

Kraków, 05.02.2026 r.

## RECENZJA

W postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Dr inż. Pawłowi Turkowi

### 1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania recenzji jest pismo (RM/531-02-06/2025), Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, Politechniki Rzeszowskiej, prof. dr hab. inż. Andrzeja Kawalca, z dnia 26 listopada 2025 r., które informuje o powołaniu mnie w skład Komisji habilitacyjnej dr inż. Pawła Turka w charakterze recenzenta.

### 2. Zgłoszone osiągnięcia

Zgłoszone przez Kandydata osiągnięcia dotyczą:

- **Osiągnięcie numer 1** - Monografia naukowa, pt. Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2024.
- **Osiągnięcie numer 2** - Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, tytuł osiągnięcia: Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi.

Podstawę wniosku stanowi dostarczona dokumentacja zawierająca: dane wnioskodawcy (załącznik 1), kopię dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora (załącznik 2), autoreferat (załącznik 3), wykaz osiągnięć naukowych (Załącznik 4), kopię monografii naukowej (załącznik 5), kopię publikacji A1-A7 stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (załącznik 6), kopię publikacji A8-A15 stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (załącznik 7), oświadczenia współautorów o wkładzie w powstanie publikacji stanowiących cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych (załącznik 8), potwierdzenie odbycia staży w zagranicznych i krajowych jednostkach naukowych oraz stażu naukowo-przemysłowego (załącznik 9).

### 3. Przedstawienie podstawowych danych o Kandydacie

Kandydat w roku 2010 ukończył studia inżynierskie na Politechnice Rzeszowskiej, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, na kierunku Automatyka i Robotyka. Pracę inżynierską pt. Kinematyka manipulatorów o sześciu stopniach swobody na przykładzie robota IRB 1600, napisał pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Andrzeja Burghardta. Natomiast studia magisterskie, na tym samym kierunku, Kandydat ukończył w 2011 roku. Promotorem pracy magisterskiej pt.

Zaprogramowanie stanowiska do paletyzacji z wykorzystaniem robotów KUKA, był prof. dr hab. inż. Zenon Hendzel. Tytuł naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, Kandydat uzyskał w 2017 roku. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Grzegorz Budzik, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Tomasz Dziubek. Tytuł rozprawy doktorskiej: Metodyka projektowania oraz wytwarzania modeli medycznych żuchwy. Podmiotem nadającym stopień naukowy była Rada Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

Kandydat w roku 2011 podjął pracę na stanowisku asystenta w Katedrze Technik Wytwarzania i Automatyzacji, Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. W okresie 12.07. 2017 r. – 31.10. 2017 r., kontynuował zatrudnienie na wyżej wymienionym stanowisku posiadając tytuł naukowy doktora. Od 01.11.2017 r. do chwili obecnej, pracuje na stanowisku adiunkta, w tej samej Katedrze.

Z dostarczonej do oceny dokumentacji wynika, że Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

#### **4. Przedstawienie informacji o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia ocenianego postępowania habilitacyjnego, w tym o obowiązujących kryteriach oceny**

Wymagania dotyczące wniosku habilitacyjnym określa ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571). Osoba ubiegająca się o nadanie stopnia doktora habilitowanego powinna spełnić określone w ustawie wymagania, tj:

- posiada stopień doktora
- posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne (więcej niż jedno), stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
  - 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, **lub**
  - 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, **lub**
  - 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;(Powyższe osiągnięcia mogą stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.)
- wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

## 5. Kontekst prowadzonych badań naukowych

Technologie przyrostowe znane są już od ponad 20 lat, jednak w ostatnich latach obserwujemy ich zdecydowany rozwój oraz zmianę filozofii ich wykorzystania, w kontekście systemów produkcyjnych. W przeszłości wykorzystywanie technik przyrostowych kojarzone było z obszarem prototypowania. Były one w głównej mierze narzędziem wspomagającym pracę konstruktora. Obecnie technologie przyrostowe znakomicie wpisują się w coraz bardziej popularniejszy trend przechodzenia z produkcji masowej w kierunku produkcji elastycznej. Dzięki technologiom przyrostowym, możemy wytworzyć przedmiot o skomplikowanym kształcie, nie dysponując specjalistycznym oprzyrządowaniem. Możemy to zrobić w dogodnym dla procesu technologicznego miejscu i czasie. Dobrym tego przykładem są magazyny cyfrowe, za pomocą których nie dostarczane są fizyczne części, a pliki cyfrowe, za pomocą których jest możliwość wydrukowania konkretnego elementu. Skraca to, a w niektórych przypadkach eliminuje łańcuchy dostaw. To sprawia, że filozofie zarządzania produkcją, oparte na tych technologiach będą się jeszcze szybciej rozwijać, a co za tym idzie możemy spodziewać się coraz większego udziału wyrobów gotowych wytworzonych za pomocą technologii przyrostowych.

W tym kontekście tematyka podjęta przez Kandydata jest bardzo ważna. Wpisuje się w potrzebę ujednoczenia i standaryzacji procedur, poczynwszy od procesu projektowania (lub digitalizacji) modelu, obróbki danych cyfrowych do procesu wykonania (druku 3D).

## 6. Ocena osiągnięć naukowych będących przedmiotem postępowania habilitacyjnego

Pan dr inż. Paweł Turek przedstawił do oceny dwa osiągnięcia naukowe, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Pierwszym osiągnięciem naukowym jakie Habilitant przedstawił, były wyniki Jego badań opisane w autorskiej monografii naukowej, wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Rzeszowskiej w 2024 r., pod tytułem **„Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych”**.

W monografii tej, Pan dr inż. Paweł Turek bardzo obszernie przedstawił kolejne aspekty wykonywania różnych elementów metodami przyrostowymi. Motywacją do podjęcia ww. pracy naukowej był fakt, że w dalszym ciągu nie ma opracowanych standardów dotyczących bezpośrednio metod przyrostowych. Taka standaryzacja, w opinii Autora, między innymi przyczyni się, do osiągnięcia oczekiwanej dokładności wymiarowo-kształtowej, poprzez optymalny dobór parametrów druku 3D, co ograniczy czasochłonne i drogie metody obróbki poprocesowej, zmniejszy liczbę wydruków, które nie spełniają założeń konstruktora, zoptymalizuje czasu wydruku, co w konsekwencji doprowadzi do wzrostu konkurencyjności metod przyrostowych w procesie wytwarzania gotowych elementów. Brak takich standardów utrudnia również proces komercjalizacji gotowych produktów, zwłaszcza w branżach o bardzo wysokich standardach jakościowych. Autor w przedmiotowej monografii dokonał gruntownej analizy czynników wpływających na dokładność odtworzenia kształtu powierzchni oraz

chropowatości powierzchni. Analizę rozpoczął od zagadnień wpływu parametrów konwersji modelu 3D-CAD do modelu 3D-STL dla programów najczęściej wykorzystywanych w procesie projektowania elementów konstrukcyjnych, uwzględniając wpływ odchyłki cięciwy oraz odchyłki kątowej. Przeprowadził również analizę najczęściej występujących błędów w procesie teselacji oraz przedstawił możliwości ich usuwania. Dużo uwagi poświęcił badaniom dotyczącym rekonstrukcji obiektów swobodnych, reprezentowanych przez struktury anatomiczne, zwłaszcza pod kątem poprawy rozdzielczości kontrastowej będącej wynikiem obróbki numerycznej danych, uzyskanych w wyniku obrazowania tomograficznego. Procedura ta pozwoliła na bardziej efektywne przejście na modele 3D.

Techniki rekonstrukcyjne Autor odniósł również do obiektów technicznych. Jako narzędzia pomiarowe wykorzystywał skaner 3D oświetlający obiekt światłem strukturalnym, ramię pomiarowe z głowicą laserową oraz mikrotomograf. Badał przy tej okazji wpływ rozdzielczości skanowania oraz geometrię powierzchni na jakość siatki trójkątów rozpiętej na powierzchni pomiarowej. Bardzo obszernie omówił również różne metody przyrostowe oparte na ekstruzji warstwowej materiału polimerowego, fotopolimeryzacji objętościowej, selektywnym spajaniu sproszkowanego materiału, warstwowym nadruku płynnego materiału. Również w tym przypadku sformułował szereg wskazówek technologicznych w odniesieniu do każdej z metod. Integralną częścią monografii jest analiza dokładności odwzorowania kształtu geometrii powierzchni oraz analiza chropowatości powierzchni dla trzech różnych modeli (sprzęgło, łopatką, żuchwa) wykonanych za pomocą siedmiu technologii kształtowania modeli, metodami przyrostowymi. Przedstawione wyniki pozwoliły porównać zastosowane technologie przyrostowe pod kątem uzyskiwanych parametrów dokładności odwzorowania powierzchni oraz ich chropowatości. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na te parametry była orientacja modelu podczas jego kształtowania przyrostowego.

Autor kompleksowo przedstawił zagadnienia związane w problematyką dokładności w procesie kształtowania przyrostowego. Analizę podzielił na części odpowiadające kolejnym realizowanym etapom tj. pomiar, obróbka danych cyfrowych, konwersja danych cyfrowych do formatu STL, druk 3D. Autor, prowadząc pomiary na różnych modelach, używając różnych narzędzi pomiarowych oraz siedem różnych technologii druku 3D, dokonał szczegółowej analizy czynników wpływających na powstawanie błędów. Zdefiniował je, określił rekomendacje pozwalające na optymalne podejmowanie decyzji technologicznych.

Jednak należy wspomnieć, że niektóre przedstawione wnioski były dość oczywiste, np. wniosek mówiący, że *w przypadku kiedy błąd graniczny dopuszczalny systemowi i zastosowana rozdzielczość pomiaru nie będą większe niż 10% pola tolerancji wykonania skanowanego modelu, system będzie w stanie z należyłą dokładnością odzwierciedlić geometrię modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych*, jest ogólną zasadą przyjętą w metrologii, która mówi, że przyrząd pomiarowy powinien posiadać dokładność mieszczącą się w 10% pola tolerancji z jaka należy wykonać mierzony element. Jak już wspomniano praca uporządkowała zagadnienia szeroko rozumianego druku 3D w aspekcie technicznym/technologicznym i to jest jej bardzo mocna strona. Jednak dostrzegam pewne

braki w aspekcie czysto metrologicznym. Na przykład, w monografii używano pojęcie dokładności, natomiast ani razu nie użyto pojęcia niepewności w odniesieniu do uzyskanych wyników. Wydaje się to dość istotne, zwłaszcza w tak wieloetapowej analizie błędów.

Praca poza aspektem badawczy posiada również wartość dydaktyczną, ponieważ Autor opisał podstawowe formaty zapisu danych cyfrowych podczas procesu projektowania, lub rekonstrukcji modelu z wykorzystaniem metod przyrostowych, opisał sposoby digitalizacji obiektów rekonstruowanych, omówił wybrane przyrostowe techniki wytwarzania. Dlatego, powyższa monografia może stanowić również podręcznik uzupełniający dla przedmiotów związanych z inżynierią wytwarzania.

Uważam, że Habilitant dobrze dostrzegł istniejącą lukę badawczą polegającą na braku standardów kompleksowego podejścia do procesów projektowania oraz rekonstrukcji obiektów, dla których jednym z elementów są metody przerostowe. Oceniam, że przedstawione badania oraz przeprowadzona analiza wnoszą **znaczący wkład do dyscypliny inżynieria mechaniczna**, porządkują wiedzę oraz przyczyniają się do standaryzacji procesu kształtowania przyrostowego, wraz z przygotowaniem danych cyfrowych. Dodatkowo przedstawione badania mają wysokie znaczenie użytkowe. W ujęciu przemysłowym jest to przede wszystkim, podniesienie jakości wyrobów, obniżenie kosztów wytwarzanych elementów, a jeżeli chodzi o obszar medycyny mają one znaczenie w kontekście podnoszenia bezpieczeństwa pacjentów, wspomaganie diagnostyki oraz lepszej rekonstrukcji struktur anatomicznych. Ten aspekt oceniam bardzo wysoko.

Jako drugie osiągnięcie naukowe Pan dr inż. Paweł Turek przedstawił cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2019-2025. Tytuł osiągnięcia został określony jako: **Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi**. Lista publikacji wskazanych do drugiego osiągnięcia, wraz z zadeklarowanym wkładem Habilitanta znajduje się poniżej.

A1: Turek Paweł: Evaluation of surface roughness parameters of anatomical structures models of the mandible made with additive techniques from selected polymeric materials.

Polimery 67(4), 162-167, 2022

Udział procentowy: 100%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na kompletnym opracowaniu publikacji, tj. wykonaniu przeglądu literatury, dzięki której opracował koncepcję oraz metodykę badawczą, przygotowanie próbek badawczych oraz wykonanie pomiarów, które związane były z oceną chropowatości powierzchni modelu części żuchwy wykonanego metodami przyrostowymi z materiału polilaktydu (PLA), poliwęglanu (PC), żywicy foto poliakrylowych i poliamidu 11 (PA11). W publikacji tej Habilitant skupił się na dobraniu parametrów pomiaru w procesie digitalizacji geometrii przy użyciu metody profilowej stykowej oraz metod obróbki uzyskanych danych cyfrowych celem uzyskania wyników oceniających chropowatość powierzchni

wykonanych modeli. Opracował wnioski i podsumowanie. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A2: Turek Paweł: Automating the process of designing and manufacturing polymeric models of anatomical structures of mandible with Industry 4.0 convention. *Polimery*, 64(7-8), s. 522-529, 2019.

Udział procentowy: 100%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na kompletnym opracowaniu publikacji.

Dotyczyło to, przeglądu literatury, dzięki któremu opracował koncepcję oraz metodykę badawczą. W kolejnym kroku przedstawił przykład zastosowania koncepcji Przemysłu 4.0 w procesie przepływu danych cyfrowych reprezentujących część struktury anatomicznej żuchwy.

Zaprezentowana, przez Habilitanta, ścieżka obejmowała etap od przekazania danych tomograficznych, poprzez segmentację i rekonstrukcję cyfrową geometrii żuchwy, aż po proces druku 3D wraz z późniejszą weryfikacją dokładności wykonania geometrii. W artykule także zaprezentował sposoby na podwyższenie dokładności geometrycznej modelu na etapie obróbki cyfrowej danych. Następnie zaprezentował sposoby na usunięcie błędów programowych formatu STL powstałych w procesie rekonstrukcji cyfrowej danych. W ostatnim etapie przeprowadzonych badań, zaprezentował trójwymiarowe mapy odchyłek obrazujące dokładność wykonania geometrii części żuchwy wraz ze wskazaniem maksymalnych wartości odchyłek. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A3: Turek Paweł, Budzik Grzegorz: Development of a procedure for increasing the accuracy of the reconstruction and triangulation process of the cranial vault geometry for additive manufacturing. *Facta Universitatis – Series Mechanical Engineering*, 23(1), s. 95-108, 2025.

Udział procentowy: 80%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu metodyki obróbki numerycznej danych DICOM podwyższającej dokładności rekonstrukcji geometrii sklepienia czaszki. Był także współodpowiedzialny za opracowanie wyników badań, dyskusji oraz podsumowania. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A4: Turek Paweł, Snela Sławomir, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Jabłoński Jarosław, Przeszlowski Łukasz, Wojnarowski Robert, Dziubek Tomasz, Petru Jana: Proposes Geometric Accuracy and Surface Roughness Estimation of Anatomical Models of the Pelvic Area Manufactured Using a Material Extrusion Additive Technique. *Appl. Sci.* 15, 134, 2025.

Udział procentowy: 12%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu metodyki obróbki numerycznej danych DICOM podwyższającej dokładności rekonstrukcji geometrii miednicy. Dodatkowo uczestniczył w opracowaniu metodyki podwyższającej dokładność wykonania techniką przyrostową finalnych modeli oraz procedur pomiarowych oceniających dokładność błędów geometrycznych oraz chropowatości powierzchni. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A5: Turek Paweł, Bazan Anna, Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Przeszłowski Łukasz: Evaluation of Macro-and Micro-Geometry of Models Made of Photopolymer Resins Using the PolyJet Method. *Materials*, 17(17), 4315, 2024

Udział procentowy: 20%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na przygotowaniu przeglądu literatury oraz opracowaniu koncepcji procedury pomiarowej wraz z obróbką danych numerycznych pod kątem oceny błędów geometrycznych oraz chropowatości powierzchni. Dodatkowo wskazał czynniki umożliwiające zminimalizowanie błędów pomiarowych powstałych na etapie digitalizacji geometrii modeli wykonanych z żywic fotoutwardzalnych. Uczestniczył w współtworzeniu dyskusji i podsumowania. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A6: Turek Paweł, Bazan Anna, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Gapiński Bartosz: Surface roughness of photoacrylic resin shapes obtained using PolyJet additive technology. *Polimery*, 68(11-12), 2023.

Udział procentowy: 20%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na przygotowaniu przeglądu literatury, wykonaniu pomiarów przy użyciu metody profilowej stykowej oraz przeprowadzeniu obróbki numerycznej danych celem opracowania wyników oceniających chropowatość powierzchni próbek badawczych. Uczestniczył dodatkowo w współtworzeniu dyskusji i podsumowania. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A7: Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Kawalec Andrzej, Turek Paweł, Bazan Anna, Dębski Mariusz, Józwik Jerzy, Poliński Przemysław, Kiełbicki Mateusz, Kochmański Łukasz, Oleksy Mariusz, Cebulski Józef, Paszkiewicz Andrzej, Kuric Ivan: Geometrical Accuracy of Threaded Elements Manufacture by 3D Printing Process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 17(1), 35-45, 2023.

Udział procentowy: 7%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na współtworzeniu metodyki badawczej. Przeprowadził analizę wpływu doboru parametrów w procesie teselacji na dokładność odwzorowania geometrii gwintu metrycznego. Dodatkowo przeprowadził pomiary chropowatości powierzchni metodą profilową stykową oraz opracował wyniki w postaci parametrów amplitudowych wraz z wizualizacją trójwymiarową topografii powierzchni. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A8: Bazan Anna, Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz: Comparison of the contact and focus variation measurement methods in the process of surface topography evaluation of additively manufactured models with different geometry complexity. *Surface Topography Metrology and Properties* 10(3), 035021, 2022.

Udział procentowy: 40%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na przygotowaniu przeglądu literatury oraz wykonaniu pomiarów przy użyciu metody profilowej stykowej celem opracowania wyników oceniających chropowatość powierzchni próbek badawczych wykonanych metodami przyrostowymi. Uczestniczył dodatkowo w współtworzeniu dyskusji i podsumowania.

A9: Turek Paweł, Filip Damian, Przeszłowski Łukasz, Łazorko Artur, Budzik Grzegorz, Snela Sławomir, Oleksy Mariusz, Jabłoński Jarosław, Sęp Jarosław, Bulanda Katarzyna, Wolski Sławomir, Paszkiewicz Andrzej: Manufacturing Polymer Model of Anatomical Structures with Increased Accuracy Using CAX and AM Systems for Planning Orthopedic Procedures. *Polymers*, 14(11), 2236, 2022.

Udział procentowy: 8%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu metodyki obróbki numerycznej danych DICOM podwyższającej dokładności rekonstrukcji geometrii struktur anatomicznych w obrębie stawu biodrowego oraz kolanowego. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A10: Turek Paweł, Pakła Paweł, Budzik Grzegorz, Lewandowski Bogumił, Przeszłowski Łukasz, Dziubek Tomasz, Wolski Sławomir, Frańczak Jan: Procedure Increasing the Accuracy of Modelling and the Manufacturing of Surgical Templates with the Use of 3D Printing Techniques, Applied in Planning the Procedures of Reconstruction of the Mandible. *J. Clin. Med.* 10, 5525, 2021.

Udział procentowy: 30%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu metodyki obróbki numerycznej danych DICOM podwyższającej dokładności rekonstrukcji geometrii żuchwy. Był także współodpowiedzialny za opracowanie wyników badań, dyskusji oraz podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A11: Turek Paweł, Budzik Grzegorz: Estimating the Accuracy of Mandible Anatomical Models Manufactured Using Material Extrusion Methods. *Polymers*, 13(14), 2271, 2021.

Udział procentowy: 80%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na przygotowaniu przeglądu literatury oraz wykonaniu pomiarów geometrii odcinka bocznego żuchwy wykonanego przy użyciu metod ekstruzji warstwowej materiału polimerowego. Pomiary przeprowadził przy użyciu metod optycznych. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu doboru różnych typów optycznych metod digitalizacji na jakość opracowanego modelu numerycznego oraz wyniki oszacowujące dokładność geometryczną wykonanych modeli. Uczestniczył dodatkowo w współtworzeniu dyskusji i podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A12: Pisula Jadwiga, Budzik Grzegorz, Turek Paweł, Cieplak Mariusz: An Analysis of Polymer Gear Wear in a Spur Gear Train Made Using FDM and FFF Methods Based on Tooth Surface Topography Assessment. *Polymers*, 13(10), 1649, 2021.

Udział procentowy: 30%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na wykonaniu pomiarów chropowatości powierzchni metodą profilową stykową części bocznej zęba koła zębatego. Modele wykonano metodą przyrostową z materiału ABS, ULTEM 9085 oraz PEEK. Celem opracowanych wyników statystycznych oraz trójwymiarowych topografii powierzchni była ocena stopnia zużycia

powierzchni bocznej zęba w procesie eksploatacji. Uczestniczył dodatkowo w współtworzeniu dyskusji i podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji.

A13: Budzik Grzegorz, Turek Paweł: The impact of use different type of image interpolation methods on the accuracy of the reconstruction of skull anatomical model. *Biomedical Engineering: Applications Basis and Communications*, 32(1), 2050008, 2020.

Udział procentowy: 50%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu przeglądu literatury oraz metodyki obróbki numerycznej danych DICOM celem przetestowania różnych metod interpolacji pod kątem podwyższenia dokładności rekonstrukcji geometrii czaszki. Był także współodpowiedzialny za opracowanie wyników badań, dyskusji oraz podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A14: Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Sęp Jarosław, Oleksy Mariusz, Józwik Jerzy, Przesłowski Łukasz, Paszkiewicz Andrzej, Kochmański Łukasz, Żelechowski Damian: An Analysis of the Casting Polymer Mold Wear Manufactured Using PolyJet Method Based on the Measurement of the Surface Topography. *Polymers*, 12(12), 3029, 2020.

Udział procentowy: 30%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na opracowaniu przeglądu literatury oraz wykonaniu pomiarów metodą profilową stykową powierzchni formy wykonanej metodą przyrostową PolyJet. Celem opracowanych wyników statystycznych oraz zobrazowania trójwymiarowych topografii powierzchni była ocena stopnia zużycia powierzchni formy w procesie eksploatacji. Był także współodpowiedzialny za opracowanie wyników badań, dyskusji oraz podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

A15: Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Przesłowski Łukasz: Assessing the Radiological Density and Accuracy of Mandible Polymer Anatomical Structures Manufactured Using 3D Printing Technologies. *Polymers*, 12(11), 2444, 2020.

Udział procentowy: 60%

Wkład merytoryczny Habilitanta polegał na przygotowaniu przeglądu literatury oraz wykonaniu proces rekonstrukcji geometrii żuchwy z danych pochodzących z tomografu wielorzędownego oraz mikrotomografu przemysłowego. Opracował także proces obróbki numerycznej danych pochodzących z mikrotomografu przemysłowego celem rekonstrukcji geometrii modeli żuchwy wykonanych metodami ekstruzji warstwowej materiału polimerowego, fotopolimeryzacji objętościowej, selektywnego spajania sproszkowanego materiału oraz warstwowego nadruku płynnego materiału. Był również odpowiedzialny za opracowanie wyników statystycznych obejmujących ocenę dokładności geometrycznej oraz gęstości radiologicznej. Był także współodpowiedzialny za opracowanie wyników badań, dyskusji oraz podsumowania. Był współodpowiedzialny za przygotowanie ostatecznej wersji publikacji. Pełnił również rolę autora korespondencyjnego.

Moim zdaniem, przedstawiony do opinii cykl publikacji (drugie osiągnięcie naukowe) stanowi konsekwentnie realizowany przez autora cel badawczy polegający na opracowaniu metodyki odpowiedniego przygotowania danych numerycznych, którego efektem ma być podniesienie dokładności wykonania elementów metodami przyrostowymi. Realizacja i jednocześnie weryfikacja tego celu została dokonana na przykładzie wielu wykonanych, a następnie zmierzonych elementów. Chodzi tu przede wszystkim o proces teselacji pod kątem przygotowania modelu numerycznego formy odlewniczej, gwintu metrycznego, koła zębatego oraz obróbki danych DICOM w procesie rekonstrukcji struktur anatomicznych, w celu uzyskania modeli numerycznych o podwyższonej dokładności w obrębie obszaru żuchwy, oczodołu, stawu biodrowego, kolanowego oraz sklepienia czaszki. Było to możliwe dzięki wyborowi odpowiednich metod filtracji, interpolacji, segmentacji oraz rekonstrukcji. Pozwoliło to na skrócenie czasu przygotowania modelu 3D-STL oraz podwyższenie dokładności geometrycznej tych modeli.

Na uwagę zasługuje fakt, że przedstawiony cykl publikacji zawiera, aż 15 pozycji. Pewne wątpliwości mogą wzbudzać pozycje, w których Habilitant swój udział określił na poziomie kilku lub kilkunastu procent, ale zważywszy na fakt, że zdefiniowane osiągnięcie naukowe koncentruje się na obróbce danych numerycznych, która jest jednym z etapów procesu wykonywania elementów metodami przyrostowymi, to taka wartość udziału jest do zaakceptowania. Należy również zaznaczyć, że na liście tych publikacji są pozycje, w których Habilitant posiadał 100 % i 80% udziałów. Warto podkreślić jest również to, że w 11 przypadkach był pierwszym autorem publikacji, a w 12 autorem korespondencyjnym, co może świadczyć o jego wiodącej roli jako współautora. Wybór czasopism nie budzi moich wątpliwości. Łączna suma IF na rok wydania, artykułów w przedstawionym cyklu publikacji to 52,653, przy średniej wartości równej 3,5102. Sumaryczna liczba punktów zgłoszonego cyklu publikacji to 1410. Poniższa tabela przedstawia syntetyczną informację na temat czasopism wchodzących w skład drugiego osiągnięcia naukowego.

	Tytuł	Czasopismo	Rok	IF na rok wydania	Udział Habilitanta
A1	Evaluation of surface roughness parameters of anatomical structures models of the mandible made with additive techniques from selected polymeric materials	Polimery	2022	1,6	100%
A2	Automating the process of designing and manufacturing polymeric models of anatomical structures of mandible with Industry 4.0 convention	Polimery	2019	1,097	100%
A3	Development of a procedure for increasing the accuracy of the reconstruction and triangulation process of the cranial vault geometry for additive manufacturing	Facta Universitatis – Series Mechanical Engineering	2025	10,1	80%

A4	Proposes Geometric Accuracy and Surface Roughness Estimation of Anatomical Models of the Pelvic Area Manufactured Using a Material Extrusion Additive Technique	Appl. Sci.	2025	2,5	12%
A5	Evaluation of Macro-and Micro-Geometry of Models Made of Photopolymer Resins Using the PolyJet Method	Materials	2024	3,1	20%
A6	Surface roughness of photoacrylic resin shapes obtained using PolyJet additive technology	Polimery	2023	1,1	20%
A7	Geometrical Accuracy of Threaded Elements Manufacture by 3D Printing Process	Advances in Science and Technology Research Journal	2023	1,0	7%
A8	Comparison of the contact and focus variation measurement methods in the process of surface topography evaluation of additively manufactured models with different geometry complexity	Surface Topography Metrology and Properties	2022	2,7	40%
A9	Manufacturing Polymer Model of Anatomical Structures with Increased Accuracy Using CAx and AM Systems for Planning Orthopedic Procedures	Polymers	2022	5,0	8%
A10	Procedure Increasing the Accuracy of Modelling and the Manufacturing of Surgical Templates with the Use of 3D Printing Techniques, Applied in Planning the Procedures of Reconstruction of the Mandible	J. Clin. Med.	2021	4,964	30%
A11	Estimating the Accuracy of Mandible Anatomical Models Manufactured Using Material Extrusion Methods	Polymers	2021	4,967	80%
A12	An Analysis of Polymer Gear Wear in a Spur Gear Train Made Using FDM and FFF Methods Based on Tooth Surface Topography Assessment	Polymers	2021	4,967	30%
A13	The impact of use different type of image interpolation methods on the accuracy of the reconstruction of skull anatomical model	Biomedical Engineering: Applications Basis and Communications	2020	0,9	50%
A14	An Analysis of the Casting Polymer Mold Wear Manufactured Using PolyJet Method Based on the Measurement of the Surface Topography	Polymers	2020	4,329	30%
A15	Assessing the Radiological Density and Accuracy of Mandible Polymer Anatomical Structures Manufactured Using 3D Printing Technologies	Polymers	2020	4,329	60%

Zarówno pierwsze jak i drugie oceniane osiągnięcie naukowe **mieści się w zakresie dyscypliny Inżynieria mechaniczna**. Uzyskane przez Kandydata efekty naukowe, w postaci, opracowania metodyki obróbki danych numerycznych mających na celu podniesienie dokładności modeli wykonywanych metodami przyrostowymi oraz całościowego podejścia (standaryzacji)

wytwarzania modeli metodami przyrostowymi wraz z ich oceną dokładności geometrycznej i chropowatości, **wnoszą istotny wkład do wyżej wymienionej dyscypliny.**

#### **7. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

Habilitant w ramach tego kryterium, wykazania się działalnością naukową poza Uczelnią macierzystą. Do weryfikacji przedstawił Swoją współpracę naukową w ramach podpisanych umów oraz odbytych staży naukowych z jednostkami w kraju oraz zagranicą. Były to:

- Badania w ramach umowy z dnia 23.01.2024 pomiędzy Politechniką Rzeszowską, a VSB-Technical University of Ostrava, Czechy

W ramach współpracy zrealizowano wspólnie badania, których efektem było opracowanie 1 publikacji oraz 1 wystąpienia na konferencji międzynarodowej:

- Turek Paweł, Snela Sławomir, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Jabłoński Jarosław, Przeszłowski Łukasz, Wojnarowski Robert, Dziubek Tomasz, Petru Jana: Proposes Geometric Accuracy and Surface Roughness Estimation of Anatomical Models of the Pelvic Area Manufactured Using a Material Extrusion Additive Technique. Appl. Sci. 15, 134, 2025.
- 10-13.09.2024 r., Ostrawa. (konferencja międzynarodowa)  
Turek Paweł, Snela Sławomir, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Jabłoński Jarosław, Przeszłowski Łukasz, Kawalec Andrzej, Dziubek Tomasz, Petru Jana: The application of CAI systems in the process of controlling the accuracy of anatomical structures of the hip joint, manufactured with the additive technique, 11th International scientific and expert conference of the international TEAM society, 10.09 – 13.09.2024, Ostrava, Czechy
- Staż naukowy w Laboratorium Patofizjologii Narządu Ruchu Człowieka, Przyrodniczo – Medyczne Centrum Badań Innowacyjnych, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, Polska „Techniki obrazowania oraz modelowania struktur anatomicznych pod kątem wytwarzania przyrostowego”

10.01.2024 – 10.04.2024 (3 miesiące)

Na bazie zrealizowanego stażu opracowano 1 publikację naukową

- Turek Paweł, Snela Sławomir, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Jabłoński Jarosław, Przeszłowski Łukasz, Wojnarowski Robert, Dziubek Tomasz, Petru Jana: Proposes Geometric Accuracy and Surface Roughness Estimation of Anatomical Models of the Pelvic Area Manufactured Using a Material Extrusion Additive Technique. Appl. Sci. 15, 134, 2025.
- Staż naukowy w Instytucie Technologii Mechanicznej, Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska „Badania dokładności wymiarowo-kształtowej oraz chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi”

16.01.2023 – 31.07.2023 (6,5 miesiąca)

Na bazie zrealizowanego stażu opracowano 1 publikację naukową:

- Turek Paweł, Bazan Anna, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Gapiński Bartosz: Surface roughness of photoacrylic resin shapes obtained using PolyJet additive technology. Polimery, 68(11- 12), 2023.

- Staż naukowy w Department of Automation and Production Systems, Faculty of Mechanical Engineering, University of Zilina, Zilina, Słowacja “Research on the applicability of additive technologies in the field of mechanical and medical engineering”

1.02.2022 – 28.02.2022 (4 tygodnie)

Na bazie zrealizowanego stażu opracowano 2 publikacje naukowe:

- Dziubek Tomasz, Budzik Grzegorz, Kawalec Andrzej, Dębski Mariusz, Turek Paweł, Oleksy Mariusz, Paszkiewicz Andrzej, Poliński Przemysław, Kochmański Łukasz, Kiełbicki Mateusz, Józwick Jerzy, Kuric Ivan, Cebulski Józef: Strength of threaded connections additively produced from polymeric materials. *Polimery* 67(6), 261-270, 2022.
- Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Kawalec Andrzej, Turek Paweł, Bazan Anna, Dębski Mariusz, Kuric Ivan: Geometrical Accuracy of Threaded Elements Manufacture by 3D Printing Process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 17(1), 35-45, 2023.

- Badania wspólnie z Uniwersyteckim Szpitalem Klinicznym im. Fryderyka Chopina w Rzeszowie od 10.12.2018 r. w ramach umowy z Kliniką Chirurgii Szcękowo – Twarzowej

Na bazie współpracy opracowano 1 publikację naukową, 1 patent oraz wygłoszono 3 prezentacje na konferencjach krajowych:

- Turek Paweł, Pakła Paweł, Budzik Grzegorz, Lewandowski Bogumił, Przeszłowski Łukasz, Dziubek Tomasz, Wolski Sławomir, Frańczak Jan: Procedure Increasing the Accuracy of Modelling and the Manufacturing of Surgical Templates with the Use of 3D Printing Techniques, Applied in Planning the Procedures of Reconstruction of the Mandible. *J. Clin. Med.* 10, 5525, 2021.
- Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Dziubek Tomasz: Sposób wykonywania modelu medycznego oczodołu. Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia P.445597, Numer prawa wyłącznego: Pat.247185).
- 17-18.10.2024. r., Rzeszów. (konferencja krajowa)  
Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Lewandowski Bogumił, Przeszłowski Łukasz, Pakła Pakła, Dziubek Tomasz, Bałuszyński Michał, Zaborniak Małgorzata: Opracowanie modeli struktur anatomicznych na potrzeby planowania zabiegów chirurgicznych w obrębie obszaru twarzoczaszki. VII Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie – Druk 3D&4D w zastosowaniach inżynierskich.
- 19-20.10.2023 r., Rzeszów. (konferencja krajowa)  
Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz, Budzik Grzegorz, Dziubek Tomasz, Lewandowski Bogumił, Pakła Paweł, Zaborniak Małgorzata: Zastosowanie szablonów chirurgicznych w procesie planowania zabiegów w obrębie obszaru oczodołu. *Medycyna 4.0. III Konferencja Technologie w Medycynie.*
- 23-24.09.2021 r., Rzeszów. (konferencja krajowa)  
Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Pakła Paweł, Lewandowski Bogumił, Snela Sławomir, Filip Damian: Zastosowanie druku 3D w procesie planowania zabiegów chirurgicznych. IV Krajowa Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie - INDUSTRY 4.0 - Innowacyjne aplikacje dla przemysłu.

- Badania od 2017 roku z Klastrem Technomed (obecnie Stowarzyszenie)

Na bazie współpracy badawczej opracowano 1 publikację naukową, 1 patent, zorganizowano wspólnie 3 konferencje oraz wygłoszono 2 prezentacje na konferencjach krajowych :

- Turek Paweł, Filip, Damian, Przeszłowski, Łukasz, Łazorko Artur, Budzik Grzegorz, Snela Sławomir, Oleksy Mariusz, Jabłoński Jarosław, Sęp Jarosław, Bulanda Katarzyna, Wolski Sławomir, Paszkiewicz Andrzej: Manufacturing Polymer Model of Anatomical Structures with Increased Accuracy Using CAx and AM Systems for Planning Orthopedic Procedures. *Polymers*, 14(11), 2236, 2022.
- Budzik Grzegorz, Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz, Filip Damian: Sposób wytwarzania modeli anatomicznych. Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia: P.432189, Numer prawa wyłącznego: Pat.239300).
- 19 - 20.10.2023 r., Rzeszów. Medycyna 4.0 III Konferencja Technologie w Medycynie
- 30.10.2018 r., Rzeszów. II Rzeszowskie Forum „Technologie w Medycynie”.
- 17.10.2017 r., Rzeszów. I Rzeszowskie Forum „Technologie w Medycynie”.
- 23-24.09.2021 r., Rzeszów. (konferencja krajowa)
  - Filip Damian, Snela Sławomir, Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz, Budzik Grzegorz, Oleksy Mariusz: Szybkie prototypowanie jako narzędzie wspomagające technologie przyrostowe. IV Krajowa Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie - INDUSTRY 4.0 - Innowacyjne aplikacje dla przemysłu.
- 23-24.09.2021 r., Rzeszów. (konferencja krajowa)
  - Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Pakła Paweł, Lewandowski Bogumił, Snela Sławomir, Filip Damian: Zastosowanie druku 3D w procesie planowania zabiegów chirurgicznych. IV Krajowa Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie - INDUSTRY 4.0 - Innowacyjne aplikacje dla przemysłu.

Należy stwierdzić, że podjęta współpraca została dobrze udokumentowana (potwierdzenia odbytych staży zał. 9) oraz zaowocowała licznymi publikacjami i wystąpieniami na konferencjach naukowych. Co ważne kilka z tych artykułów wchodzi w skład cyklu publikacji wykazanych w drugim osiągnięciu, co potwierdza, że prowadzona działalność naukowa poza macierzystą Uczelnią, przyniosła Kandydatowi realny rozwój naukowy. W związku z powyższym uważam, że Habilitant **spełnia wymóg wykazania się istotną aktywnością naukową** w więcej niż jednej uczelni.

#### **8. Wykaz zrealizowanych oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych lub artystycznych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c Ustawy**

Dodatkowo Pan dr inż. Paweł Turek przedstawił (w zał. 4) wykaz osiągnięć, z obszaru prawo własności przemysłowej, które można zakwalifikować jako odnoszące się do art. 219 ust. 1. pkt 2c Ustawy, wraz z deklarowanym Jego udziałem procentowym. Jest to konsekwencja Jego działalności naukowej na Uczelni oraz realizowanej w ramach współpracy i instytucjami zewnętrznymi. Kandydat przedstawił to w swoim autoreferacie. Znając zasady badania zdolności patentowej zgłaszanych wynalazków, a mianowicie m.in. kryterium nowości, to należy uznać, że uzyskanie patentów na przedstawione wynalazki jest dodatkową, pozytywną weryfikacją wartości niego pracy naukowej.

- P1. Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Przeszłowski Łukasz, Dziubek Tomasz: Sposób wykonywania modelu medycznego oczodołu. (2025). Udział procentowy: 25%

Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia P.445597, Numer prawa wyłącznego: Pat.247185),

- P2. Bolawender Krzysztof, Orkisz Stanisław, Mazur Artur, Mazur Damian, Bulanda Katarzyna, Turek Paweł, Budzik Grzegorz, Oleksy Mariusz, Przeszłowski Łukasz, Oliwa Rafał: Trener zabiegu wstecznej chirurgii wewnątrznerkowej (RIRS). (2024). Udział procentowy: 2%  
Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia: P.442625, Numer prawa wyłącznego: Pat.246741),
- P3. Cichosz Piotr, Turek Paweł, Bernaczek Jacek, Cieplak Mariusz: Sposób wytwarzania korpusów zaworów. (2023). Udział procentowy: 25%  
Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia: P.436068, Numer prawa wyłącznego: Pat.242049),
- P4. Turek Paweł, Dziubek Tomasz, Przeszłowski Łukasz, Budzik Grzegorz, Bazan Anna, Wydrzyński Dawid, Jaźwa Paweł: Model do zastosowań medycznych i sposób wytwarzania modelu do zastosowań medycznych. (2023). Udział procentowy: 41%  
Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia P.434490, Numer prawa wyłącznego: Pat.242932),
- P5. Budzik Grzegorz, Turek Paweł, Przeszłowski Łukasz, Filip Damian: Sposób wytwarzania modeli anatomicznych. (2021). Udział procentowy: 25%  
Patent na wynalazek przyznany przez UP RP (Numer zgłoszenia: P.432189, Numer prawa wyłącznego: Pat.239300).

#### **9. Analiza dorobku publikacyjnego Habilitanta.**

Pan dr inż. Paweł Turek, po uzyskaniu stopnia doktora, może wykazać się (wliczając w to pozycje wykazane jako pierwsze i drugie osiągnięcie) autorstwem lub współautorstwem, 1 monografii naukowej, 2 rozdziałów w monografiach, 32 publikacjami indeksowanymi w bazie WoS oraz 5 publikacjami niewystępującymi w bazie WoS. Dla wszystkich publikacji, których był autorem lub współautorem, sumaryczny Impact Factor na rok opublikowania wynosi **86,405**. Liczba cytowań wspomnianych publikacji to: dla bazy WoS - 297 (bez autocytowań 190), dla bazy Scopus – 370 (bez autocytowań 241), dla Google Scholar – 511. Przekłada się to na **indeks Hirsha równym 11** zarówno w bazie WoS, jak i bazie Scopus. Przedstawione wskaźniki nomenklaturowe dotyczą wartości na czas sporządzania wniosku habilitacyjnego.

Jeżeli chodzi o czasopisma w jakich publikował Autor, to przykładowo wśród czasopism posiadających 140 pkt. MNiSW były to: Materials x4, Journal of Clinical Medicine x1, natomiast odpowiednio dla czasopism 100 pkt. były to: Polymers x6, Polimery x1, Facta Universitatis – Series Mechanical Engineering x1, Advances in Science and Technology Research Journal x1, Applied Sciences x2.

Uważam, że **zgromadzony dorobek publikacyjny jest na wysokim poziomie**, biorąc pod uwagę jego dotychczasowy okres zatrudnienia na Politechnice Rzeszowskiej.

Na bazie aktywności publikacyjnej, należy wspomnieć o aktywności Habilitanta jako recenzenta publikacji naukowych. Wykonał ich łącznie 69, między innymi w takich czasopismach jak: Materials, Applied Science, Measurements, Micromachines, Neurosurgery Cases and Reviews, Journal of Manufacturing and Materials Processing, Stronjnski Vestnik – Journal of Mechanical Engineering, Diagnostics, Engineering Research Express, Expert Review of Medical Devices, Journal of Functional Biomaterials, Journal of Mechanics in Medicine and Biology, Machines, Polymers, Sensors, Additive Manufacturing, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Additive Manufacturing Letters.

#### **10. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowe w drodze konkursów**

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant uczestniczył w projekcie Podkarpackiego Centrum Innowacji w charakterze kierownika projektu.

3.01.2020 r. – 30.06.2020 r., Projekt „Hybrydowo – modułowy system wspomaganie zabiegów chirurgicznych oraz leczenia urazów ortopedycznych” Podkarpackie Centrum Innowacyjności (Program grantowy PCI nabór I, numer umowy 18/PRZ/1/DG/PCI/2019)

Wymiernym efektem tego projektu był 1 patent i 3 publikacje w czasopismach Materials, Polimery, Polymers.

#### **11. Uczestnictwo Habilitanta w konferencjach krajowych i zagranicznych**

W okresie od uzyskania stopnia doktora Pan dr inż. Paweł Turek uczestniczył w 3 konferencjach zagranicznych w charakterze prelegenta oraz 1 w charakterze współautora wystąpienia na konferencji.

- 13.12.2024 r., Online.  
Designs Webinar – Additive Manufacturing – Process Optimisation.  
Turek Paweł Improving the Accuracy of Reconstruction and Manufacturing Processes to Produce Using MEX Additive Techniques a Surgical Guide for Planning Orthopedic Procedures. Wystąpienie na zaproszenie na konferencji (Keynote speaker)
- 10-13.09.2024 r., Ostrawa.  
11th International scientific and expert conference of the international TEAM society.  
Turek Paweł The application of CAI systems in the proces of controlling the accuracy of anatomical structures of the hip joint manufactured with the additive technique.  
Wystąpienie na konferencji
- 4-6.06.2024 r., Dubrownik.  
15th International Scientific Conference Management of Technology – Step to Sustainable Production MOTSP.

- Cygnar Mariusz, Dziubek Tomasz, Kądziołka Tomasz, Budzik Grzegorz, Żelechowski Damian, Majewski Mateusz, Turek Paweł Analysis of the geometric accuracy of wax models produced using PolyJet molds. Współautor wystąpienia na konferencji
- 22-24. 06. 2020 r., Piza.  
2020 IEEE International Workshop on Metrology for Aerospace  
Budzik Grzegorz, Turek Paweł, Jóźwik Jerzy, Oleksy Mariusz, Paszkiewicz Andrzej, Żelechowski Damian, Woźniak Joanna Analysis of Wear of the Polymer Mold in the Production of Wax Casting Models of Aircraft Engine Blades. Wystąpienie na konferencji

Dodatkowo Habilitant uczestniczył w 3 konferencjach krajowych o zasięgu międzynarodowym w charakterze prelegenta.

- 13.12.2024. r., Rzeszów.  
II International Scientific Conference Artificial Intelligence and Responsibility: „Technological and Legal Aspects of AI in the CITY (2th CONFAIR).  
Turek Paweł, Zaborniak Małgorzata, Grzywacz-Danielewicz Katarzyna Numerical processing of three-dimensional medical data in relations to scientific units and clinical hospitals. Wystąpienie na konferencji
- 19 – 21. 09. 2018 r., Gliwice.  
XVII Krajowa VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna.  
Turek Paweł, Magdziak Marek Wpływ rodzaju filtru na wyniki bezstykowych pomiarów powierzchni swobodnych. Wystąpienie na konferencji
- 19 – 21.09. 2018 r., Gliwice.  
XVII Krajowa VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna.  
Burek Jan, Turek Paweł Ocena dokładności rekonstrukcji geometrii modelu struktury anatomicznej przy zastosowaniu tomografii przemysłowej i głowicy laserowej. Wystąpienie na konferencji

Pan dr inż. Paweł Turem może również wykazać się 16 aktywnościami w ramach konferencji krajowych (głównie prezentacjami plakatów na konferencjach). Były to m.in. cykliczna Konferencja Naukowa Szybkie Prototypowanie, XIV Szkoła Obróbki Skrawaniem oraz XLIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Medycyna 4.0. III Konferencja Technologie w Medycynie.

## **12. Współpraca z otoczeniem gospodarczym**

Nie bez znaczenia jest współpraca Habilitanta z otoczeniem gospodarczym. Dotyczyła ona przedsiębiorstw produkcyjnych oraz jednostek medycznych.

- Współpraca z firmą Mediprintic Sp.z.o.o z Mielca od 2022  
Badania, które prowadził Kandydat dotyczyły opracowania rozwiązań w zakresie optymalizacji procesu produkcji ortez z materiału PA12 przy użyciu dwóch przyrostowych technik wytwarzania SLS oraz MJF. Problem dotyczył spełnienia warunków wytrzymałościowych oraz odpowiedniej jakości warstwy wierzchniej. Ostatecznie w wyniku

przeprowadzonych badań przedstawiono firmie Mediprintic wytyczne w zakresie produkcji ortez przedramienia, które obecnie stosują.

W ramach współpracy badawczej dodatkowo opublikowano wraz z firmą 3 recenzowane publikacje naukowe w latach 2023-2024 oraz jeden rozdział w monografii w 2023 roku. Uzyskane wyniki badań były także prezentowane na krajowych konferencjach naukowych.

- Współpraca z firmą RC-Tech Sp.z.o.o z Trzebowniska w latach 2019 – 2020.  
Współpraca zaowocowała opracowaniem hybrydowej metody wytwarzania korpusów zaworów przeznaczonych do zastosowań w układach paliwowych, hydraulicznych i pneumatycznych  
Cały proces odbywa się w jednej operacji technologicznej czym wyeliminowano konieczność przezbrajania urządzenia. W ramach współpracy badawczej dodatkowo uzyskano jeden patent.
- Współpraca z firmą CC Metal spółka cywilna z Tropi  
W ramach odbytego stażu przemysłowego, w dniach od 26.08.2019 r. do 27.09.2019 r., Habilitant określił procedury mające na celu optymalizację procesu pomiarowego dla systemu optycznego Atos Core 300 oraz obróbki danych przy użyciu manipulatora haptycznego.
- Współpraca z Kliniką Chirurgii Szczękowo – Twarzowej w Rzeszowie od 10.12.2018 r. w ramach umowy pomiędzy Politechniką Rzeszowską, a Kliniką Szpitala Wojewódzkiego Nr 1 im. Fryderyka Chopina (obecnie Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Fryderyka Chopina w Rzeszowie)  
W ramach współpracy od 2018 roku do chwili obecnej, Habilitant uczestniczył w procesie badawczym, którego efektem było:
  - rekonstrukcja 3D oraz druk 3D geometrii żuchwy w liczbie ponad 50 przypadków pod kątem optymalizacji procesu planowania zabiegów chirurgicznych
  - zoptymalizowanie procesu rekonstrukcji geometrii żuchwy celem podwyższenia dokładności oraz skrócenia czasu modelowania geometrii na potrzeby druku 3D
  - opracowanie procedury doboru parametrów druku 3D celem podwyższenia dokładności opracowania finalnego modelu
  - opracowanie szablonów resekcyjnych usprawniających przeprowadzenie zabiegów chirurgicznych
  - rekonstrukcja 3D oraz druku 3D geometrii obszaru oczodołu w liczbie 21 przypadków pod kątem optymalizacji procesu planowania zabiegów chirurgicznych.Wspólna działalność w ostatnich 7 latach, pozwoliła także na przygotowanie wraz z pracownikami Kliniki dwóch artykułów naukowych (jeden jest obecnie w recenzji), uzyskanie jednego patentu. Dodatkowo wyniki prac badawczych zaprezentowano wspólnie na krajowych konferencjach.
- Współpraca z Kliniką Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Dzieci i Dorosłych Klinicznego Szpitala Wojewódzkiego nr 2 w Rzeszowie od 2017 roku w ramach działalności Klastra

Technomed (obecnie Stowarzyszenia) zrzeszającego pracowników Uniwersytetu Rzeszowskiego oraz Politechniki Rzeszowskiej w kontekście realizacji badań podwyższających jakość leczenia pacjentów.

W ramach prowadzonych badań przez Habilitanta skrócono czas opracowania modeli numerycznych struktur anatomicznych w obrębie stawu biodrowego oraz kolanowego oraz podwyższono ich dokładność geometryczną.

Wspólna działalność w ostatnich 8 latach, pozwoliła także na przygotowanie wraz z pracownikami Kliniki dwóch recenzowanych artykułów, uzyskanie jednego patentu, zorganizowanie trzech wspólnych konferencji wraz z przemysłem medycznym oraz prezentację wyników uzyskanych badań na krajowych konferencjach.

Działalność dr inż. Pawła Turka w ramach współpracy z otoczeniem gospodarczym dotyczyła implementacji jego doświadczenia i osiągnięć naukowych w obszar zastosowań medycznych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że opracowana precyzyjna rekonstrukcja cyfrowa modeli anatomicznych pacjentów oraz druk 3D w celu uzyskania szablonów chirurgicznych o podwyższonej dokładności przyczynił się do skrócenia czasu planowania zabiegów u wielu pacjentów.

### **13. Osiągnięcia dydaktyczne organizacyjne oraz popularyzujące naukę**

Habilitant w ramach swojej aktywności dydaktycznej na Uczelni prowadzi lub prowadził następujące zajęcia:

*Miernictwo i Systemy Pomiarowe, Metrologia Techniczna i Systemy Pomiarowe, Podstawy Metrologii, Metrologia Techniczna i Systemy Pomiarowe, Nowoczesne Techniki Wytwarzania, Systemy CAD/CAM w Inżynierii Odwrotnej, Metrologia, Niezawodność Systemów, Podstawy Eksploatacji i Niezawodności, Metody Badania Biomateriałów i Tkanek, Komputerowe Modelowanie Struktur Anatomicznych.*

Były to zajęcia zarówno w formie wykładów, jak również ćwiczeń projektowych czy laboratoryjnych. Co istotne, tematyka zajęć jest mocno powiązana z prowadzonymi badaniami naukowymi.

Habilitant jest również autorem materiałów dydaktycznych, instrukcji oraz materiałów pomocniczych do przedmiotów: Metrologia, Miernictwo i Systemy Pomiarowe, Podstawy metrologii.

Począwszy od roku akademickiego 2017/18 był promotorem dużej ilości prac inżynierskich i magisterskich, tj.:

- 38 prac inżynierskich prowadzonych na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa oraz 2 na Wydziale Matematyki i Fizyki Stosowanej
- 59 prac magisterskich prowadzonych na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa oraz 7 na Wydziale Matematyki i Fizyki Stosowanej

Dodatkowo zrecenzował 61 prac dyplomowych. Działalność dydaktyczna Kandydata zaowocowała również publikacjami przygotowanymi wspólnie ze studentami. W latach 2018 - 2025 przygotował łącznie 8 takich publikacji.

W latach 2019-2023 Pan dr inż. Paweł Turek pełnił funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim pt. Ocena parametrów procesu wtryskiwania przy użyciu fotopolimerowych gniazd formujących.

W ramach działalności popularyzujących naukę może wykazać się 10 publikacjami w tym 4 po uzyskaniu tytułu doktora. Były to m.in. takie czasopisma jak Stale, Metale i Nowe Technologie, Tworzywa Sztuczne w Przemysle. Dodatkowo może poszczycić się prowadzeniem wykładów i zajęć ćwiczeniowych dla szkół średnich.

#### **14. Działalność w organizacjach, komitetach, redakcjach czasopism, ekspertyzy**

Habilitant aktywnie angażuje się również na wielu polach organizacyjnych. Od 12.12.2023 jest członkiem grupy projektowej KT 206 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego ds. Obrabiarek i Narzędzi Skrawających do Metali oraz Oprzyrządowania Przedmiotowego i Narzędziowego, jest również wiceprezesem Zarządu Stowarzyszenia Krajowy Klaster Industry 4.0 oraz wiceprezesem Stowarzyszenia Centrum Naukowo Techniczne. Aktywnie uczestniczył w organizacji wielu konferencji naukowych np. jako przewodniczący, wiceprzewodniczący komitetu organizacyjnego, sekretarz, członek komitetu organizacyjnego. Były to przede wszystkim Konferencje Naukowe Szybkie Prototypowanie, Technologie w Medycynie.

Pan dr inż. Paweł Turek również aktywnie uczestniczy pracach komitetów redakcyjnych czasopism. W ostatnich latach, trzykrotnie pełnił funkcję Guest Editor w wydaniach specjalnych czasopism: Biomedicine (ISSN: 2227-9059), pt. „Additive Manufacturing in Biomedical Applications”; Designs (ISSN: 2411-9660), pt. „Design Process for Additive Manufacturing”; Polymers (ISSN: 2073-4360), pt. „Polymers Composites used in the 3D Printing Process”. Jest także członkiem kilku komitetów redakcyjnych:

- Early Career Editorial Board Member czasopisma Biomedicines (ISSN: 2227-9059),
- Członek Editorial Board czasopisma naukowego Design+ (ISSN: 3060-8953),
- Członek Editorial Board czasopisma naukowego BMC Methods (ISSN: 3004-8729),
- Topical Advisory Panel Member w czasopiśmie naukowym Designs (ISSN: 2411-9660),

W okresie od uzyskania stopnia doktora Kandydat może wykazać się również opracowaniem czterech opinii o innowacyjności dla firm, przeprowadzeniem kilku szkoleń z zakresu metrologii wielkości geometrycznych dla operatorów obrabiarek CNC oraz opracowaniem dwóch założeń konstrukcyjnych, dot. wytwarzania papierowych talerzyków o podwyższonej wytrzymałości oraz wytwarzania toreb papierowych z uchem o podwyższonej wytrzymałości.

#### **15. Certyfikaty, nagrody**

Habilitant sukcesywnie powiększa swoje kompetencje uczestnicząc w kursach i szkoleniach:

- 30.04.2025 – Certyfikat szkolenia wydawnictwa BMC: „Initial Assessments”;
- 13.11.2024 – Certyfikat szkolenia wydawnictwa BMC: „Finding Peer Reviewers”;
- 30.10.2024 – Certyfikat szkolenia wydawnictwa BMC: „Making Editorial Decisions”;
- 29.06.2024 – Certyfikat szkolenia wydawnictwa BMC: „Welcome Course for Editorial Board Members”;

- 15-16.02.2024 – Certyfikat szkolenia Mitutoyo: „Obsługa oprogramowania MEASURLINK”;
- 21.01-22.01.2023 – Zaświadczenie ukończenia szkolenia: „Informatyzacja w pracy personelu medycznego”;
- 12-14.10.2022 – Certyfikat szkolenia Lenso: „Inspekcja i akwizycja: szkolenie podstawowe – Metrologia 3D”;
- 6-7.03.2019 - Certyfikat szkolenia Carl Zeiss: "Oprogramowanie Zeiss Reverse Engineering";
- 13-15.02.2019 - Certyfikat szkolenia Carl Zeiss: "Obsługa oprogramowania Calypso LineScan".

Oprócz certyfikatów habilitant może poszczycić się licznymi nagrodami za swoje osiągnięcia naukowe i publikacyjne.

- 2024 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo patentu;
- 2024 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w publikacji artykułu za 140 punktów;
- 2023 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w publikacji artykułu za 100 punktów;
- 2022 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w publikacji 2 artykułów za 100 punktów oraz 1 artykułu za 140 punktów;
- 2022 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo patentu;
- 2021 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w 2 publikacjach artykułów za 100 punktów;
- 2019 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w publikacji artykułu z grupy A (MNiSW);
- 2018 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda za współautorstwo w publikacji artykułu z grupy A (MNiSW);
- 2018 - Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej – nagroda indywidualna za uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn.

W 2024 Pan dr inż. Paweł Turek otrzymał Medal brązowy za długoletnią służbę nadany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej;

## **16. Zestawienie końcowe osiągnięć Habilitanta**

Analizując przedstawiony do oceny wniosek Pana dr inż. Pawła Turka należy stwierdzić, że jest On bardzo aktywny zarówno na polu naukowym, wdrożeniowym jak i organizacyjnym. Z zestawionych danych można dostrzec duży wzrost osiągnięć Habilitanta od ostatniego awansu naukowego. Na wskazanie zasługuje ilość opublikowanych artykułów w czasopiśmie naukowych indeksowanych w bazie (WoS) z 1 do 32, wystąpienia na konferencjach z 7 do 23, czy recenzowanych prac naukowych z 0 do 69. Dodatkowo, Habilitant odznaczył się aktywnością, której przed uzyskaniem stopnia doktora nie posiadał. Chodzi głównie o uzyskane patenty (5) oraz wdrożone technologie (3). Przytoczone wartości świadczą o Jego

konsekwentnym i dynamicznym rozwoju naukowym. Uważam, że zgromadzony dorobek we wszystkich wymienionych obszarach jest istotny i uprawnia Go do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

<b>WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ</b>			
		Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora
1	Wykaz opublikowanych monografii naukowych	0	1
2	Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych	1	2
3	Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii	0	0
4	Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych indeksowanych w		
	Bazie Web of Science	1	32
	Bazie Scopus (niewystępujące w bazie WoS)	0	5
5	Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych	0	5
6	Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych	7	23
7	Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych	1	8
8	Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty w drodze konkursów krajowych i zagranicznych	1	1
9	Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	0	4
10	Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych	0	3
11	Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	0	7
12	Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych	0	69
13	Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych	3	2
14	Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących inne niż określone w punkcie 8	4	1
15	Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny	0	0
<b>WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM</b>			
16	Wykaz dorobku technologicznego	1	4
17	Współpraca z sektorem badawczym	1	5
18	Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych	0	5
19	Wykaz wdrożonych technologii	0	3

20	Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorstw	4	13
21	Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych	0	0
22	Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskiem pozaartystycznym	0	0

### 17. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując cały dostarczony dorobek Pana dr inż. Pawła Turka należy stwierdzić, że nie zaniedbuje On aktywności w żadnym obszarze działalności, tj. naukowej, projektowej, organizacyjnej, przynależnych pracownikom dydaktyczno-naukowym. Zarówno jego praca indywidualna, jak również umiejętność współpracy w interdyscyplinarnych zespołach (technika-medycyna), zaowocowała wieloma publikacjami, patentami oraz wdrożeniami. Na podkreślenie zasługuje fakt, że jego osiągnięcia naukowe mają duże znaczenie aplikacyjne.

Dlatego, biorąc pod uwagę, że:

- Przedstawione do oceny dwa osiągnięcia naukowe w postaci monografii naukowej pt. *Analiza dokładności geometrycznej i chropowatości powierzchni modeli wykonanych metodami przyrostowymi z materiałów polimerowych* oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, tytuł osiągnięcia *Opracowanie metodyki obróbki danych numerycznych w zakresie podwyższenia dokładności wykonania prototypów metodami przyrostowymi*, stanowią **istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria mechaniczna**
- Pan dr inż. Paweł Turek wykazał się **również istotną działalnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni**, instytucji naukowej (...) w szczególności zagranicznej. Działalność ta dotyczyła współpracy oraz staży naukowych z jednostkami z kraju i zagranicy. Została dobrze udokumentowana, a ich efektem były konkretne osiągnięcia naukowe
- Całkowity dorobek publikacyjny Pana dr inż. Pawła Turka (zdefiniowany jako sumaryczny Impact Factor na rok opublikowania wynosi 86,405, przy indeksie Hirsha równym 11) oraz osiągnięcia projektowe, wdrożeniowe, działalność dydaktyczna, popularyzatorska, jest w mojej ocenie na wysokim poziomie.

Uważam, że Pan dr inż. Paweł Turek spełnia warunki określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571), dlatego wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza o przeprowadzenie, zgodnie z obowiązującymi przepisami, dalszych etapów postępowania zmierzających do nadania Panu dr inż. Pawłowi Turkowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie Inżynieria mechaniczna.

Podpis recenzenta

