INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ**

Podczas realizacji projektów naukowych Habilitant współpracował z szeregiem uczelni i instytutów w Polsce. Są to:

- Instytut Transportu Samochodowego,
- Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych,
- Polska Akademia Nauk, Instytut Wysokich Ciśnień,
- Akademia Górniczo-Hutnicza,
- Akademia Marynarki Wojennej,
- Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL w Bielsku-Białej.

Współpraca z tymi instytucjami przebiegała w ramach realizowanych wspólnie badań i prac rozwojowych. Mierzalnymi efektami tej współpracy są publikacje realizowane wspólnie z badaczami z tych ośrodków.

Według mojej oceny Habilitant wykazał się wystarczającą aktywnością w tak krótkim czasie, w jakim zrealizował tak wiele i tak obszernych działań.

#### **4 INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH I POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ**

W Autoreferacie Habilitant wymienia ponad dwadzieścia zajęć różnych rodzajów, od laboratoriów po wykłady. Był też opiekunem 17 prac magisterskich, 22 prac inżynierskich i zrecenzował 19 prac inżynierskich. Ten rodzaj działalności można ocenić jako bardzo intensywny.

W zakresie działań organizacyjnych dr Jasiński wyraźnie wyróżnia się swoją nadzwyczajną aktywnością i skutecznością spośród typowych pracowników naukowo-dydaktycznych na uczelniach. Od 2015 roku brał udział w tworzeniu na Politechnice Poznańskiej kierunku studiów: Lotnictwo i Kosmonautyka co zostało zakończone sukcesem uruchomienia od roku akademickiego 2016/17 takich studiów. W następnych latach współtworzył nowy sposób kształcenia na tym kierunku, zakładający obieralność przedmiotów oraz rezygnację z podziału na specjalności na studiach pierwszego stopnia.

W roku 2022 zespół pod przewodnictwem Habilitanta rozpoczął prace nad połączeniem dwu kierunków studiów oferowanych przez Politechnikę Poznańską – Lotnictwa i Kosmonautyki oraz Inżynierii Lotniczej. Od roku akademickiego 2022/23 prowadzony jest na Politechnice Poznańskiej jeden zintegrowany kierunek studiów Lotnictwo. W 2023 kierunek ten został wyróżniony certyfikatem „Studia z Przyszłością” przyznany w ósmej edycji Ogólnopolskiego Konkursu i Programu Akredytacji Kierunków Studiów. Ponadto, nowy kierunek studiów uzyskał w tym konkursie nagrodę specjalną „Lider Jakości”.

Dodatkowo, Habilitant pełnił wiele funkcji związanych z tokiem studiów takich, jak opiekun specjalności, opiekun praktyk studenckich, czy członek komisji rekrutacyjnej na studia. Od roku 2020 jest Członkiem Rady Wydziału Inżynierii Lądowej, gdzie reprezentuje pracowników niesamodzielných.

W ramach działalności popularyzatorskiej brał udział w Nocy Naukowców w Instytucie Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej oraz współorganizował akcje Dziewczyny na Politechnice w Politechnice Poznańskiej. Jest „etatowym” oprowadzającym gości Wydziału w zakresie prezentacji Symulatora Lotu CKAS MotionSim5.

Podsumowując tę sferę działalności Habilitanta można stwierdzić, że jest ona nad wyraz bogata i obejmuje bardzo szeroki zakres działań.



## 5 PODSUMOWANIE OCENY I WNIOSKI KOŃCOWE

Wszystkie elementy wchodzące w skład oceny końcowej oceniam bardzo wysoko. Badania prowadzone przez dra Remigiusza Jasińskiego cechują się nie tylko wysokim poziomem merytorycznym ale także holistycznym podejściem do badanych zagadnień. Dzięki temu ich wyniki mają nie tylko znaczenie teoretyczne ale także niosą duży potencjał wdrożeniowy, co jest szczególnie ważne w dziedzinie nauk technicznych. Jego działalność organizacyjna i popularyzatorska daleko wykracza poza typowe zakresy obowiązków pracownika naukowo-dydaktycznego uczelni.

W oparciu o ocenę dorobku naukowego, w tym przed wszystkim osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego, a także dostarczonych informacji o dorobku dydaktycznym i organizacyjnym, stwierdzam, że dokumenty przedstawione do oceny, spełniają ustawowe wymogi stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Wnoszę zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, o dopuszczenie Pana dr inż. Remigiusza Jasińskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego oraz popieram i pozytywnie opiniuję wniosek Habilitanta o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Dr hab. inż. Cezary Szczepański