

Częstochowa, 08.09.2025

Dr hab. inż. Dawid Cekus, prof. PCz
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska
e-mail: dawid.cekus@pcz.pl

RECENZJA

dotycząca dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

dra inż. Piotra Bartkowskiego

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych*

w dyscyplinie *inżynieria mechaniczna*

Podstawa formalna wykonania recenzji:

Recenzja została opracowana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej nr 243/III-IM/2025 z dnia 27 czerwca 2025 roku oraz pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej dra hab. inż. Marka Wojtyry, prof. uczelni z dnia 11.07.2025 (sygnowane RND.IM.524.4.2025.1).

Recenzja została przygotowana zgodnie z kryteriami oceny ujętymi w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.) oraz Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018 poz. 261 ze zm.).

[KMIPKM >

**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn - Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska**

ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

tel. +48 34 325 06 20, e-mail: sekretariat.kmpkm@pcz.pl

www.imipkm.pcz.pl



1. Informacje ogólne o Habilitancie

Dr inż. Piotr Bartkowski urodził się 14 lutego 1991 roku w Działdowie.

W roku 2015 ukończył studia magisterskie na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Temat pracy: „Badania i symulacje procesu napełniania poduszki gazowej i jej własności materiałowych”. Promotor: prof. dr hab. inż. Robert Zalewski.

W roku 2019 uzyskał stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna nadany uchwałą Rady Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Badania empiryczne i modelowanie dyssypatorów energii wykorzystujących pakowane próżniowo granulaty”. Promotor: prof. dr hab. inż. Robert Zalewski. Promotor pomocniczy: dr inż. Bogumił Chiliński.

Od roku 2015 Habilitant jest zatrudniony w Politechnice Warszawskiej. Obecnie na stanowisku adiunkta (wcześniej na stanowisku asystenta). Od 2024 roku jest kierownikiem Laboratorium Materiałów Inteligentnych i Robotyki Miękkiej (SMaRT-lab) działającego na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych.

W roku 2023 odbył trzymiesięczny staż naukowy w Institute of Advance Machines and Design w grupie SOFT ROBOTICS & BIONICS LAB (Seoul National University).

Od lipca 2014 roku do sierpnia 2015 odbył praktyki w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN.

Dotychczas Kandydat nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.



**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn – Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska**

ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

tel. +48 34 325 06 20, e-mail: sekretariat.kmpkm@pcz.pl

www.imipkm.pcz.pl



2. Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Dr inż. Piotr Bartkowski jako swoje osiągnięcie naukowe przedłożył cykl 7 prac powiązanych tematycznie zatytułowany *"Opracowanie innowacyjnych struktur rozciągliwych umożliwiających adaptacyjną zmianę sztywności do zastosowań w robotyce miękkiej i elektronice noszonej"*. Wszystkie prace są współautorskie. Udział Kandydata w pracach wynosi od 25% do 85%, co zostało potwierdzone stosownymi oświadczeniami. W sześciu artykułach Opiniowany pełnił rolę autora wiodącego, a w jednej publikacji autora wiodącego ze strony polskiej.

W pracach:

- P. Bartkowski (60%), F. Gawiński, Ł. Pawliszak: "E-Morph as a New Adaptive Actuator for Soft Robotics", IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 7, no. 4, pp. 8831-8836, 2022 [1],
- P. Bartkowski (65%), Ł. Pawliszak, S.G. Chevale, P. Pełka, Y.-L. Park: "Programmable Shape-Shifting Soft Robotic Structure Using Liquid Metal Electromagnetic Actuators", Soft Robotics, Vol. 11, No. 5, pp. 802-811, 2024 [2],
- P. Bartkowski (55%), Ł. Pawliszak, S.G. Chevale, J. Ruiz Lu, J. David Brigido: "Multiphysics simulation and concept of an electromagnetically control volumetric pixel as a step towards a shape morphing composite", Acta Mechanica et Automatica, Vol. 18, No. 4, pp. 177-181, 2024 [3],
- P. Bartkowski (60%), Ł. Pawliszak, A. Lusawa, S. Sypniewska, M. Ciemiorek, Y.-L. Park: "Flexible Electrical Energy Storage Structure with Variable Stiffness for Soft Robotics and Wearable electronics", Soft Robotics, Vol. 12, No. 3, pp. 1-12, 2024 [4],

- P. Bartkowski (80%), G. Suwała, R. Zalewski: "Temperature and strain rate effects of jammed granular systems: experiments and modelling", Granular Matter, 2021, vol. 23, nr 79, s.1-12 [5],
- P. Bartkowski (65%), M. Ciemiorek, H. Bukowiecki, P. Bomba, R. Zalewski: „Granular jamming for soft robotics - experiments and modelling of cyclic loading”, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 123 (14 pages), 2025 [6],

Kandydat odpowiadał za koncepcję analizowanych struktur, opracowanie metodyki badań, przeprowadzenie badań symulacyjnych, przeprowadzenie części badań eksperymentalnych, koncepcje aplikacji wykorzystujących proponowane struktury, dokonanie analiz uzyskanych wyników eksperymentalnych i symulacyjnych oraz ich wyjaśnienie merytoryczne, zredagowanie i/lub przygotowanie publikacji oraz odpowiedzi dla recenzentów.

W przypadku artykułu:

- J.D. Brigido, S.G. Burrow, B.K.S. Woods, P. Bartkowski (25%), R. Zalewski: "Flexural Models for Vacuum-Packed Particles as a Variable-Stiffness Mechanism in Smart Structures", Physical Review Applied, 17, 044018 (20 pages), 2022 [7],

Opiniowany zaproponował koncepcję modelowania struktury pakowanych próżniowo granulatów, dokonał analizy uzyskanych wyników symulacyjnych oraz ich wyjaśnienia merytorycznego, a także opracował część tekstu publikacji i odpowiedzi dla recenzentów.

Wszystkie powyższe prace zostały opublikowane w czasopismach uwzględnionych w bazie Journal Citation Reports, w tym 4 publikacje [1, 2, 4, 5] są z I decyla, a 2 [6, 7] z II decyla. **Sumaryczny Impact Factor powyższych prac**

to 28,9 (1080 punktów wg wykazu MNiSW dotyczącego czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych).

Problematyka badawcza, którą zajmuje się Habilitant jest trudna, ambitna i ma znaczenia nie tylko naukowe, ale także aplikacyjne. Zaproponowane rozwiązania wpisują się w nurt materiałów wielofunkcyjnych (structural batteries + variable stiffness materials), a największe szanse wdrożenia są w robotyce miękkiej, biomimetyce i odkształcalnej elektronice. Potencjał zastosowań takich materiałów jest szeroki ze względu na możliwość łączenia elastyczności (gdy struktura jest „mięka”) z precyzją i siłą (wraz ze wzrostem sztywności), co pozwala na zwiększenie bezpieczeństwa, funkcjonalności i zdolności adaptacji mechanizmów, a także komfortu użytkownika, trwałości i nowych możliwości interakcji. Obserwuje się stosowanie takich struktur jako roboty eksploracyjne zmieniające kształt i sztywność, elementy chwytaków, egzoszkieleatów, protez, czy sztucznych mięśni, a także jako sensory, elektrody, komponenty noszone lub części układów scalonych.

We wskazanych w osiągnięciu artykułach charakteryzujących się wysokim poziomem naukowym można wyszczególnić trzy zagadnienia, które dotyczą:

- opracowania innowacyjnej struktury umożliwiającej programowalną zmianę kształtu i zmianę jej sztywności [1-3],
- opracowania rozciągliwej struktury umożliwiającej zmianę sztywności z jednoczesnym magazynowaniem energii elektrycznej [4],
- określenia wpływu obciążeń cyklicznych, temperatury i prędkości odkształcenia na właściwości mechaniczne struktur granulowanych umożliwiających zmianę sztywności za pomocą podciśnienia oraz zaproponowania metodyki ich modelowania [5-7].

W pierwszym przypadku Kandydat zaproponował kompozyt funkcjonalny, który wyeliminował wady dostępnych obecnie materiałów obejmujące znaczny czas reakcji, konieczność stosowania pól zewnętrznych o dużych gęstościach i małą zdolność do przenoszenia obciążeń zewnętrznych. Zaprojektowana struktura zmienia kształt za pomocą aktywatorów wykonanych z ciekłego metalu, a za pomocą zjawiska solidyfikacji granulatu przy użyciu podciśnienia jej sztywność. W Jego rozwiązaniu struktura składa się z niezależnie sterowanych voxelów, co pozwala na szybką rekonfigurację (ok. 100 ms), uzyskanie wielu różnych kształtów (w zaproponowanej strukturze możliwe jest 100 milionów) i znaczące usztywnienie po deformacji (ok. 6x).

Odnosząc się do deformowalnego magazynu energii (drugie zagadnienie), Habilitant przedstawił strukturę kompozytową zbudowaną z zatopionych ogniw o małych rozmiarach (o grubości ok. 2 mm i pojemności kilkudziesięciu mAh jedno) z elektrolitem stałym w osnowie silikonowej i połączeniu ich za pomocą kanalików (o rozmiarach ok. 1 mm²) wypełnionych ciekłym metalem. W przeciwieństwie do klasycznych sztywnych przewodów, udało się osiągnąć niską makroskopową sztywność materiału, dla którego zastępczy moduł Younga wynosi 0,13 MPa, czyli jest zgodny z materiałami wykorzystywanymi w robotyce miękkiej. Również w tym przypadku dzięki zjawisku solidyfikacji granulatu pod wpływem wytworzonego wewnątrz podciśnienia możliwa jest kontrolowana zmiana sztywności struktury. Ponadto struktura typu sandwich umożliwia zmianę sztywności aż do 275%.

Ostatnie zagadnienie to badania podstawowe pozwalające na poznanie zachowania struktury granulowanej poddanej złożonym stanom obciążenia. Kandydat udowodnił, że struktura granulowana umacnia się na skutek obciążeń cyklicznych, zaproponował metodę modelowania zjawiska za pomocą

empirycznego modelu będącego modyfikacją modelu Jonhsona-Cooka, opracował modele umożliwiające modelowanie zjawisk zachodzących w strukturach granulowanych za pomocą modeli kontinuum, znalazł korelacje pomiędzy właściwościami materiału rodzimego granulatu a makroskopową odpowiedzią struktury granulowanej przy podwyższonej temperaturze.

Co ważne opracowane rozwiązania mają szeroki charakter praktyczny, o czym świadczy opracowanie na ich podstawie trzech różnych konstrukcji robotów pływających, dwóch typów miękkich chwytaków robotycznych (przyznany jeden patent), a także elastycznego magazynu energii elektrycznej („powerbanku”) nadającego się do przyczepienia do ubrań (złożone dwa wnioski patentowe).

Ponadto w osiągnięciu naukowym Habilitanta należy podkreślić:

- interdyscyplinarność badań, które można zakwalifikować zarówno do takich dyscyplin, jak inżynieria mechaniczna i inżynieria materiałowa, jak i do automatyki, elektroniki, elektrotechniki i technologii kosmicznych,
- realizację badań we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi, do których należały Narodowy Instytut w Seulu, Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN oraz Uniwersytet w Bristolu,
- prowadzenie badań w Laboratorium SMaRT-lab na Wydziale SiMR PW, którego twórcą jest Opiniowany.

Przedstawiony zbiór prac stanowi podsumowanie dotychczas prowadzonych przez Kandydata badań, a podjęte w nim zagadnienia naukowe są spójne tematycznie, na bardzo wysokim poziomie merytorycznym, wnoszące wiele nowych i oryginalnych wyników badań, dlatego można go uznać za osiągnięcie naukowe wnoszące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

3. Ocena pozostałego dorobku naukowego

Dr inż. Piotr Bartkowski poza publikacjami zawartymi w przedstawionym osiągnięciu naukowym jest współautorem 12 prac: 6 artykułów w czasopismach naukowych (2 po doktoracie – oba z bazy JCR, 4 przed doktoratem – 2 z bazy JCR), 5 prac pokonferencyjnych (1 po doktoracie) i 1 rozdział w monografii (przed doktoratem).

Wszystkie artykuły i prace pokonferencyjne po doktoracie koncentrują się na problematyce innowacyjnych, inteligentnych materiałach zwanych cząstkami pakowanymi próżniowo (VPP - Vacuum-Packed Particles).

Na dzień wszczęcia postępowania wg bazy Scopus **indeks Hirscha** dra inż. Piotra Bartkowskiego wynosi **6** (4 z wykluczeniem autocytowań), a liczba cytowań **100** (71 z wykluczeniem autocytowań). **Sumaryczny Impact Factor wszystkich prac to 42,499.**

Habilitant jest współautorem **3 przyznanych patentów, i 3 zgłoszeń patentowych.**

Dr inż. Piotr Bartkowski prezentował wyniki swoich prac na kilkunastu zagranicznych konferencjach naukowych, w tym na jednej jako wykład plenarny (plenary lecture), i raz na zaproszenie (invited lecture). Dwukrotnie otrzymał nagrodę za najlepszy wykład konferencyjny. Od 2016 roku organizuje cykliczną, coroczną Polsko-Niemiecką konferencję doktorantów we współpracy z TU Berlin (w latach 2016-2022 pełnił rolę przewodniczącego komitetu organizacyjnego).

Opiniowany kierował jednym projektem NCN i był wykonawcą jednego projektu NCBiR. Kierował 3 projektami finansowanymi przez Politechnikę Warszawską w ramach Inicjatywa Doskonałości Uczelnia Badawcza i był w jednym głównym wykonawcą. Co istotne w kwietniu 2024 roku jako jeden z trzech pracowników PW został Laureatem konkursu LAB-TECH of Excellence II



**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn – Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska**

ul. J.H. Dąbrowskiego 73, 42-201 Częstochowa

tel. +48 34 325 06 20, e-mail: sekretariat.kmpkm@pcz.pl

www.imipkm.pcz.pl



otrzymując grant na rozwój grupy badawczej zajmującej się poszukiwaniem innowacyjnych struktur opartych o ciekły metal.

Dr inż. Piotr Bartkowski odbył trzymiesięczny (04.2023-07.2023) staż naukowy w Seoul National University.

Od kwietnia 2025 roku jest członkiem Materials Research Society.

Recenzował 16 artykułów naukowych (IEEE Robotics and Automation Letters, IEEE ICRA, IEEE Soft Robotics, Scientific Reports, Applied Sciences, Machines, Journal of Theoretical and Applied Mechanics) i jedną książkę w Royal Society of Chemistry.

Dr inż. Piotr Bartkowski za działalność naukową uzyskał indywidualną nagrodę I stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej, zespołową nagrodę I stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej, indywidualną nagrodę III stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej (za wyróżniającą się rozprawę doktorską). Ponadto był laureatem konkursu Najlepsi z Najlepszych PW, który miał na celu objęcie indywidualnym wsparciem 20 najlepszych młodych pracowników Politechniki Warszawskiej oraz stypendystą dla wybitnych studentów studiów doktoranckich przyznanych przez Polsko-Amerykańską Fundację Wolności.

Aktywność naukową dra inż. Piotra Bartkowskiego należy ocenić pozytywnie. Mimo, iż dorobek publikacyjny nie zawiera zbyt wielu pozycji, to na szczególną pochwałę zasługuje prowadzenie i udział w wielu projektach badawczych, uzyskane patenty oraz opracowanie kilku ciekawych prototypowych konstrukcji. Świadczy to o posiadanym poziomie praktycznym z zakresu zainteresowań naukowych Kandydata, co jest ważnym elementem kształtowania wizerunku naukowego Habilitanta.

4. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę

Działalność dydaktyczną dr inż. Piotr Bartkowski realizuje jako adiunkt badawczo-dydaktyczny Politechniki Warszawskiej koordynując i prowadząc zajęcia z Drgań mechanicznych, Mechaniki ogólnej i Theoretical mechanics (studia prowadzone w języku angielskim). Był promotorem ośmiu prac inżynierskich oraz dwóch prac magisterskich. Ponadto w kierowanym od 2024 roku przez Habilitanta Laboratorium Materiałów Inteligentnych i Robotyki Miękkiej (SMaRT-lab) pracuje około 10 studentów, którzy realizują prace badawcze. Zaowocowało to opracowaniem 6 publikacji naukowych, a także sukcesami naukowymi obejmującymi stypendia Ministra Edukacji i Nauki (2021) dla dwóch studentów, zwycięstwo w konkursie na najlepszą pracę dyplomową obronioną na Wydziale SiMR PW (2024) oraz zdobycie nagrody głównej Dziekana przez dwoje studentów.

Habilitant od listopada 2024 jest członkiem zespołu ekspertów przy Ministrze Nauki i Szkolnictwa Wyższego oceniającym projekty w programie „Studenckie Koła Naukowe Tworzą Innowacje”, od grudnia 2024 członkiem Rady Młodych Uczonych PW, a od lutego 2025 roku członkiem Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej, w której pełni funkcję Sekretarza.

Kandydat promuje naukę biorąc udział w dniach otwartych Politechniki Warszawskiej oraz prowadząc warsztaty dla uczniów liceów.

Opiniowany podnosił swoje kwalifikacje i kompetencje uczestnicząc w kursach, seminariach i szkoleniach.

Konkludując, dr inż. Piotr Bartkowski jest wystarczająco aktywny w pracy dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej.

5. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z dokumentacją wniosku dra inż. Piotra Bartkowskiego oraz odnosząc się do podstawy prawnej niniejszej recenzji stwierdzam, że:

- Kandydat posiada stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych (spełnia punkt 1.1 art. 219 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.)),
- Kandydat posiada w swoim dorobku osiągnięcia naukowe wnoszące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna – w tym przypadku jest to cykl 7 prac powiązanych tematycznie zatytułowany *"Opracowanie innowacyjnych struktur rozciągliwych umożliwiających adaptacyjną zmianę sztywności do zastosowań w robotyce miękkiej i elektronice noszonej"* (spełnia punkt 1.2b art. 219 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.)),
- Kandydat wykazuje się istotną działalnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej w szczególności zagranicznej – w tym przypadku są to 3 miesięczny staż naukowy w Narodowym Instytucie w Seulu, współpraca z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN oraz Uniwersytetem w Bristolu - potwierdzone wspólnymi publikacjami (spełnia punkt 1.3 art. 219 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.)),
- Osiągnięcie Kandydata ma charakter współautorski, przy czym daje się określić Jego wkład indywidualny, co jest zgodne z punktem 2 art. 219 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.).

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia uważam, że Habilitant spełnia wymagania formalne oraz wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria

mechaniczna i wykazuje się istotną aktywnością naukową, dlatego wnioskuję o dopuszczenie dra inż. Piotra Bartkowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

David Cokus