

prof. dr hab. inż. Wojciech Sobieski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Wydział Nauk Technicznych
Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
10-957 Olsztyn, ul. M. Oczapowskiego 11
e-mail: wojciech.sobieski@uwm.edu.pl
tel.: (89) 5-23-32-40 / fax: (89) 5-23-32-55

Recenzja osiągnięć naukowych dra Zbigniewa Józefa Krzemianowskiego w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego

Podstawą dla wykonania niniejszej recenzji są:

- a) pismo RN.522.1.2025 Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych, dr. hab. inż. Grzegorza Żywicy, prof. IMP PAN w Gdańsku, z dnia 6 marca 2026 r., informujące o powierzeniu funkcji recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. Zbigniewowi Józefowi Krzemianowskiemu;
- b) umowa o dzieło nr 6.03/D/1 z dnia 6 marca 2026 r., zawarta pomiędzy Instytutem Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku, reprezentowanym przez dr. hab. inż. Grzegorza Żywicę, Zastępcę Dyrektora ds. Naukowych, a prof. dr. hab. inż. Wojciechem Sobieskim z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie, w tym: data uzyskania stopnia doktora oraz nazwa jednostki organizacyjnej, w której był ten stopień nadany

Dr inż. Zbigniew Krzemianowski (dalej zwany Kandydatem), urodzony 2 września 1973 roku w Gdyni, ukończył w roku 1998 studia magisterskie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej. Praca magisterska nosiła tytuł „Projekt układu przepływowego stopni turbiny parowej o mocy 60 MW”. Promotorem pracy był dr inż. Piotr Krzyślak, a recenzentem dr hab. inż. Krzysztof Kosowski, prof. PG.

Kandydat uzyskał stopień doktora nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej, w dniu 11 czerwca 2003 r. Rozprawa doktorska nosiła tytuł „Metoda projektowania kształtu łopatek wirników dla maszyn wodnych rewersyjnych”. Promotorem w jego przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Romuald Puzyrewski. Recenzentami w przewodzie doktorskim byli: prof. dr inż. Janusz Plutecki oraz prof. dr hab. inż. Jan Szantyr.

2. Informacja, czy kandydat ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w tym – o ile wynika to z dokumentacji sprawy – informacja o przebiegu i zakończeniu wcześniejszego postępowania

Dokumentacja załączona do wniosku nie wskazuje, aby Kandydat ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

3. Przebieg pracy naukowo-zawodowej (miejsce pracy, zajmowane stanowiska)

Zgodnie z dostarczoną dokumentacją, Kandydat obejmował następujące stanowiska:

- 2003.05 – 2003.06: Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku (specjalista, ½ etatu)
- 2003.07 – 2012.06: Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku (adiunkt)
- 2012.07 – obecnie: Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku (starszy specjalista)
- 2020.02 – 2022.03: Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S. A. w Warszawie (specjalista ds. badania parametrów przepływu, ¼ etatu)

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

Postępowanie habilitacyjne toczy się zgodnie z art. 219 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2024 poz. 1571 z późn. zm.):

1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a) 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
 - b) 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
 - c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

3. Obowiązek publikacji nie dotyczy osiągnięć, których przedmiot jest objęty ochroną informacji niejawnych.

5. Tytułu osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Kandydat do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna**, przedstawił do oceny cykl **8 publikacji** naukowych oraz **3 osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych oraz technologicznych**, pod zbiorczym tytułem „Badania i rozwój konstrukcji turbin wodnych przeznaczonych na najniższe wysokości spadu”. Cykl ten obejmuje następujące pozycje:

A) artykuły naukowe w czasopismach recenzowanych:

- **B1.** Z **Krzemianowski** (100%). 2019. Engineering design of the low-head Kaplan hydraulic turbine blades using the inverse problem method. Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences 67 (6), 1133-1147.
- **B2.** Z **Krzemianowski** (80%), J Steller. 2021. High specific speed Francis turbine for small hydro purposes - Design methodology based on solving the inverse problem in fluid mechanics and the cavitation test experience. Renewable Energy 169, 1210-1228.
- **B3.** D Liszka, Z **Krzemianowski** (55%), T Węgiel, D Borkowski, A Polniak, K Wawrzykowski, A Cebula. 2022. Alternative solutions for small hydropower plants. Energies 15 (4), 1275.
- **B4.** Z **Krzemianowski** (95%), M Kaniecki. 2023. Low-head high specific speed Kaplan turbine for small hydropower-design, CFD loss analysis and basic, cavitation and runaway investigations: A case study. Energy Conversion and Management 276, 116558.
- **B5.** Z **Krzemianowski** (80%), J Steller. Basic performance, cavitation and runaway investigations of a high specific speed Francis turbine with emphasis on cavitation analysis: A case study. Energy Conversion and Management 314, 118653.
- **B6.** Z **Krzemianowski** (80%), T Przybyliński, J Karwacki, A Tomaszewski. Experimental research of a high specific speed low-head model Francis turbine – A case study with emphasis on flow visualisation under runner using PIV method and energy production analysis. Energy, 137711.
- **B7.** Z **Krzemianowski** (75%), J Steller, W Janicki, A Góralczyk. Cavitation and runaway experimental research of a very high specific speed low-head model Francis turbine – A case study with emphasis on flow analysis in the draft tube. Energy, 138556.
- **B8.** Z **Krzemianowski** (50%), R Puzyrewski. 3D computations of flow field in a guide vane blading designed by means of 2D model for a low head hydraulic turbine. Journal of Physics: Conference Series 530 (1), 012031.

B) osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne:

- **P1.** Zaprojektowany wysokosprawny układ przepływowy modelowej rurowej turbiny wodnej typu Kaplana, charakteryzujący się bardzo wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności o wartości ~ 260 , przeznaczonej na najniższe wysokości spadu.
- **P2.** Modelowy wirnik Francisa do wysokosprawnego układu przepływowego turbiny z napływem spiralnym, charakteryzujący się bardzo wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności 94, przeznaczonego na najniższe wysokości spadu.
- **P3.** Zaprojektowany wysokosprawny układ przepływowy modelowej rurowej turbiny wodnej Kaplana, charakteryzujący się wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności o wartości ~ 238 , przeznaczonej na najniższe wysokości spadu.

6. Dane naukometryczne, jak sumaryczny współczynnik Impact Factor, sumaryczna punktacja ministerialna, liczba cytowań oraz indeks Hirscha, którymi legitymuje się kandydat na dzień wszczęcia postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, z podaniem również danych współczynników po uzyskaniu ostatniego awansu naukowego

Według danych zawartych w bazie **Scopus**¹ Kandydat jest autorem **24** publikacji indeksowanych, które uzyskały łącznie **488** cytowań (**450** bez autocytowań), a jego indeks Hirscha wynosi **11** (**9** bez autocytowań). Analogiczna analiza przeprowadzona w bazie **Web of Science** wykazała: **24** publikacje, **400** cytowań (**389** bez autocytowań) oraz indeks Hirscha równy **9**.

Publikacje wchodzące w skład cyklu wskazanego jako osiągnięcie charakteryzują się następującymi wskaźnikami (Tabela 1): łączna liczba punktów MNiSW wynosi **1180**, natomiast sumaryczny Impact Factor **52,819** (Kandydat w autoreferacie wskazał wartość 54).

Tabela 1. Zestawienie punktów oraz wskaźników IF publikacji należących do cyklu stanowiącego osiągnięcie

Czasopismo	eISSN	Rok	Punkty	IF
Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences	2300-1917	2019	100	1,385
Renewable Energy	1879-0682	2021	140	8,634
Energy (MDPI)	1996-1073	2022	140	3,2
Energy Conversion and Management	1879-2227	2023	200	9,9
Energy Conversion and Management	1879-2227	2024	200	10,9
Energy (Elseviere)	1873-6785	2025	200	9,4
Energy (Elseviere)	1873-6785	2025	200	9,4
Journal of Physics: Conference Series	1742-6596	2014	0	0

Wszystkie publikacje ujęte w bazach **Scopus** oraz **Web of Science**, w tym również prace wchodzące w skład cyklu wskazanego jako osiągnięcie, zostały opublikowane po uzyskaniu przez Kandydata stopnia doktora.

¹ Dane z dnia 23 marca 2026 r.

7. Informacja o liczbie publikacji naukowych, monografii, rozdziałów w monografiach autorstwa lub współautorstwa kandydata, z podaniem również danych informacji po uzyskaniu ostatniego awansu naukowego

- Całkowita liczba artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych: **36**
- Liczba publikacji naukowych zgłoszonych jako osiągnięcie będące podstawą o obieganie się o stopień doktora habilitowanego: **8**
- Liczba opublikowanych monografii naukowych: **2**
- Liczba opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych: **0**

Cały dorobek publikacyjny Kandydata powstał po uzyskaniu stopnia doktora.

8. Informacja o najważniejszych czasopismach, w ramach których kandydat publikował swoje prace naukowe

Publikacje wskazane jako część osiągnięcia (**B1-B8**) wydane zostały w następujących czasopismach: Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences (PAN) : 1 (tak, Q3), Renewable Energy (Elsevier): 1 (tak, Q1), Energies (MDPI) : 1 (nie, Q3), Energy Conversion and Management (Elsevier) : 2 (tak, Q1), Energy (Elsevier) : 2 (tak, Q1), Journal of Physics: Conference Series : 1 (tak). Dane w nawiasach wskazują nazwę grupy wydawniczej czasopisma, czy jest ono przypisane do dyscypliny **inżynieria mechaniczna** oraz numer kwartyła, do którego zaliczone jest dane czasopismo.

Ranga czasopism, w których publikowane są prace naukowe Kandydata **B1-B7**, jest wysoka (5 prac opublikowano w czasopismach z Q1), a zastosowane w nich procedury wydawnicze nie pozostawiają wątpliwości co do wysokiej jakości zarówno merytorycznej, jak i redakcyjnej prezentowanych w nich publikacji. Praca **B8** ma charakter publikacji konferencyjnej, co wiąże się z jej relatywnie niższą rangą naukową.

9. Informacja czy kandydat odgrywał wiodącą rolę w ramach powstania współautorskich prac naukowych

Biorąc pod uwagę, że:

- Kandydat jest pierwszym autorem w 7 publikacjach,
- posiada 1 publikację samodzielną,
- jego wkład procentowy w powstanie poszczególnych publikacji jest wysoki (50-95%),
- zakres jego wkładów w poszczególne publikacje, przedstawiony w oświadczeniach podpisanych przez współautorów, jest szeroki,

można stwierdzić, że odegrał on **rolę jedyną (B1), wiodącą (B2, B4-B7) lub istotną (B3, B8)** w powstanie artykułów wchodzących w skład cyklu, który stanowi znaczące osiągnięcie naukowe i jest

podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Należy dodać, że jego wkład w prace naukowe był zarówno merytoryczny, jak i decyzyjny, obejmując planowanie badań, opracowanie wyników oraz przygotowanie publikacji do druku.

10. Ocena wskazanego przez kandydata osiągnięcia naukowego, w tym czy stanowi ono znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej

Krótką charakterystyką prac **B1-B8**:

- **B1.** (Engineering design of the low-head Kaplan hydraulic turbine blades using the inverse problem method). Praca dotyczy projektowania łopatek kierownicy oraz wirnika niskospadowej, osiowej turbiny Kaplana o bardzo wysokiej prędkości właściwej, z wykorzystaniem metody zagadnienia odwrotnego opartej na teorii hodografu Wu. Autor przedstawia podejście umożliwiające wyznaczanie trójwymiarowej geometrii łopatek na podstawie zadanych rozkładów wielkości przepływowych (takich jak rozkład momentu wirowego lub ciśnienia), pełniących rolę warunków brzegowych. Sformułowanie równań zachowania w układzie współrzędnych krzywoliniowych dopasowanych do linii prądu (z wykorzystaniem symboli Christoffela) prowadzi do istotnego uproszczenia obliczeń i umożliwia efektywne wyznaczanie geometrii przy zastosowaniu metody charakterystyk. Metodyka została zweryfikowana zarówno numerycznie (z użyciem CFD), jak i eksperymentalnie (na stanowisku dostępnym w IMP PAN w Gdańsku) w szerokim zakresie parametrów pracy, w tym poprzez wyznaczenie tzw. charakterystyk powłokowych, pozwalających zlokalizować obszar maksymalnej sprawności. **Oryginalnym osiągnięciem pracy** jest implementacja i rozwój podejścia odwrotnego opartego na teorii hodografu w praktycznym algorytmie projektowym, pozwalającym na szybkie generowanie przestrzennych powierzchni łopatek dla turbin o wysokiej prędkości właściwej, oraz wykazanie jego przydatności i poprawności w zastosowaniach inżynierskich w kontekście badań turbin Kaplana, a potencjalnie także w odniesieniu do innych typów turbin wodnych.
- **B2.** (High specific speed Francis turbine for small hydro purposes - Design methodology based on solving the inverse problem in fluid mechanics and the cavitation test experience). Praca dotyczy projektowania wirnika turbiny Francis o wysokiej prędkości właściwej ($90 < n_{sq} < 100$) do małych elektrowni wodnych, z zastosowaniem tej samej metody co w **B1**. Trójwymiarowe łopatki opracowano na powierzchniach strumieniowych meridianowych wyznaczonych metodą Vortex Lattice Method, a równania zachowania masy i pędu zapisano w układzie krzywoliniowym dopasowanym do linii prądu, rozwiązując je metodą charakterystyk. Geometria została następnie zoptymalizowana w CFD przy użyciu algorytmu genetycznego. Praca obejmuje badania modelowe w IMP PAN w Gdańsku, w tym pomiary sprawności i krytycznych liczb kawitacji, co pozwoliło zweryfikować zgodność wyników obliczeniowych z rzeczywistymi parametrami pracy turbiny. **Oryginalność pracy** polega na połączeniu teorii hodografu, VLM i optymalizacji CFD dla wirnika Francis o wysokiej prędkości właściwej oraz na kompleksowej analizie kawitacji, obejmującej obserwacje wizualne i analizę sygnałów

diagnostycznych. Wyniki potwierdzają, że metoda zastosowana w **B1** dla turbin Kaplana, może być skutecznie wykorzystana także dla turbin Francisa.

- **B3.** (Alternative solutions for small hydropower plants). Praca koncentruje się na alternatywnych rozwiązaniach dla małych elektrowni wodnych o niskich spadach, mających na celu obniżenie kosztów inwestycyjnych przy zachowaniu efektywnej pracy. Autor analizuje turbinę semi-Kaplana o średnim współczynniku szybkobieżności ($n_{sq} \approx 160$), z niestandardowym spiralnym dopływem wody, pozbawioną klasycznych łopatek kierownicy, połączoną z generatorem synchronicznym z magnesami trwałymi i falownikiem umożliwiającym pracę przy zmiennej prędkości obrotowej. W ramach prac przeprowadzono modelowanie CFD dla dwóch wariantów wirnika oraz badania eksperymentalne prototypu w laboratorium IMP PAN, obejmujące charakterystyki sprawności i zachowanie przy różnych zestawach parametrów pracy. Dodatkowo przedstawiono skalowanie wyników do prototypowych rozwiązań oraz koncepcję integracji turbiny i generatora w prefabrykowany moduł hydroenergetyczny. **Oryginalność pracy** polega na propozycji prostej i taniej konfiguracji turbiny semi-Kaplana dla niskiego spadu, połączeniu analiz CFD z badaniami eksperymentalnymi, ocenie wydajności generatora synchronicznego z magnesami trwałymi przy zmiennej prędkości (umożliwiającej utrzymanie wysokiej sprawności przy różnych przepływach) oraz koncepcji prefabrykowanych modułów SHP, pozwalających obniżyć koszty wykonawstwa i montażu.
- **B4.** (Low-head high specific speed Kaplan turbine for small hydropower-design, CFD loss analysis and basic, cavitation and runaway investigations: A case study.). Praca dotyczy kompleksowego projektu i badań modelu niskospadowej turbiny Kaplana o wysokiej prędkości właściwej przeznaczonej do małych elektrowni wodnych, działającej przy ultra-niskich i niskich spadach do około 3 m. W ramach prac autor zaprojektował kierownicę i wirnik turbiny metodą zagadnienia odwrotnego (jest to kolejny przykład zastosowania podejścia opisanego w **B1**) z zastosowaniem modelu osiowego, przy czym zaproponowano dwa różne kształty kierownicy (klasyczny i nieklasyczny) celem zwiększenia sprawności. Analiza przepływu i strat energetycznych w elementach turbiny została przeprowadzona metodą CFD, obejmując różne konfiguracje ustawień łopatek kierownicy i wirnika oraz warianty usytuowania rury wylotowej, co pozwoliło na ocenę wpływu geometrii i parametrów pracy na charakterystyki hydrauliczne. W pracy opisane są również badania eksperymentalne wirnika o średnicy 300 mm, przeprowadzone w IMP PAN w Gdańsku, obejmujące wyznaczenie charakterystyk sprawności, badania kawitacji oraz badania pracy turbiny bez obciążenia. Uzyskany model turbiny łączy dużą przepustowość z relatywnie wysoką sprawnością dla wysokiej prędkości właściwej, a wyniki badań wskazują obszary występowania kawitacji (np. na krawędziach wlotowych i końcach łopatki) oraz możliwe efekty dynamiczne przy ekstremalnych ustawieniach. **Oryginalność pracy** polega na łącznej ocenie projektowo-numerycznej i eksperymentalnej niskospadowej turbiny Kaplana o wysokiej prędkości właściwej, w tym szczegółowej analizie strat CFD, charakterystyk kawitacji i zachowania bez obciążenia, co znacząco poszerza bazę wiedzy inżynierskiej dotyczącą takich maszyn i ułatwia ich dobór do rzeczywistych instalacji.

- **B5.** (Basic performance, cavitation and runaway investigations of a high specific speed Francis turbine with emphasis on cavitation analysis: A case study.). Praca prezentuje kompleksowe badania eksperymentalne modelu turbiny Francisa o wysokiej prędkości właściwej ($n_{sq} = 82$) i średnicy wirnika 250 mm, zaprojektowanego dla pracy przy spadach typowych dla turbiny niskospadowej (około 10-50 m). Projekt turbiny opracowano w firmie ZRE sp. z o.o w Gdańsku. Badania wykonane przez Kandydata obejmują pomiary podstawowych charakterystyk pracy (sprawność, charakterystyki wydajnościowe) w szerokim zakresie ustawień kierownicy łopatkowej, diagnostykę kawitacji za pomocą sygnałów akustycznych, fluktuacji ciśnienia oraz przyspieszeń ścianki rury wylotowej, a także wizualizację przepływu kawitacyjnego w rurociągu wylotowym dla wybranych stanów obciążenia. Ponadto określono współczynnik „runaway” (pracy bez obciążenia) i przeanalizowano jego wartość w optymalnym położeniu kierownicy. Uzyskane wyniki wskazują na stosunkowo wysoką maksymalną sprawność (do około 91 %) i szeroki zakres roboczy, co czyni ten typ turbiny rozwiązaniem niezwykle atrakcyjnym w kontekście energetyki niskospadowej. Dodatkowo praca zawiera analizę wpływu skali (zwiększenia średnicy wirnika i spadu) na sprawność prototypowej turbiny oraz wpływ lepkości wody na zmianę sprawności. **Oryginalność pracy** polega na połączeniu wieloparametrowej diagnostyki kawitacji, obejmującej sygnały akustyczne, fluktuacje ciśnienia i drgania ścianki rury wylotowej, z wizualizacją przepływu kawitacyjnego oraz analizą pracy bez obciążenia turbiny Francisa o wysokiej prędkości właściwej, a także na zbadaniu wpływu skali wirnika i lepkości wody na sprawność, co pozwala na kompleksowe zrozumienie zachowania maszyny w warunkach niskospadowych.
- **B6.** (Experimental research of a high specific speed low-head model Francis turbine – A case study with emphasis on flow visualisation under runner using PIV method and energy production analysis). Praca koncentruje się na eksperymentalnej analizie charakterystyk pracy modelowej turbiny Francisa o wysokiej prędkości właściwej ($n_{sq} = 94$) i niskim spadzie, typowym dla najniższych zakresów zastosowań turbiny Francisa (około 8-30 m). Badania przeprowadzono dla modelu z wirnikiem o średnicy 250 mm, obejmujące szeroki zakres ustawień kąta otwarcia łopatek kierownicy i prędkości obrotowej, co umożliwiło ocenę podstawowych charakterystyk hydraulicznych oraz strat hydraulicznych powstających podczas pracy turbiny. Turbina osiągnęła sprawność do około 89 % przy dużych wartościach zredukowanego przepływu i prędkości obrotowej, a jej charakterystyki eksploatacyjne zostały szczegółowo opisane poprzez tzw. charakterystyki powłokowe. W pracy zaobserwowano efekt siodła na charakterystykach momentu i przepływu przy dużych kątach otwarcia kierownicy, co jest nowym zjawiskiem w kontekście turbin Francisa. Opisano także obszary doboru maszyny, w których pomimo spadku sprawności energia produkowana jest wyższa niż w punkcie optymalnym. Jako element diagnostyki przepływu wykorzystano fotograficzną wizualizację przepływu pod wirnikiem oraz mapy prędkości uzyskane metodą PIV (Particle Image Velocimetry) dla różnych kątów otwarcia łopatek kierownicy, co znacząco wzbogaca zrozumienie dynamiki przepływu. **Oryginalność pracy** polega na eksperymentalnym wykazaniu efektu siodła na charakterystykach momentu i przepływu turbiny Francisa o wysokiej prędkości właściwej oraz na połączeniu klasycznych badań hydraulicznych z ilościową

diagnostyką przepływu metodą PIV, co pozwala powiązać parametry globalne z lokalną strukturą przepływu i wskazać obszary pracy o wysokiej produkcji energii mimo spadku sprawności.

- **B7.** (Cavitation and runaway experimental research of a very high specific speed low-head model Francis turbine – A case study with emphasis on flow analysis in the draft tube). Praca koncentruje się na eksperymentalnych badaniach kawitacji i pracy bez obciążenia modelu turbiny Francisa o wysokiej prędkości właściwej ($n_{sq} = 94$), przeznaczonego do instalacji niskospadowych przy spadach typowych dla współczesnych turbin Francisa (8-30 m) – jest to ta sama turbina co w **B6**. Badania obejmowały diagnozę kawitacji przy użyciu technik wieloparametrowych, łączących wizualizację przepływu z pomiarami emisji akustycznej, fluktuacji ciśnienia w rurze wylotowej oraz drgań jej ścian. Tak kompleksowa diagnostyka pozwoliła na szczegółowe określenie charakterystyki kawitacyjnej układu i wyznaczenie dopuszczalnej liczby kawitacyjnej w punkcie największej sprawności. Uzyskane wyniki wskazują na bardzo dobrą odporność turbiny na kawitację, pomimo wysokich przepływów obsługiwanych przez maszynę. Przeprowadzono również badania pracy bez obciążenia, umożliwiające ocenę zachowania turbiny w warunkach pracy bez obciążenia. **Oryginalność pracy** polega na wieloparametrowej diagnostyce kawitacji, łączącej wizualizację przepływu z pomiarami ciśnienia, drgań i emisji akustycznej, oraz na eksperymentalnej analizie pracy bez obciążenia turbiny o wysokiej prędkości właściwej, co umożliwia określenie granicznych warunków kawitacyjnych w powiązaniu z rzeczywistą dynamiką przepływu w rurze ssawnej.
- **B8.** (3D computations of flow field in a guide vane blading designed by means of 2D model for a low head hydraulic turbine). Praca koncentruje się na analizie projektowej i numerycznej stopnia turbiny niskospadowej z zespołem kierownic i wirnikiem, przy wykorzystaniu łańcucha modeli przepływowych 1D, 2D i 3D. W pracy zastosowano model 2D do rozwiązania tzw. problemu odwrotnego (opisany w **B1**), co umożliwiło określenie geometrii łopatek kierownic w zależności od zadanych warunków brzegowych, natomiast model 3D służył do weryfikacji wyników wprost i wyznaczenia szczegółowych parametrów pola przepływu, takich jak współczynniki strat i kąty wylotowe. Badania obejmowały różne rozkłady grubości łopatek i ich wpływ na rozkład prędkości osiowej, promieniowej oraz ciśnienia przed i za kaskadą łopatek kierownic. Analiza wykazała istotne różnice między wynikami 2D i 3D, w szczególności w rozkładzie parametrów przed kaskadą oraz w kątach wylotowych, co wskazuje na konieczność korekty projektowanej geometrii łopatek przy przejściu od modelu 2D do 3D. **Oryginalność pracy** polega na kompleksowym zestawieniu metod 2D i 3D w projektowaniu stopnia turbiny niskospadowej, z uwzględnieniem niejednorodności pola przepływu i wpływu liczby łopatek na kąty wylotowe. Wyniki badań pozwalają lepiej zrozumieć zachowanie przepływu w kaskadach łopatek kierownic niskospadowych turbin i wspierają proces projektowy niestandardowych stopni turbin.

Krótka charakterystyka prac **P1-P3**:

- **P1.** (Zaprojektowany wysokosprawny układ przepływowy modelowej rurowej turbiny wodnej typu Kaplana, charakteryzujący się bardzo wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności o wartości ~ 260 , przeznaczonej na najniższe wysokości spadu). Kandydat zaprojektował, w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, modelową rurową turbinę Kaplana przeznaczoną do pracy przy ultra niskich spadach, opracowując kompletny układ przepływowy. Prace objęły projekt geometrii łopatek wirnika i elementów kierownicy, dobór parametrów układu łopatkowego oraz kształtu osiowosymetrycznej rury ssącej, mającej kluczowe znaczenie dla ograniczenia strat przepływowych. W procesie projektowym wykorzystano autorskie narzędzia obliczeniowe wspomagane analizami numerycznymi, co pozwoliło na uzyskanie konfiguracji łączącej wysoką przepływność z wysoką sprawnością przy bardzo niskich spadach. Zaprojektowany układ został następnie poddany badaniom modelowym, a wyniki prac stanowiły podstawę kilku publikacji, w tym wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego (**B1** i **B8**). Szczegóły dotyczące tej działalności omówiono w autoreferacie w sekcji IV.4.
- **P2.** (Modelowy wirnik Francisa do wysokosprawnego układu przepływowego turbiny z napływem spiralnym, charakteryzujący się bardzo wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności 94, przeznaczonego na najniższe wysokości spadu). W ramach prac Kandydat zaprojektował modelowy wirnik turbiny Francisa o wysokim wyróżniku szybkobieżności, obejmujący opracowanie geometrii łopatek oraz dobór liczby łopatek kierowniczych. Następnie przeprowadził wielowariantowe obliczenia CFD, połączone z optymalizacją kształtu łopatek wirnika, prowadząc do uzyskania rozwiązania o korzystnych charakterystykach przepływowych. Zaprojektowany układ został poddany kompleksowym badaniom laboratoryjnym, obejmującym wyznaczenie charakterystyk podstawowych, analizę kawitacji oraz badania pracy bez obciążenia. Wyniki tych prac zostały udokumentowane w publikacjach wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego (**B2**, **B5**, **B6**, **B7**). Szczegóły dotyczące tej działalności omówiono w autoreferacie w sekcji IV.5.
- **P3.** (Zaprojektowany wysokosprawny układ przepływowy modelowej rurowej turbiny wodnej Kaplana, charakteryzujący się wysokim kinematycznym wyróżnikiem szybkobieżności o wartości ~ 238 , przeznaczonej na najniższe wysokości spadu). W ramach prac badawczo-rozwojowych realizowanych we współpracy z przemysłem Kandydat zaprojektował modelową rurową turbinę Kaplana przeznaczoną do pracy przy niskich spadach, opracowując kompletny układ przepływowy stanowiący rozwinięcie wcześniejszych rozwiązań. Prace objęły przeprojektowanie układu łopatkowego wirnika i kierownicy dla zmienionych warunków pracy, w tym dostosowanie wyróżnika szybkobieżności, a także dobór geometrii elementów przepływowych, w szczególności rury ssącej, której kształt zoptymalizowano z wykorzystaniem obliczeń CFD. W ramach projektu przeprowadzono wielowariantowe analizy numeryczne zarówno dla modelu, jak i układu prototypowego, a także kompleksowe badania eksperymentalne obejmujące charakterystyki podstawowe, analizę kawitacji oraz badania pracy bez obciążenia. Opracowano również koncepcję oraz projekt techniczny zabudowy

turbiny w rzeczywistym obiekcie hydrotechnicznym. Wyniki prac zostały udokumentowane w publikacji wchodzącej w skład cyklu habilitacyjnego (**B4**). Szczegóły dotyczące tej działalności omówiono w autoreferacie w sekcji IV.7.

Kandydat zaadaptował i rozwinął metody projektowania wirników i kierownic turbin Kaplana, semi-Kaplana i Francisa, wykorzystując metodę zagadnienia odwrotnego oraz teorię hodografu, a także opracował autorskie oprogramowanie umożliwiające generowanie geometrii trójwymiarowej łopatek. Dorobek obejmuje także kompleksowe badania eksperymentalne i numeryczne: pomiary sprawności, wyznaczanie charakterystyk powłokowych, analizę kawitacji i pracy bez obciążenia, wizualizację przepływu, pomiary metodą PIV oraz ocenę strat hydraulicznych w różnych konfiguracjach turbin. Prace te dostarczają unikatowych danych dla niskospadowych turbin o wysokiej prędkości właściwej, umożliwiając rzetelne przewidywanie ich zachowania i optymalizację projektów.

Wobec powyższego należy stwierdzić, że dorobek Kandydata stanowi **istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynierii mechanicznej**, w szczególności w obszarze niskospadowej energetyki wodnej.

11. Informacja o spełnieniu przez kandydata kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową

Biorąc pod uwagę:

- autorstwo 36 artykułów naukowych,
- autorstwo 2 monografii naukowych,
- co najmniej zadowalające wskaźniki bibliometryczne,
- współautorstwo 4 osiągnięć projektowych,
- wygłoszenie 54 referatów konferencyjnych,
- udział w 1 Komitecie organizacyjnym konferencji,
- uczestnictwo w 18 projektach naukowych,
- udział w pracach w 2 zespołach redakcyjnych,
- wykonanie 54 recenzji artykułów naukowych,
- opracowanie 10 projektów technologicznych lub dokumentacji technicznej,
- współpracę z sektorem gospodarczym w 9 przedsięwzięciach,
- współautorstwo 1 patentu i 2 wzorów użytkowych,
- udział w 3 wdrożeniach w elektrowniach wodnych,
- sporządzenie 20 ekspertyz,
- współpracę z chińskim Narodowym Centrum Badań Pomp,
- członkostwo z Komitecie Redakcyjnym czasopisma Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering,
- przeprowadzenie 4 specjalistycznych cykli wykładów,

można jednoznacznie stwierdzić, że **Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową**.

12. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę kandydata do stopnia doktora habilitowanego

Z dokumentacji dołączonej do wniosku wynika, że Kandydat nie posiada tradycyjnego doświadczenia dydaktycznego. Niemniej jednak czterokrotnie prowadził specjalistyczne szkolenia z zakresu hydroenergetyki i/lub metod symulacyjnych z obszaru CFD (w wymiarach 24 lub 12 godzin) oraz raz pełnił funkcję opiekuna stażu studenta Politechniki Gdańskiej.

13. Podsumowanie

W świetle przedstawionej dokumentacji należy stwierdzić, że:

- Kandydat od roku 2003 (a nawet wcześniej, biorąc pod uwagę temat pracy magisterskiej) prowadzi konsekwentne badania analityczne, eksperymentalne i numeryczne w zakresie innowacyjnych turbin wodnych typu Kaplana, semi-Kaplana oraz Francisa, osiągając status uznanego specjalisty w tej dziedzinie inżynierii mechanicznej, co znajduje potwierdzenie w publikacjach w wysoko notowanych czasopismach (Q1), komercjalizacji opracowanych rozwiązań oraz ich wdrożeniach praktycznych;
- Kandydat wielokrotnie, szczególnie po roku 2012, odpowiadał za kompleksową organizację i realizację projektów badawczych – od etapu koncepcyjnego, poprzez przygotowanie i wykonanie badań, aż po ich koordynację i zarządzanie – co świadczy o jego wysokich kompetencjach naukowych i organizacyjnych oraz szerokim, systemowym podejściu do procesu badawczego;
- Kandydat rozwija i stosuje unikatowe metody obliczeniowe, w tym autorskie rozwiązania oparte na metodzie zagadnienia odwrotnego i teorii hodografu, wspierane przez własne oprogramowanie, co stanowi istotny wkład w rozwój metod projektowania maszyn przepływowych;
- Kandydat efektywnie wykorzystuje unikatowe w skali kraju stanowisko badawcze dostępne w IMP PAN w Gdańsku, co umożliwiło mu zdobycie szerokiego i rzadko spotykanego doświadczenia eksperymentalnego w zakresie badań energetycznych, kawitacyjnych oraz pracy bez obciążenia turbin wodnych;
- Kandydat wykazuje wysokie kompetencje w zakresie prowadzenia kompleksowych analiz hydraulicznych, mechanicznych i dynamicznych turbin wodnych, co stwarza solidne podstawy do opracowywania oraz wdrażania nowych rozwiązań technicznych w obszarze niskospadowej energetyki wodnej.
- Dorobek Kandydata obejmuje zarówno znaczący wkład naukowy – w tym pierwszeństwo autorskie w większości publikacji z cyklu wskazanego jako osiągnięcie, jak i praktyczny – projektowanie i badania modelowe turbin wodnych, integrację badań CFD z eksperymentami laboratoryjnymi oraz opracowanie technologii zwiększających sprawność i niezawodność turbin niskospadowych.

Odnosząc się do podstawy prawnej niniejszej recenzji stwierdzam, że:

- Kandydat posiada stopień doktora (spełnia wymóg określony w art. 219 ust. 1 pkt 1 ustawy);
- Kandydat posiada w swoim dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój nauki, w szczególności w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna** – w tym przypadku jest to:
 - 8 powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych (spełnia wymóg określony w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b ustawy);
 - 3 osiągnięcia projektowe (spełnia wymóg określony w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. c ustawy);
- Kandydat wykazuje się istotną działalnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej – w tym przypadku jest to zatrudnienie na ¼ etatu przez okres 26 miesięcy w Centrum Badań i Rozwoju Technologii dla Przemysłu S.A. w Warszawie (spełnia wymóg określony w art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy);
- Osiągnięcie Kandydata ma w zdecydowanej większości charakter współautorski, przy czym daje się wyodrębnić jego wkład indywidualny, co jest zgodne z art. 219 ust. 2 ustawy.

W związku z powyższym:

- wnioskuję o dopuszczenie Wnioskodawcy do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego, w tym do kolokwium habilitacyjnego, o ile nie zajdą przesłanki z art. 221 ust. 9c (co najmniej dwie recenzje negatywne),
- popieram wniosek o nadanie dr. inż. Zbigniewowi Józefowi Krzemianowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

.....
Olsztyn, 1 kwietnia 2026