



POLITECHNIKA LUBELSKA
Wydział Mechaniczny

Doktor Honoris Causa
Politechniki Lubelskiej



Prof. dr hab. inż.

**Stanisław
LEGUTKO**

Lublin 2026



Doktor Honoris Causa Politechniki Lubelskiej

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko



WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI
LUBELSKIEJ

Lublin 2026

Redakcja merytoryczna: **Jerzy Józwik**
Redaktor prowadzący: **Karolina Famulska-Ciesielska**
Skład i łamanie: **Łukasz Maj**
Projekt graficzny serii: **Łukasz Maj**

Ilustracje do referatu *Industy 5.0 – utrzymanie ruchu maszyn wspomagane przez sztuczną inteligencję* zostały wygenerowane przy pomocy AI

Publikacja wydana za zgodą **Rrektora Politechniki Lubelskiej**

ISBN: 978-83-7947-670-1 (wersja drukowana)
ISBN: 978-83-7947-671-8 (wersja elektroniczna)
DOI: 10.35784/9788379476718
Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej
www.wpl.pollub.pl
ul. Nadbystrzycka 36C, 20-618 Lublin
tel. (81) 538-46-59



WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI
LUBELSKIEJ

Książka udostępniona jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0)

Spis treści

Uchwały Senatu Politechniki Lubelskiej oraz dyplom Honoris Causa	5
Laudacja	9
1. Sylwetka naukowa Profesora Stanisława Legutko	11
2. Początki i podstawy współpracy z Politechniką Lubelską	12
3. Wspólna działalność publikacyjna	13
4. Opieka nad młodą kadrą naukową Wydziału Mechanicznego	14
5. Opinie na rzecz Wydziału Mechanicznego	16
6. Aktywność konferencyjna i udział w projektach Politechniki Lubelskiej	17
7. Osiągnięcia opiniodawcze i recenzenckie – szerszy wymiar	18
8. Znaczenie współpracy w kontekście Industry 5.0	19
9. Zakończenie	20
Uchwały i opinie	23
Sylwetka prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko	57
1. Biografia naukowa	59
2. Wykaz obszarów współpracy z pracownikami uczelni Politechniki Lubelskiej	71
3. Wybrane publikacje dotyczące współpracy z różnymi ośrodkami naukowymi krajowymi i zagranicznymi z ostatnich trzech lat	77
Industry 5.0 – utrzymanie ruchu maszyn wspomagane przez sztuczną inteligencję	85
1. Wprowadzenie	88
2. Rewolucje przemysłowe – rys historyczny	91
3. Ewolucja strategii utrzymania ruchu	101
4. Sztuczna inteligencja w utrzymaniu ruchu	106
5. Industry 5.0 – nowy paradygmat produkcji	110
6. Studia przypadków – praktyczne implementacje	114
7. Perspektywy rozwoju i przyszłość	118
8. Podsumowanie	123

Bibliografia	126
Załącznik A. Słownik terminów	130
Załącznik B. Kluczowe normy ISO	132
Listy gratulacyjne	135

**Uchwały Senatu
Politechniki Lubelskiej
oraz dyplom Honoris Causa**



**Uchwała Nr 33/2025/VI
Senatu Politechniki Lubelskiej
z dnia 26 czerwca 2025 r.**

***w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie
prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko
tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej***

Na podstawie art. 28 ust. 1 pkt 9 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.) i § 7 Statutu Politechniki Lubelskiej, oraz uwzględniając wniosek zawarty w Uchwale RDN/IM/4/2025 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej z dnia 2 kwietnia 2025 r. w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o nadanie tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko, Senat u c h w a l a, co następuje:

§ 1.

1. Senat Politechniki Lubelskiej postanawia wszcząć postępowanie o nadanie prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.
2. Senat ustanawia dr. hab. inż. Jerzego Józwika promotorem przewodu.
3. Senat postanawia zwrócić się o opinie (recenzje) w sprawie osiągnięć Honorowanego do:
 - 1) prof. dr. hab. inż. Józefa Gawlika
 - 2) prof. dr. hab. inż. Mirosława Pajora
 - 3) prof. dr. hab. inż. Jarosława Sępaoraz o opinie do Senatów:
 - 1) Politechniki Krakowskiej
 - 2) Politechniki Morskiej w Szczecinie.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podpisania przez rektora Politechniki Lubelskiej.

Przewodniczący
Senatu Politechniki Lubelskiej



R e k t o r
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

**Uchwała Nr 51/2025/X
Senatu Politechniki Lubelskiej
z dnia 27 listopada 2025 r.**

***w sprawie nadania
prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko
tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej***

Działając zgodnie z § 7 ust. 2 i 5 Statutu Politechniki Lubelskiej, na wniosek Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej, Senat **u c h w a l a**, co następuje:

§ 1.

Senat Politechniki Lubelskiej, po zapoznaniu się z opiniami prof. dr. hab. inż. Józefa Gawlika z Politechniki Krakowskiej, prof. dr. hab. inż. Mirosława Pajora z Politechniki Morskiej w Szczecinie i prof. dr. hab. inż. Jarosława Sępa z Politechniki Rzeszowskiej oraz opiniami Senatów Politechniki Krakowskiej i Politechniki Morskiej w Szczecinie, oceniając dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny jako wybitny,

n a d a j e

prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko

tytuł

**DOKTORA HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ.**

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podpisania przez rektora Politechniki Lubelskiej.

Przewodniczący
Senatu Politechniki Lubelskiej



R e k t o r

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater



SUMMIS AUSPICIIS
SERENISSIMAE REI PUBLICAE POLONORUM
NOS
RECTOR
PRAESES CONSILII ARTIS INGENIARIAE MECHANICAE
NEC NON
PROMOTOR RITE CONSTITUTUS
SENATU POLYTECHNICAE LUBLINENSIS IUVANTE
LAUDATIONES PROFESSORUM IOSEPHI GAWLIK, MIROSLAI PAJOR, JAROSLAI SEP
CONSULTORUM SECUTI
SENATIBUS POLYTECHNICAE CRACOVIENSIS ET POLYTECHNICAE MARITIMAE
STETINENSIS FAVENTIBUS
IN
CLARISSIMUM ET DOCTISSIMUM PROFESSOREM

STANISLAUM LEGUTKO

QUI ARTEM EXERCENS INGENIARIAM MECHANICAM, QUAE AD TECHNOLOGIAM
MACHINARUM ET AD UTILITATEM EX MACHINIS APPARATIBUSQUE PERCIPIENDAM
PERTINEBAT, SUIS INVESTIGATIONIBUS MAXIMOS SUCCESSUS ASSECUTUS EST
ET ITEM NOVAS METHODOS IUVENTUTIS POLYTECHNICAE EXCOLENDAE
REPERIENS DE EIUSDEM ERUDITIONE INSTITUTIONEQUE MERITUS EST BENE

**DOCTORIS HONORIS CAUSA
SCIENTIARUM INGENIARIARUM-TECHNICARUM**

NOMEN AC DIGNITATEM, IURA AC PRIVILEGIA CONTULIMUS IN EIUSQUE REI
FIDEM HOC DIPLOMA SIGILLO POLYTECHNICAE LUBLINENSIS SANCIENDUM
CURAVIMUS

SBYGNEUS PATER

H. T. RECTOR
POLYTECHNICAE LUBLINENSIS

PETRUS BUDZYŃSKI

H. T. PRAESES CONSILII ARTIS
INGENIARIAE MECHANICAE

GEORGIUS JÓZWIK

PROMOTOR

LUBLINI, DIE XIII MENSIS MAII A. D. MMXXVI

Laudacja



1. Sylwetka naukowa Profesora Stanisława Legutko

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko jest jednym z wybitnych przedstawicieli polskiej nauki w dziedzinie inżynierii mechanicznej. Od roku 1973 nieprzerwanie związany z Politechniką Poznańską, gdzie kolejno uzyskał stopnie doktora nauk technicznych (1980), doktora habilitowanego (1995) oraz tytuł profesora (2004). Ponad pięć dekad działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej sprawiło, że stał się autorytetem w obszarze technologii maszyn, obróbki skrawaniem oraz eksploatacji maszyn i urządzeń.

Dorobek publikacyjny Profesora obejmuje ponad 600 prac naukowych – w tym trzy książki z obszaru technologii i eksploatacji maszyn oraz trzy podręczniki. Na platformie Web of Science notuje 164 publikacje i ponad 3500 cytowań, zaś indeks wpływu Hirscha (h-index) wynosi 35; w bazie Scopus odpowiednio: 176 prac, indeks H = 36, ponad 4000 cytowań. Przez cztery kolejne lata (2021, 2022, 2023, 2024) Profesor znalazł się w prestiżowym zestawieniu TOP 2% najbardziej cytowanych naukowców świata według rankingu Uniwersytetu Stanforda.

Główne obszary badań Profesora to: technologia i eksploatacja narzędzi skrawających, ze szczególnym uwzględnieniem adhezyjnego zużywania, technologia kół zębatach, utrzymanie ruchu maszyn oraz logistyka przedsiębiorstw produkcyjnych. W ostatnich latach jego uwaga koncentruje się na zagadnieniach High Speed Cutting (HSC), obróbki przyjaznej środowisku, wytwarzania przyrostowego oraz Przemysłu 5.0.

Tytuły profesora honoris causa nadane Profesorowi – przez Uniwersytet Techniczny w Cluj-Napoca (Rumunia, 2008), doktora honoris causa przez Politechnikę Opolską (2024) oraz doktora honoris causa Słowackiego Uniwersytetu Technicznego w Bratysławie (2026) – potwierdzają międzynarodową rangę jego dorobku. Profesor pełni również znaczące funkcje społeczne: jest członkiem z wyboru Komitetu Budowy Maszyn PAN, ekspertem Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych, ekspertem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego ds. doktoratów wdrożeniowych oraz ekspertem słowackiej agencji grantowej APVV.

2. Początki i podstawy współpracy z Politechniką Lubelską

Współpraca Profesora Stanisława Legutko z Politechniką Lubelską ma charakter wielopłaszczyznowy i rozciąga się na przestrzeni wielu lat. Obejmuje wspólne badania naukowe, współautorstwo publikacji, udział w projektach międzynarodowych, aktywność konferencyjną oraz pełnienie kluczowych funkcji recenzenta i opiniodawcy na rzecz Wydziału Mechanicznego. Wszystkie te formy aktywności składają się na nieoceniony wkład Profesora w rozwój lubelskiego ośrodka naukowego.

Fundament tej współpracy stanowią relacje z kluczowymi przedstawicielami Wydziału Mechanicznego. Do grona najbliższych współpracowników należą: prof. dr hab. inż. Józef Kuczmarszewski, prof. dr hab. inż. Kazimierz Zaleski oraz dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni.

Szczególną wagę przypisuje się wieloletniej współpracy Uczelni w ramach programu CEEPUS. Profesor Stanisław Legutko pełni funkcję koordynatora międzynarodowej sieci CIII-PL-0033, której partnerem ze strony Politechniki Lubelskiej jest dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni. Projekt pod tytułem „Development of mechanical engineering as an essential base for progress in the area of small and medium companies’ logistics – research, preparation and implementation of joint programs of study in the context of Industry 4.0” obejmuje uczelnie techniczne z wielu krajów Europy Środkowej i Wschodniej, wśród których Politechnika Lubelska zajmuje znaczące miejsce. Możliwość aktywnego uczestnictwa Politechniki Lubelskiej w sieci Pana Profesora przyczynia się do wzrostu umiędzynarodowienia naszej Uczelni i stwarza dodatkową szansę rozwoju kadry.

3. Wspólna działalność publikacyjna

Dorobek publikacyjny Profesora Stanisława Legutko z pracownikami Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej jest imponujący i obejmuje ponad 20 współautorskich prac naukowych, zamieszczonych w liczących się czasopiśmie międzynarodowych. Wiele z nich uzyskało znaczącą punktację ministerialną i opublikowanych jest w periodykach o wysokim Impact Factor.

Wśród najważniejszych pozycji należy wymienić prace z zakresu frezowania elementów cienkościennych, badania sił skrawania stopów aluminium, analizy morfologii powierzchni po frezowaniu węglików spiekanych oraz mikrobiologicznej analizy chłodziw. Szczególne znaczenie mają następujące prace:

- „Influence of the parameters in sequential machining by end milling and ball burnishing on the surface quality of magnesium alloy AZ91D”, 2026,
- „Effect of the Technological Parameters of Milling on Residual Stress in the Surface Layer of Thin-Walled Plates”, 2024,
- „Microbiological Analysis of Coolant Used in Machining”, 2023,
- „Techniques for Thin-Walled Element Milling with Respect to Minimising Post-Machining Deformations”, 2020,
- „A Comparison of the Geometrical Accuracy of Thin-Walled Elements Made of Different Aluminum Alloys”, 2021,
- „Cutting Force during Surface Layer Milling of Selected Aluminium Alloys”, 2020.

Współpraca publikacyjna obejmuje również prace konferencyjne prezentowane na prestiżowych forach międzynarodowych, m.in. na warsztatach metrologicznych IEEE MetroAeroSpace w Turynie (2019, 2 publikacje) i w formule online (Pisa 2020, 1 publikacja), gdzie jako współautorzy występowali pracownicy obu uczelni.

Profesor Stanisław Legutko aktywnie uczestniczy również w działalności wydawniczej Politechniki Lubelskiej. Jest autorem i recenzentem prac ukazujących się w wydawanych przez Uczelnię czasopismach, takich jak: Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, Advances in Science and Technology Research Journal (ASTRJ) oraz Applied Computer Science (ACS).

4. Opieka nad młodą kadrą naukową Wydziału Mechanicznego

Jedną z najbardziej znaczących form zaangażowania Profesora Stanisława Legutko na rzecz Politechniki Lubelskiej jest jego aktywność jako recenzenta rozpraw doktorskich. W ciągu wielu lat Profesor zrecenzował łącznie 70 doktoratów (w Polsce, Indiach i na Słowacji), z czego pięć to prace powstałe na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej:

1. **Mgr inż. Ireneusz Zagórski**
 - Rozprawa pt. „Wpływ warunków technologicznych na efektywność i bezpieczeństwo frezowania stopów magnezu”, 2015.
 - Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski.
 - Obecnie dorobek naukowy dr. inż. Ireneusza Zagórskiego obejmuje wspólne publikacje z Profesorem Stanisławem Legutko.
2. **Mgr inż. Monika Kulisz**
 - Rozprawa pt. „Korekcja toru narzędzia skrawającego na obrabiarkach sterowanych numerycznie”, 2016.
 - Promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Lipski,
 - Promotor pomocniczy: dr inż. Jerzy Józwik.
3. **Mgr inż. Krzysztof Ciecieląg**
 - Rozprawa pt. „Wpływ warunków frezowania na strukturę geometryczną powierzchni wybranych kompozytów polimerowych”, 2019.
 - Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zalewski, prof. nadzw.
4. **Mgr inż. Magdalena Zawada-Michałowska**
 - Rozprawa pt. „Odkształcenia elementów cienkościennych po frezowaniu”, 2020.
 - Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski.
 - Dr inż. Zawada-Michałowska wraz z Profesorem Stanisławem Legutko wspólnie opublikowali sześć artykułów naukowych.
5. **Mgr inż. Elżbieta Doluk**
 - Rozprawa pt. „Frezowanie konstrukcji przekładkowej stop aluminium – kompozyt epoksydowo-węglowy”, 2021.
 - Promotor: Dr hab. inż. Anna Rudawska, prof. uczelni.
 - W dorobku naukowym dr inż. Elżbiety Doluk znajduje się także wspólna publikacja z Profesorem Stanisławem Legutko.

Powyższe fakty są dowodem wyjątkowej aktywności Profesora w pracy na rzecz rozwoju młodej kadry naukowej Wydziału Mechanicznego naszej uczelni. Szczególnie wymowna jest historia dr. inż. Ireneusza Zagórskiego i dr inż. Magdaleny Zawady-Michałowskiej: Profesor nie tylko zrecenzował ich rozprawy, ale następnie włączył oboje młodych badaczy do swoich projektów naukowych. Są oni dziś aktywną częścią międzynarodowych konsorcjów badawczych, a ich kariera naukowa rozwinęła się także dzięki inspiracji i mentorstwu Profesora Stanisława Legutko. Trzeba także podkreślić, że prof. Stanisław Legutko podobnie aktywnie pracuje na rzecz rozwoju kadry w swojej macierzystej uczelni, a także innych uczelni, zarówno krajowych, jak i zagranicznych. To świadczy o jego wyjątkowym zmyśle identyfikowania talentu i dawania szans młodym naukowcom.

5. **Opinie na rzecz Wydziału Mechanicznego**

Zaangażowanie Profesora Stanisława Legutko na rzecz Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej nie ogranicza się do doktoratów. Obejmuje również kluczowe opinie wydawane w postępowaniach habilitacyjnych, profesorskich i akredytacyjnych, co ma bezpośredni wpływ na prestiż i rozwój Wydziału.

Recenzja w postępowaniu o nadanie tytułu profesora

W roku 2019 Profesor Stanisław Legutko opracował kompleksową recenzję dorobku naukowo-badawczego, opieki naukowej i kształcenia młodej kadry, dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz współpracy międzynarodowej dr. hab. inż. Kazimierza Zaleskiego z Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej – w postępowaniu o nadanie mu tytułu naukowego profesora.

Recenzja uprawnień habilitacyjnych Wydziału

Doniosłe znaczenie dla instytucjonalnego rozwoju Politechniki Lubelskiej miała recenzja z roku 2016, w której Profesor Stanisław Legutko ocenił wniosek Wydziału Mechanicznego o przyznanie uprawnienia do nadawania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Mechanika. Uzyskanie tego uprawnienia wzmocniło pozycję Wydziału jako samodzielnego ośrodka naukowego o pełnych kompetencjach kształcenia na najwyższym poziomie. Pozytywna ocena wybitnego eksperta tej rangi miała wymierny wpływ na pomyślne rozstrzygnięcie tej ważnej procedury.

Opinia dotycząca nadania tytułu Doktora Honoris Causa

W roku 2022 Profesor Legutko opracował opinię dla senatu Politechniki Poznańskiej dotyczącą dorobku naukowego, osiągnięć i zasług prof. dr. hab. inż. Józefa Kuczmarszewskiego – wieloletniego Rektora Politechniki Lubelskiej, Prodziekana i kierownika Katedry Podstaw Inżynierii Produkcji Politechniki Lubelskiej – kandydata do tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki. Opinia ta stanowiła wyraz głębokiego szacunku i uznania dla działalności naszego profesora.

6. Aktywność konferencyjna i udział w projektach Politechniki Lubelskiej

Profesor Stanisław Legutko wielokrotnie uczestniczył czynnie w konferencjach organizowanych przez Politechnikę Lubelską, pełniąc rolę członka komitetów naukowych, wykładowcy plenarnego oraz przewodniczącego sesji. Do najważniejszych wydarzeń należy zaliczyć:

- 2nd International Scientific Conference ITEP 2017 (Kazimierz Dolny) – członek Komitetu Naukowego, wykład plenarny, przewodniczenie sesji,
- 4th International Scientific Conference ITEP 2019 (Lublin) – członek Komitetu Naukowego,
- XIV Szkołę Obróbki Skrawaniem i XLIII Naukową Szkołę Obróbki Ściernej (NSOS), Lublin, 2021 – członek Komitetu Naukowego, czynny udział,
- Międzynarodową Konferencję Metrologiczną „New Trends in Metrology” – edycja 2022 (Lublin) i edycja 2024 (Kielce),
- Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Postęp w technikach wytwarzania i konstrukcji maszyn” – Nałęczów – Kazimierz Dolny, edycje 2019, 2021, 2023, 2024.

Profesor Stanisław Legutko uczestniczył także w projektach realizowanych w Politechnice Lubelskiej, w tym w projekcie „Szkola letnia programowania maszyn CNC” (CNC-PROG), realizowanym ze środków Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA), nr PPI/SPI/2020/1/00011/U/00001, a także ściśle współpracował w ramach i na rzecz Polskiej Unii Metrologicznej (PUM).

Dodatkowym świadectwem współpracy jest recenzja wydawnicza monografii dr. inż. Jerzego Józwika pt. „Experimental methods of error identification and CNC machine tool research” (Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018). Akt recenzowania książki jest wyrazem zaufania do kompetencji Profesora i świadczy o uznaniu, jakim cieszy się on wśród krajowej społeczności naukowej.

7. Osiągnięcia opiniodawcze i recenzenckie – szerszy wymiar

Skala aktywności recenzencko-opiniodawczej Profesora Stanisława Legutko jest imponująca i świadczy o jego wyjątkowo wysokiej pozycji w polskim i międzynarodowym środowisku naukowym. Łączny bilans tej działalności jest następujący:

- 70 recenzji rozpraw doktorskich – w Polsce, Indiach i na Słowacji,
- 34 recenzje wniosków w postępowaniach habilitacyjnych (w Polsce i na Słowacji) oraz 5 opinii habilitacyjnych,
- 21 opinii w postępowaniach o nadanie tytułu profesora – w Polsce, na Słowacji i w Kanadzie,
- 1 recenzja dla postępowania o nadanie tytułu doktora honoris causa,
- 40–50 recenzji artykułów naukowych rocznie dla różnych czasopism międzynarodowych.

W kontekście współpracy z Politechniką Lubelską na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że aż pięć spośród 70 recenzji prac doktorskich dotyczyło bezpośrednio pracowników z Wydziału Mechanicznego PL. Świadczy to o tym, że Wydział Mechaniczny naszej uczelni jest partnerem naukowym, któremu Profesor Stanisław Legutko poświęca szczególne zainteresowanie i uwagę.

Ta konsekwentna, wieloletnia działalność ekspercka przynosi wymierne korzyści dla lubelskiego środowiska naukowego. Profesjonalne oceny wybitnego specjalisty podwyższają standardy prowadzonych badań, inspirują do podejmowania ambitnych tematów i pomagają młodym badaczom kształtować warsztat naukowy na najwyższym poziomie.

8. Znaczenie współpracy w kontekście Industry 5.0

Szczególnym wymiarem współpracy Profesora Stanisława Legutko z Politechniką Lubelską jest wspólna odpowiedź na wyzwania piątej rewolucji przemysłowej. Referat, który profesor zamierza wygłosić z okazji niniejszej uroczystości, pt. „Industry 5.0. Utrzymanie ruchu maszyn wspomagane przez sztuczną inteligencję”, wpisuje się w nurt badań prowadzonych również przez naukowców z Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej.

Profesor Stanisław Legutko, prowadząc badania nad maintenance 4.0 i maintenance 5.0 w Polsce, współtworzył podwaliny kolejnej rewolucji przemysłowej, m.in. poprzez:

- publikację w 2009 r. w czasopiśmie Eksploatacja i Niezawodność pracy pt. „Development Trends in Machines Operation Maintenance”, definiującej trendy rozwoju utrzymania ruchu,
- autorską książkę pt. „Podstawy Eksploatacji Maszyn” wydaną w 1999 roku przez Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, stanowiącą ważny podręcznik akademicki,
- współautorstwo pracy pt. „Maintenance 4.0 Technologies – New Opportunities for Sustainability Driven Maintenance”, wydanej w Management and Production Engineering Review, w 2020 r.,
- najnowszą publikację „Evolution from Industry 1.0 to Industry 5.0 in the Context of Machine and Plant Maintenance”, wydaną w Management and Production Engineering Review, 2025).

Politechnika Lubelska i Politechnika Poznańska, poprzez swoje wspólne projekty i badania, współtworzą polską kompetencję w obszarze Industry 5.0. Łączy je wspólna wizja: przemysł, który jest inteligentny technologicznie, odpowiedzialny społecznie i zrównoważony środowiskowo. Wieloletnia współpraca obu uczelni, symbolizowana dzisiejszą uroczystością, stanowi fundament dalszego rozwoju badań i transferu wiedzy do praktyki przemysłowej.

9. Zakończenie

Dostojny Senacie, Szanowni Goście, Drodzy Współpracownicy,

Profesor Stanisław Legutko jest naukową osobowością, która wyjątkowo łączy w sobie wielkoduszość mentora, dociekliwość badacza i zmysł praktycznego twórcy wiedzy. Jego współpraca z Politechniką Lubelską jest tego najlepszym dowodem: przez wiele lat systematycznie, bezinteresownie i ze szczerego przekonania wspierał rozwój lubelskiego środowiska naukowego. Należy podkreślić wyjątkową pracowitość Profesora i jego silne poczucie misji publicznej na rzecz środowiska akademickiego. Znany jest z wielu inicjatyw w obszarze rozwoju nauki i efektywnej współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Pomimo tak licznych obowiązków ma także czas na rozwój własnych pozanaukowych pasji, jest więc osobowością, która silnie wpływa na naszą rzeczywistość.

Zrecenzował dla Politechniki Lubelskiej pięć doktoratów, wydał opinię w postępowaniu o tytuł profesora, ocenił wniosek o uprawnienia habilitacyjne Wydziału Mechanicznego, opiniował wniosek o Doktorat Honoris Causa. Jest koordynatorem sieci CEEPUS, w której Politechnika Lubelska jest partnerem, a ponadto – współautorem ponad 20 publikacji z pracownikami Wydziału Mechanicznego i aktywnym uczestnikiem konferencji tu organizowanych.

Co szczególnie wzruszające – Profesor nie pozostawił młodej kadry Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej po zrecenzowaniu prac doktorskich, ale wspierał w dalszej karierze, inspirował, motywował i włączał ich do swoich badań, wspólnie publikując z nimi w najlepszych czasopismach światowych. To jest prawdziwy duch współpracy międzyuczelnianej.

Człowiek jest wielki nie przez to, co posiada, lecz przez to, kim jest; nie przez to, co ma, lecz przez to, czym dzieli się z innymi (św. Jan Paweł II). Jest takich ludzi niewielu – tych, którzy swoją wielkość mierzą nie tytułami, lecz tym, ile dobrego uczynili dla innych. Profesor Stanisław Legutko jest właśnie takim Człowiekiem.

Przez lata Profesor Legutko towarzyszył Politechnice Lubelskiej w jej drodze ku doskonałości – cicho, konsekwentnie i z prawdziwym oddaniem. Kiedy młody doktorant z Lublina stawał przed wyzwaniem pierwszej ważnej recenzji, to właśnie on dawał głęboką i rzetelną ocenę. Kiedy Wydział Mechaniczny ubiegał się o uprawnienia habilitacyjne, to jego autorytet i pozytywna opinia miały realny wpływ na sukces tego starania. Kiedy Profesor Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej zmierzał ku najwyższej godności

akademickiej, to również Profesor Stanisław Legutko wspierał ten wniosek swoją opinią.

Ponad dwie dekady współpracy owocowały wspólnymi publikacjami w najlepszych czasopismach, konferencjami, projektami i – przede wszystkim – przyjaźnią, która rośnie między uczelniami, gdy spotykają się na nich wielcy ludzie.

Dziś, kiedy Politechnika Lubelska składa mu najwyższy hołd, robi to z wdzięcznością, szacunkiem i radością – że ma szczęście znać i współpracować z człowiekiem, dla którego nauka jest zawsze służbą dla ludzi, a nie celem samym w sobie.

Tytuł Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej jest nie tylko wyrazem najwyższego uznania dla wybitnego dorobku naukowego Profesora Stanisława Legutko, ale również podziękowaniem za lata owocnej, wzajemnie inspirującej współpracy z naszą Uczelnią.

Wszystkie te lata działalności Profesora stały się chlubą nauki polskiej, a także zagranicznej. Towarzyszą mu nie tylko uznanie polskiego społeczeństwa i środowiska naukowego w Polsce, ale także za granicą, o czym świadczą nadane Panu profesorowi godności.

Dostojny Doktorze Honoris Causa Politechniki Lubelskiej, Drogi Profesorze,

w imieniu własnym i całej społeczności akademickiej Politechniki Lubelskiej składam Ci podziękowania za tę niezwykłą i szlachetną pracę na rzecz naszej Alma Mater i nauki polskiej, której dodałeś blasku w jej ogólnoludzkiej wartości, a przez to przyczyniłeś się do podniesienia powagi i sławy naszej Uczelni.

Niech ta Uroczystość będzie początkiem kolejnego, jeszcze bogatszego rozdziału w historii obu Politechnik.

Lublin, 2026

dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni

Uchwały i opinie



Szanowny Pan
dr hab. inż. Piotr Budzyński
Kierownik Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Mechaniczna

*dot. poparcia wniosku w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie tytułu honorowego doktora honoris causa
Politechniki Lubelskiej prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko z Politechniki Poznańskiej*

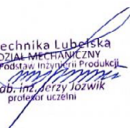
Szanowny Panie Profesorze

Z wielką satysfakcją chciałbym w imieniu własnym oraz licznego grona pracowników Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej, wyrazić prośbę o wystąpienie przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna WM PL z wnioskiem w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie honorowego tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej Panu prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko z Politechniki Poznańskiej.

Prof. dr. hab. inż. Stanisław Legutko należy do grona wybitnych specjalistów w zakresie technologii, budowy i eksploatacji maszyn oraz posiada wyjątkowo bogaty dorobek naukowy i wdrożeniowy w tym obszarze. Jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych profesorów w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, nie tylko ze względu na dokonania naukowe i przemysłowe, ale szczególnie za zasługi dla środowiska naukowego w zakresie organizacji nauki, rozwoju kadry i inicjatyw w obszarze kształcenia. Wypromował 9 doktorów, nadal jest promotorem wszczętych 6 przewodów doktorskich, autorem ponad 600 artykułów naukowych, 3 książek, 3 podręczników, 3 monografii, 3 skryptów i wielu innych opracowań naukowych. Był kierownikiem lub realizatorem licznych projektów naukowych i badawczych a także członkiem wielu organizacji naukowych. Jest naukowcem od lat notowanym na liście TOP 2% wg rankingu Uniwersytetu Stanforda. Od wielu lat współpracuje z Wydziałem Mechanicznym PL, a zwłaszcza z Katedrą Podstaw Inżynierii Produkcji. Był recenzentem 5 doktoratów pracowników Wydziału Mechanicznego PL, 1 wniosku o nadanie tytułu profesora, 1 opinii dotyczącej nadania tytułu doktora honoris causa, współautorem 20 publikacji naukowych z pracownikami wydziału Mechanicznego PL, a także recenzent w czasopiśmie wydawanych w PL oraz wniosku Wydziału Mechanicznego PL o przyznanie uprawnień do nadawania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Mechanika. Prof. dr. hab. inż. Stanisław Legutko jest koordynatorem sieci CEEPUS CIII-PL-0033-18-2324, którego Wydział Mechaniczny PL jest partnerem, był członkiem naukowych projektów badawczych realizowanych w PL i wielu innych przedsięwzięć o charakterze naukowym.

Przedstawione powyżej fakty oraz ścisła i bardzo owocna współpraca z pracownikami Wydziału Mechanicznego PL pozwalają wyrazić przekonanie, że włączenie prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko do grupy szczególnie uhonorowanych Osób tytułem doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej jest uzasadnione, a nade wszystko będzie zaszczytem dla naszej społeczności akademickiej i ugruntowaniem bogatej współpracy naukowej pomiędzy naszymi uczelniami. Na poparcie uznania i wysokiej oceny Osoby Pana prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko dołączam do niniejszego pisma stosowną listę poparcia poświadczoną podpisami pracowników Politechniki Lubelskiej.

Z wyrazami szacunku

Politechnika Lubelska
WYDZIAŁ MECHANICZNY
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji

dr hab. inż. Jerzy Józwik
prof. uczelni

LISTA POPARCIA

Członków Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna
oraz Rady Wydziału Mechanicznego i Pracowników WM PL

**w sprawie wniosku o nadanie tytułu
Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej**

Prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko

Imię	Nazwisko	Stopień/tytuł naukowy	Podpis
Józef Kneżmanowski		prof.	[Podpis]
Piotr	Buchyński	dr hab. inż.	[Podpis]
Paweł	Zaprawa	dr hab.	[Podpis]
Kazimierz	Zaleski	profesor	[Podpis]
Jerzy	Józwik	dr hab. inż.	[Podpis]
Mariusz	Walczak	dr hab. inż.	[Podpis]
Wojciech	Pańka	dr hab. inż.	[Podpis]
Tomasz	Czuba	dr hab. inż.	[Podpis]
Michał	Podczaszko	Prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Rafał	Kusibek	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Zbigniew	Parul	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Antoni	Świeć	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Alcadiusz	Gola	dr hab. inż.	[Podpis]
Katarzyna	Robrowska	dr hab. inż.	[Podpis]
Tomasz	Klep	dr hab. inż.	[Podpis]
TOMASZ	JACHOWICZ	dr inż.	[Podpis]
Andrzej	Łeter	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Józef	Żonak	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Katarzyna	Falkowicz	dr hab. inż.	[Podpis]
Jacek	Pawła	dr hab. inż.	[Podpis]
Miroslaw	Wendelher	prof. dr hab. inż.	[Podpis]
Tomasz	Łusich	dr inż.	[Podpis]

Hubert Debiski	prof. dr hab. inż.	Deszcz
Mouka Kulisz	dr inż.	Kulisz
Jerzy Jędrzej	dr inż.	Jędrzej
Mariusz Kosiński	dr inż.	Kosiński
Agnieszka Kuczyńska	dr inż.	Kuczyńska
Wierosław Polak	dr hab.	Polak
Piotr Jakubczak	dr hab. inż.	Jakubczak
Paweł Pisko	dr inż.	Pisko
Marek Baran	dr hab. inż.	Baran
Janusz Tomczak	dr hab. inż.	Tomczak
Janusz Borkowski	dr hab. inż.	Borkowski
Robert Drobek	prof. dr hab. inż.	Drobek
Leszek Górecki	dr inż.	Górecki
Małgorzata Hrebek	dr inż.	Hrebek
Danuta Mordas	prof. dr hab. inż.	Mordas
Michał Leber	mgr inż.	M. Leber
Marek Koppa	dr inż.	Koppa
Sylwester Zemborski	dr hab. inż.	Zemborski
Piotr Różycki	dr hab. inż.	Różycki
Janusz Wyszniński	dr hab. inż.	Wyszniński
Grzegorz Samotyja	dr hab. inż.	Samotyja
Piotr Pękala	doc. dr inż.	Pękala
Grzegorz Litak	Pracownik	G. Litak
Jacek Cierniak	dr hab. inż.	Cierniak
Tomasz Bulzak	dr hab. inż.	Bulzak
Andrzej Goutan	prof. dr hab. inż.	Goutan
Kamil Anasiewicz	dr inż.	Anasiewicz
Jerzy Dąbrowski	prof. dr hab. inż.	J. Dąbrowski
Konrad Ręba	dr hab. inż.	Ręba

**UCHWAŁA RDN/IM/6/2025
RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ
INŻYNIERIA MECHANICZNA
z dnia 2 kwietnia 2025 roku**

*w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej
z wnioskiem o zwrócenie się o opinie wspierające do Senatów Uczelni
w związku z postępowaniem
o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa
prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko.*

Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna na posiedzeniu w dniu **2 kwietnia 2025** roku podjęła uchwałę w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o zwrócenie się o opinie wspierające do Senatów Politechniki Krakowskiej oraz Politechniki Morskiej w Szczecinie w związku z postępowaniem o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko.

PRZEWODNICZĄCY
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Mechaniczna

dr hab. inż. Piotr Budzyński

UCHWAŁA RDN/IM/4/2025
RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ
INŻYNIERIA MECHANICZNA
z dnia 2 kwietnia 2025 roku

*w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej
z wnioskiem o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa
prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko*

Na podstawie § 7 pkt. 4 Statutu Politechniki Lubelskiej, Rada Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna występuje do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o nadanie Panu prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko z Instytutu Technologii Mechanicznej w Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej za wybitny wkład w rozwój inżynierii mechanicznej w szczególności w zakresie technologii, budowy i eksploatacji maszyn.

Prof. dr. hab. inż. Stanisław Legutko jest wybitnym specjalistą w zakresie zaawansowanych rozwiązań technologicznych oraz eksploatacji maszyn i urządzeń, osobą integrującą środowisko naukowe inżynierii mechanicznej, krzewicielem nauki, wzorem nauczyciela akademickiego i wychowawcą kadr naukowych.

Prof. dr. hab. inż. Stanisław Legutko ma niezwykle istotne osiągnięcia naukowe, ważne dla rozwoju dyscypliny inżynieria mechaniczna. Wśród nich należy przede wszystkim wyróżnić niekwestionowany wkład Pana Profesora w rozwój obróbki skrawaniem, technologii wytwarzania uzębień, konstrukcji, technologii i eksploatacji narzędzi skrawających, w tym implementacji technik cienkich warstw w podnoszeniu ich trwałości, a także technologii i eksploatacji warstwy wierzchniej części maszyn i narzędzi skrawających, nanotechnologii, obróbki precyzyjnej oraz technik wytwarzania inkrementalnego. Profesor dr. hab. inż. Stanisław Legutko wniósł nieoceniony wkład metodyczny w zakresie projektowania procesów technologicznych części maszyn i ich wspomagania komputerowego oraz projektowania precyzyjnego oprzyrządowania technologicznego. Wyjątkowe osiągnięcia Pana Profesora obejmują także obszar eksploatacji maszyn i utrzymania ruchu maszyn, a w szczególności logistyki w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Niekwestionowane zasługi Pana Profesora dotyczą rozwoju Przemysłu 5.0 w zakresie wdrażania nowych rozwiązań technologicznych, konstrukcyjnych i eksploatacyjnych.

Należy podkreślić zasługi prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko na rzecz środowiska naukowego w obszarze organizacji nauki, rozwoju kadry naukowej, znakomite osiągnięcia w zakresie kreowania i organizacji procesu dydaktycznego oraz jakości kształcenia.

Prof. dr. hab. inż. Stanisław Legutko od wielu lat współpracuje z Politechniką Lubelską, między innymi w organizacji ogólnopolskich konferencji, realizacji projektów badawczych, uczestnictwie w postępowaniach awansowych prowadzonych w Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. Recenzował wniosek o nadanie tytułu profesora, opiniował wniosek o nadanie tytułu doktora honoris causa, recenzował wniosek o przyznanie uprawnień do nadawania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Mechanika. Nieoceniony jest wkład Pana Profesora w budowanie współpracy międzynarodowej pracowników Wydziału Mechanicznego PL i jego partnerstwa w sieci CEEPUS

PRZEWODNICZĄCY
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Mechaniczna

Strona 1 z 1

**UCHWAŁA RDN/IM/5/2025
RADY DYSCYPLINY NAUKOWEJ
INŻYNIERIA MECHANICZNA
z dnia 2 kwietnia 2025 roku**

*w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej
z wnioskiem o wyznaczenie promotora
w postępowaniu o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa
prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko.*

Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna na posiedzeniu w dniu **2 kwietnia 2025** roku podjęła uchwałę w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o wyznaczenie promotora w postępowaniu o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko w osobie dr. hab. inż. Jerzego Józwika.

PRZEWODNICZĄCY
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Mechaniczna

Budzyński
dr hab. inż. Piotr Budzyński

Lublin, dnia 14 kwietnia 2025 roku

RDN/IM/80/2025

Sz. Pater
mgr E. Gontarz
REKTOR
Pater

Jego Magnificencja
Rektor Politechniki Lubelskiej
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Przewodniczy i Rada Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna zwracają się do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o wszczęcie postępowania o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko oraz wyznaczenie promotora postępowania w osobie dr. hab. inż. Jerzego Józwika.

Wniosek został pozytywnie zaopiniowany na posiedzeniu Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna 2 kwietnia 2025 roku. W głosowaniu uczestniczyło 48 z 52 członków Rady. Uchwała w sprawie wystąpienia do Senatu Politechniki Lubelskiej z wnioskiem o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko została przyjęta przy braku głosów sprzeciwu oraz jednym głosem wstrzymującym się.

Rada rekomenduje Senatowi Politechniki Lubelskiej zwrócenie się o opinie wspierające w związku z postępowaniem o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko do senatów Politechniki Krakowskiej oraz Politechniki Morskiej w Szczecinie.

W załączeniu uchwały oraz komplet dokumentów.

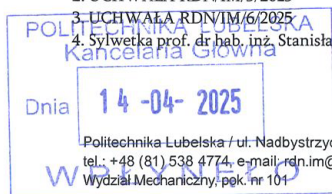
Z poważaniem

dr hab. inż. Piotr Budzyński
PRZEWODNICZĄCY
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Mechaniczna

Piotr Budzyński
dr hab. inż. Piotr Budzyński

Załączniki:

1. UCHWAŁA RDN/IM/4/2025
2. UCHWAŁA RDN/IM/5/2025
3. UCHWAŁA RDN/IM/6/2025
4. Sylwetka prof. dr hab. inż. Stanisława Legutko



Politechnika Lubelska / ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, www.pollub.pl
tel.: +48 (81) 538 4774, e-mail: rdn.im@pollub.pl
Wydział Mechaniczny, pek. nr 101



Strona 1 z 1

Uchwała
Senatu Politechniki Krakowskiej
im. Tadeusza Kościuszki
nr 54/p/10/2025 z dnia 20 października 2025 r.

**w sprawie opiniowania wniosku o nadanie prof. Stanisławowi Legutko
tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej**

Na podstawie § 19 pkt 6 Statutu Politechniki Krakowskiej, stanowiącego załącznik do uchwały Senatu PK nr 54/o/05/2019 z dnia 29 maja 2019 r., z późn. zm. postanawia się, co następuje:

§ 1

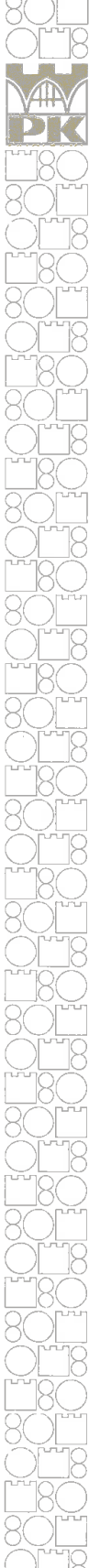
1. Senat Politechniki Krakowskiej, po zapoznaniu się z opinią o dorobku prof. dr hab. inż. Stanisława Legutko opracowaną przez prof. dr hab. inż. Józefa Gawlika, popiera wniosek Politechniki Lubelskiej w sprawie nadania prof. dr hab. inż. Stanisławowi Legutko tytułu doktora honoris causa tej uczelni.
2. Opinia na temat dorobku naukowego, osiągnięć i zasług prof. dr hab. inż. Stanisława Legutko stanowi załącznik do niniejszej uchwały.

§ 2

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

REKTOR
Politechniki Krakowskiej

Prof. dr hab. inż. Andrzej Szarata



PP/2025/10/184/NS

Kraków, 22.10.2025 r.

Jego Magnificencja

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Rektor Politechniki Lubelskiej

W odpowiedzi na pismo z dnia 1 lipca 2025 r. nr R-552/2025 uprzejmie informuję, że Senat Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki 20 października 2025 r. wyraził pozytywną opinię nt. nadania prof. dr hab. inż. Stanisławowi Legutko tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej, na podstawie opinii dorobku kandydata przygotowanej i przedstawionej przez prof. dr hab. inż. Józefa Gawlika.

W załączeniu przedmiotowa uchwała oraz opinia.

REKTOR
Politechniki Krakowskiej
Prof. dr hab. inż. Andrzej Szarata

OPINIA
o dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym
prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko
w związku z przewodem o nadanie godności doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej

*Podstawa opracowania: pismo z dnia 30.06.2023 r., nr RR/726/2023,
Rektora Politechniki Lubelskiej, prof. dra hab. inż. Zbigniewa Patera
oraz zlecenie Rektora Politechniki Krakowskiej, prof. dra hab. inż. Andrzeja Szaraty*

1. Informacje ogólne o Kandydacie

- data urodzenia: 01.04.1950 r.;
- miejsce pracy: Politechnika Poznańska od 15.12.1973 r.;
- dyscyplina naukowa: Inżynieria mechaniczna;
- specjalności: technologia maszyn, obróbka skrawaniem, eksploatacja maszyn, logistyka przedsiębiorstwa

2. Stopnie , tytuły naukowe i tytuły honorowe

- 1980 r. - stopień naukowy doktora nauk technicznych;
- 1995 r. - stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych;
- 2004 r. - tytuł naukowy profesora nauk technicznych;
- 2008 r. – profesor honoris causa Uniwersytetu Technicznego w Cluj-Napoca w Rumunii;
- 2024 r. – doktor honoris causa Politechniki Opolskiej

3. Staże naukowe

- miesięczny staż w Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (Holandia), 1996;
- miesięczny staż w Universitaet Hannover, Institut für Mechanik, Hannover (Niemcy) 1999;
- visiting professor na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach (Słowacja) 2008-2009;
- visiting professor na Uniwersytecie JE Purkyně w Usti nad Łabą (Czechy) 2012-2013;
- liczne krótkoterminowe staże naukowe na uniwersytetach technicznych w Austrii, Czechach, Rumunii, Bułgarii, Mołdawii, Serbii, Chorwacji, na Węgrzech, Słowacji, we Francji w latach 1995–2024 w ramach programów ERASMUS+ oraz CEEPUS

4. Dorobek naukowo-badawczy i dydaktyczny

- liczba wypromowanych doktorów: 9;
- liczba otwartych, kolejnych przewodów doktorskich: 6;
- liczba publikacji: ponad 600, w tym: 70 pozycji autorskich (m. in. 3 książki z technologii i eksploatacji maszyn, 3 podręczniki), ponad 530 współautorskich (w tym 3 monografie, 3 skrypty);
- liczba publikacji w bazach naukowych: **Web of Science - 157; H index – 33, ponad 3000 cytowań; Scopus - 168, H index – 34, cytowania – ponad 3500 cytowań;**
- w rankingu Uniwersytetu Stanforda za całokształt aktywności publikacyjnej prof. St. Legutko był wyróżniony w latach 2021, 2022 i 2023
- liczba prowadzonych i wypromowanych prac inżynierskich i magisterskich: ponad 750

5. Obszary badań naukowych prof. St. Legutko były i są nadal skoncentrowane na problematyce technologicznej, do której należą:

obróbka skrawaniem, technologia uzębień, konstrukcja, technologia i eksploatacja narzędzi skrawających (w tym aplikacja techniki cienkich warstw), technologia i eksploatacja warstwy wierzchniej części maszyn i narzędzi skrawających, projektowanie procesów technologicznych części maszyn, komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych; oprzyrządowanie technologiczne, eksploatacja maszyn, nanotechnologia; Rapid Prototyping, Rapid Tooling i Rapid Manufacturing, nagniatanie, logistyka – w szczególności logistyka przedsiębiorstw

produkcyjnych. Najważniejsze badania dotyczą adhezyjnego zużycia ostrzy narzędzi skrawających. Obecnie zainteresowania naukowe Kandydata koncentrują się wokół problemów eksploatacji i technologii narzędzi skrawających do obróbki z wysokimi prędkościami skrawania (High Speed Cutting), obróbki przyjaznej środowisku, obróbki precyzyjnej, wytwarzania przyrostowego, utrzymania ruchu maszyn oraz rozwoju Przemysłu 4.0/5.0.

6. Widoczny jest udział prof. St. Legutko w pracach organizacyjnych w Politechnice Poznańskiej, w których pełnił rolę:

- opiekuna specjalności „Logistyka Przedsiębiorstwa” na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania (WBMiZ);
- kierownika Pracowni Projektowania Procesów Technologicznych oraz Pracowni Technologii Uzębień Zakładu Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej;
- pełnomocnika dziekana WBMiZ ds. praktyk studenckich (1986-1997), przedstawiciela asystentów i adiunktów w Radzie Wydziału (dwie kadencje).
- koordynatora/partnera projektów w siedmiu edycjach międzynarodowego programu CEEPUS, w ramach współpracy z partnerami z jednostek naukowych Rumunii, Słowacji, Chorwacji, Czech w zakresie badań i rozwoju inżynierii produkcji oraz logistyki w obszarze inżynierii mechanicznej.

7. Pozycja i aktywność kandydata w krajowym oraz międzynarodowym środowisku naukowym jest również znacząca w zakresie:

udziału i współpracy jako członka:

- Komitetu Budowy Maszyn PAN (z wyboru od 2020r.);
- ekspert Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych;
- ekspert zespołu Ministerstwa Edukacji i Nauki do spraw doktoratów wdrożeniowych;
- członek zespołu Ministerstwa Rozwoju i Technologii ds. Krajowej Inteligentnej Specjalizacji KIS 11;
- ekspert Narodowego Centrum Badań i Rozwoju;
- ekspert w słowackiej agencji grantowej APVV;
- członek z wyboru Międzysekcyjnego Zespołu Inżynierii Powierzchni Komitetu Budowy Maszyn PAN (od 2007r.);
- PAN Oddział w Poznaniu oraz sekretarz Komisji Budowy Maszyn (1996-2006);
- Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (PTPN), przewodniczący: Komisji Budowy Maszyn (1997-2005), Komitetu Redakcyjnego Prac Komisji Budowy Maszyn PTPN (1996-2006), Wydziału Nauk Technicznych PTPN (2008 – 2016r.);
- Sekcji Obrabiarek i Narzędzi przy OW SIMP w Lesznie (1981-1991);
- Rady Naukowej Centrum Postępu Technicznego SIMP w Rydzynie (1984-1990), następnie jej przewodniczący (1990-1993);

udziału radach naukowych instytutów i uczelni :

w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu, Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu, w Uniwersytecie Technicznym w Ostrawie (Czechy) – jako członek Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej, w Uniwersytecie J. E. Purkyně w Usti nad Labem (Czechy) – jako członek Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej;

udziału w radach naukowych/programowych czasopism naukowych:

Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji wydawanego przez Komisję Budowy Maszyn PAN oddział w Poznaniu; członek Rady Naukowej czasopisma **Manufacturing and Industrial Engineering**, Presov, Słowacja (od 2001 r.); Członek Advisory Board czasopisma **Manufacturing Technology Journal**, Usti nad Labem, Czechy (od 2012 r.); Członek Rady Redakcyjnej **Proceedings in Manufacturing Systems**, Bucharest, Rumunia (od 2008r.); Członek Rady Redakcyjnej czasopisma **Journal of Production Engineering**, Novi Sad, Serbia (od 2011 r.); Członek Rady Programowej czasopisma **Machine Design**, Novi Sad, Serbia (od 2011 r.); członek Rady Naukowej **WEB Journal CA Systems in Production Process Planning**, Zilina (Słowacja), członek Rady Naukowej czasopisma **Engineering Review**, Rijeka, Chorwacja (od 2008 r.); członek Międzynarodowego Komitetu Naukowego czasopisma **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – Journal of Engineering**,

Hunedoara, Rumunia (od 2009 r.); członek Rady Redakcyjnej czasopisma **Research Papers of Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology**, Trnava, Słowacja (od 2009 r.); członek Komitetu Wydawniczego czasopisma **Technological Engineering**, University of Zilina Słowacja (od 2009 r.), przewodniczący Rady Programowej poradnika **Kontrola Maszyn i Urządzeń**, Wydawnictwo FORUM Poznań, od 2007r.; członek Rady Naukowej i Rady Recenzentów czasopisma **Archiwum Inżynierii Produkcji** – od 2013 r.; członek Editorial Board **Journal of Mechanical Engineering – Strojnický časopis**, Bratysława, Słowacja; członek Editorial Advisory Board czasopisma **Management and Production Engineering Review**, Polska Akademia Nauk, Warszawa, Polska - od 2016r.; członek Rady Redakcyjnej – Editorial Manager czasopisma **Scientia Agroculture Bohemica**, Czechy – od 2014 r.

8. Łączny dorobek naukowo-badawczy, publikacyjny, dydaktyczny i organizacyjny kandydata zawiera:

- **ponad 30** wdrożonych rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i organizacyjnych, wykonanych w Politechnice Poznańskiej oraz **ponad 110** opracowań w ramach działalności w SIMP;
- **ponad 120** opinii o innowacyjności, produktów i procesów dla polskich przedsiębiorstw produkcyjnych;
- aktywny udział w **ponad 200** konferencjach krajowych i zagranicznych;
- wydane poszerzenie wiedzy w dyscyplinie inżynieria mechaniczna w zakresie opisu oddziaływań narzędzia skrawającego z materiałem obrabianym, sklasyfikowanie czynników warunkujących adhezyjne zużywanie ostrzy narzędzi i mechanizmu oddziaływań w układzie: narzędzie - materiał obrabiany;
- opracowanie wspólnie z prof. Kazimierzem Wieczorowskim uogólnionej strategii kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej części maszyn;
- opracowanie **57** recenzji rozpraw doktorskich w Polsce, w Indiach i na Słowacji, **29** recenzji wniosków w postępowaniach habilitacyjnych w Polsce oraz **4** opinii w Słowacji, opiniował łącznie **16** wniosków dotyczących tytułu profesora w Polsce, w Słowacji i w Kanadzie, opracowanie **1** recenzji w postępowaniu do tytułu doktora honoris causa;
- koordynację programu wymiany międzynarodowej CEEPUS oraz udział w kierowaniu i realizacji łącznie **5** grantów, finansowanych przez KBN i NCBIR oraz **2** grantów z funduszy europejskich.

Publikacje naukowe prof. S. Legutko zostały wydane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, m.in. w: *Materials, Energies, Nanomaterials, Coatings, Materials Research Express, Symmetry, Measurement, Tribology International, Applied Acoustics, Tehnički vjesnik - Technical Gazette, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Environment and Material Systems, Studies in Systems, Decision and Control, Journal of Alloys and Compounds, Przemysł Chemiczny, Materials Science and Engineering, Advances in Manufacturing Engineering and Materials.*

Na szczególne podkreślenie zasługuje aktywność prof. St. Legutko w podejmowaniu współpracy z międzynarodowymi i krajowymi zespołami naukowymi w:

- **Bułgarii** – Technical University of Sofia, Faculty of Industrial Technology; Technical University of Varna, Faculty of Mechanical Engineering and Technologies; Angel Kanchev University of Ruse, Department of Thermotechnics, Hydro- and Pneumotechnics;
- **Słowacji** – Slovak University of Technology, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava; University of Zilina, Department of Machining and Automation, Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies in Presov; Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering; Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering;
- **Rumunii** – Technical University of Cluj-Napoca, Baia Mare; Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management, Department of Manufacturing Engineering; Transilvania University of Brasov, Precision Mechanics and Mechatronics Department, Mechanical Engineering; Faculty „DUNAREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI, Faculty of Engineering; Production Management, Department of Manufacturing Engineering, Cluj-Napoca; Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Industrial Engineering and Robotics;

- **na Węgrzech** – University of Debrecen, Faculty of Technical Engineering; University of Nyiregyhaza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Nyiregyhaza; University of Miskolc, Faculty of Mechanical Engineering and Informatics, Institute of Logistics
- **Serbii** – University in Novi Sad, Faculty of Technical Science; Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering;
- **Czechach** – Tomas Bata University in Zlin, Faculty of Technology; Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering; University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Pilsen; Institute of Technology and Business (VŠTE) in České Budejovice; Czech Technical University in Prague;
- **Chorwacji** – University of Rijeka, Faculty of Engineering; Univeristy of Slavonski Brod, Mechanical Engineering Faculty;
- **Macedonii** – SS. Cyril and Methodius University in Skopje;
- **Moldawii** – Technical University of Moldova, Chisinau, **Moldova**, Department Theory of Mechanisms and Parts of Machine”;
- **Bośni i Hercegowinie** – University of East Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering;
- **Portugalii** – MetRCs Research Center, Campus of Azurém, University of Minho;
- **Iraku** – University of Misan, Engineering College, Petroleum Engineering Department;
- **Polsce** – Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Technologiczny; Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny; Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny; Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; Łukasiewicz, Poznański Instytut Technologiczny.

9. Nagrody i wyróżnienia

Aktywność i zaangażowanie prof. dra hab. inż. Stanisława Legutko w rozwoju współpracy naukowo-badawczej i dydaktycznej zyskały szerokie uznanie, co potwierdzają liczne nagrody i wyróżnienia przyznane przez różne instytucje i organizacje:

- Srebrna Honorowa Odznaka SIMP (1985)
- Dwukrotna nagroda NOT za wybitne osiągnięcia w dziedzinie techniki
- dziewięć nagród Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej oraz za osiągnięcia dydaktyczne (2015-2023)
- Srebrny Krzyż Zasługi (1999).
- Medal 50-lecia Politechniki Rzeszowskiej (2003).
- Medal 50-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie (2003).
- Medal Komisji Edukacji Narodowej (2004).
- Dyplom Uznania miasta Baia Mare w Rumunii za promowanie współpracy między uniwersytetami (2004).
- Medal 55-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) (2006).
- Medal Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie z okazji 40-lecia Katedry Obróbki Skrawaniem i Automatyzacji (Słowacja – 2007)
- Medal Uniwersytetu Technicznego w Koszycach z okazji 15-lecia istnienia Wydziału Technologii Wytwarzania w Preszowie (Słowacja – 2007)
- Tytuł Honorowego Profesora Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Cluj-Napoca (Rumunia -2008)
- Złoty medal za długoletnią służbę, Politechnika Poznańska, (2012)
- Medal 20-lecia Wydziału Technologii Wytwarzania Uniwersytetu Technicznego w Koszycach, (Słowacja – 2012)
- Brązowy medal z okazji piętnastolecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania, Uniwersytetu w Usti nad Łabą (Czechy - 2013)
- Medal 60-lecia Uniwersytetu w Żylinie (Słowacja – 2013)
- Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich za Multiplikującą przekładnię hydrostatyczną do Małych Elektrowni Wodnych w ramach wystawy Innowacje – Technologie – Maszyny – Polska Nauka dla Gospodarki (Poznań 2014)

- Medal Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej za szczególne zasługi dla rozwoju budownictwa (Częstochowa 2015)
- Medal z okazji 65-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie za wieloletnią owocną współpracę w zakresie realizacji projektów naukowych i dydaktycznych, (Czechy – 2015)
- Brązowy medal z okazji 10-lecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania Uniwersytetu J. E. Purkynie w Usti nad Łabą za wieloletnią owocną współpracę w zakresie nauczania i badań, (Czechy – 2016)
- Medal Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, 2019; „Smok STRATEGORA” za łączenie nauki z biznesem (2019)
- Podziękowanie Ministerstwa Elektryczności Republiki Iraku za opiekę nad doktorantem Tahseen Ali Mankhi (2019)
- List gratulacyjny w podziękowaniu za długoletnią współpracę z okazji 55-lecia Katedry Obróbki Skrawaniem, Montażu i Metrologii Inżynierskiej Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy – 2019)

10. Podsumowanie i wniosek końcowy

Analiza i zestawienie dorobku naukowo-badawczego, dydaktycznego i organizacyjnego świadczą o niezwyklej aktywności i zaangażowaniu prof. Stanisława Legutko w podjętą działalność i współpracę z krajowymi oraz międzynarodowymi ośrodkami naukowymi, a także organizacjami działającymi na rzecz rozwoju techniki i technologii.

Oso biście wielokrotnie miałem możliwość bezpośrednio uczestniczyć z prof. S. Legutko w konferencjach naukowych, komisjach doktorskich i habilitacyjnych. Profesjonalizm, dogłębna analiza referowanych zagadnień, staranność wypowiedzi były wzorem dla uczestników tych spotkań.

Szczególną aktywność wykazywał profesor Stanisław Legutko w nawiązywaniu i rozwoju współpracy naukowej z krajowymi i zagranicznymi zespołami badawczymi, której wynikiem są liczne, wspólne publikacje w renomowanych czasopismach, a efektem między innymi miejsce na prestiżowej liście rankingowej Uniwersytetu Stanforda.

Należy też podkreślić, że prof. Stanisław Legutko jest wychowankiem i kontynuatorem naukowej szkoły technologii mechanicznej, zapoczątkowanej przez prof. Kazimierza Wieczorowskiego w Politechnice Poznańskiej.

Podsumowując całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego wyrażam jednoznacznie pozytywną opinię i stwierdzam, że prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko zasługuje na uhonorowanie zaszczytną godnością doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej. Opinię przedstawiam Wysokiemu Senatowi Politechniki Krakowskiej do rozpatrzenia.

Kraków, dnia 8 października 2025 roku



Józef Gawlik



REKTOR
POLITECHNIKA MORSKA W SZCZECINIE
ul. Waly Chrobrego 1-2 70-500 Szczecin
telefon (+48) 91 480 93 02, fax (+48) 91 480 95 85
www.pm.szczecin.pl, e-mail: pm@pm.szczecin.pl

POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN

RR.0700.103.2025

Szczecin, 16.07.2025 r.

Jego Magnificencja
prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater
Rektor
Politechniki Lubelskiej

w odpowiedzi na pismo R-55/2025 z dnia 1 lipca 2025 r. informuję, że Politechnika Morska w Szczecinie z dumą i radością przyjęła fakt wszczęcia postępowania o nadanie tytułu doktora honoris causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko, profesorowi Politechniki Poznańskiej.

Akceptuję propozycję powierzenia prof. dr. hab. inż. Mirosławowi Pajorowi przygotowania recenzji dorobku kandydata. Jednocześnie, w ślad za rozmową telefoniczną, informuję, że najbliższe posiedzenia Senatu Politechniki Morskiej w Szczecinie, na którym możliwe będzie przedstawienie opinii oraz podjęcie uchwały wspierającej nadanie tytułu doktora honoris causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko, odbędzie się przypuszczalnie w połowie października 2025 r.

dr hab. inż. kpt. ż.w. Wojciech Ślęczka prof. PM
Rektor Politechniki Morskiej w Szczecinie





POLITECHNIKA MORSKA W SZCZECINIE
ul. Wały Chrobrego 1-2 70-500 Szczecin
telefon (+48) 91 480 93 02, fax (+48) 91 480 95 75
www.pm.szczecin.pl, e-mail: rektor@pm.szczecin.pl

POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN POLITECHNIKA MORSKA SZCZECIN

Szczecin, 26.09.2025 r.

Dr. Pater
Mpr. E. Gankow
REKTOR
Pater

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Jego Magnificencja
prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

Rektor
Politechniki Lubelskiej

Wasm Rejestracji,

w odpowiedzi na pismo R-552/2025 i nawiązując do wcześniej poczynionych ustaleń przekazuję Uchwałę Senatu Politechniki Morskiej w Szczecinie w sprawie opinii dotyczącej nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej prof. Stanisławowi Legutko.

Zmian
Wojciech

dr hab. inż. kpt. ż.w. Wojciech Ślęczka prof. PM
Rektor Politechniki Morskiej w Szczecinie





Uchwała nr 53/2025
Senatu Politechniki Morskiej w Szczecinie
z dnia 24.09.2025 r.

w sprawie: opinii dotyczącej nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej
profesorowi Stanisławowi Legutko

Senat Politechniki Morskiej w Szczecinie na posiedzeniu w dniu 24.09.2025 r. na podstawie na podstawie art. 28 ust. 1 pkt 16 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.) oraz §51 ust. 2 pkt. 5 Statutu Politechniki Morskiej w Szczecinie, w związku z pismem Rektora Politechniki Lubelskiej z dnia 1 lipca 2025 r., na wniosek Rektora PM stwierdza, że:

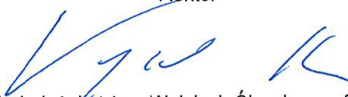
§1.

po zapoznaniu się z Uchwałą nr 33/2025/VI Senatu Politechniki Lubelskiej z dnia 26 czerwca 2025 r. i przanalizowaniu przedłożonego dorobku naukowego, pozytywnie opiniuje się nadanie tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko.

§2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem jej podjęcia.

Przewodniczący Senatu PM
Rektor


dr hab. inż. kpt.ż.w. Wojciech Ślęczka, prof. PM

Za zgodność z oryginałem

26.09
2025

KIEROWNIK
BIURA REKTORA

(data i podpis)


mgr inż. Joanna Orymowska

Dokument elektroniczny

Miejsce i data sporządzenia dokumentu

2025-07-17

Dane nadawcy

POLITECHNIKA MORSKA W SZCZECINIE
70-500 Szczecin
ul. Wały Chrobrego 1-2
Województwo: ZACHODNIOPOMORSKIE
Powiat: Szczecin
Gmina: Szczecin (gmina miejska)

Dane adresata

POLITECHNIKA LUBELSKA (20-618 LUBLIN (MIASTO),
WOJ. LUBELSKIE)

INFORMACJA

dot. postępowania o nadanie tytułu dhc prof. S. Legutko

Szanowni Państwo,

w załączeniu odpowiedź JM Rektora Politechniki Morskiej w Szczecinie na pismo R-55/2025 z dn. 1 lipca 2025.

Dalsze informacje i kontakt w przedmiotowej sprawie możliwe są pod numerem tel. 91/4809500 lub mailowo:
biurorektora@pm.szczecin.pl

z poważaniem

Katarzyna Ościłowska
Biuro Rektora
Politechniki Morskiej w Szczecinie

Załączniki:

1.

[RR.0700.103.2025.pdf](#)

Dokument został podpisany, aby go zweryfikować należy użyć oprogramowania do weryfikacji podpisu. Data złożenia podpisu:
2025-07-17T10:29:46.760+02:00

Podpis elektroniczny

R-552 b info 

Prof. dr hab. inż. Mirosław Pajor
Wydział Mechatroniki i Elektrotechniki
Politechnika Morska w Szczecinie

Opinia

dotycząca wniosku Senatu Politechniki Lubelskiej o nadanie godności Doktora
Honoris Causa prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Legutko

Nadanie godności Doktora Honoris Causa jest wyrazem uznania przez społeczność akademicką wybitnych osiągnięć osób, które swoją działalnością naukową, organizacyjną i społeczną odciskają wyraźny, pozytywny ślad w szeroko pojętej sferze aktywności naukowej. Niewątpliwie taką osobą jest prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, którego osiągnięcia naukowe, wkład w rozwój wiedzy oraz wpływ na kształtowanie nowych pokoleń kadr inżynierjno-technicznych znajduje szerokie uznanie w kraju i za granicą.

Profesor Stanisław Legutko urodził się 1 kwietnia 1950 r. w Golinie Wielkiej. Doktorat obronił w 1980 roku, a tytuł doktora habilitowanego nauk technicznych uzyskał w 1995 roku. Tytuł profesora nauk technicznych, decyzją Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, uzyskał w roku 2004. Od 1973 roku pracuje na Politechnice Poznańskiej, gdzie do dziś prowadzi badania naukowe na Wydziale Inżynierii Mechanicznej. Ponadto Profesor pracował równolegle jako doradca naukowo – techniczny oraz jako menedżer w przemyśle.

Jego główna działalność naukowa skupia się nad rozwojem technologii obróbki skrawaniem, technologią uźębień, rozwojem konstrukcji oraz technologii wytwarzania i eksploatacji narzędzi skrawających, ze szczególnym uwzględnieniem aplikacji techniki cienkich warstw. Ponadto w obszarze badań Profesora mieści się również technologia i eksploatacja warstwy wierzchniej części maszyn, projektowanie procesów technologicznych części maszyn oraz komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych. W tym obszarze Jego najważniejsze badania dotyczą adhezyjnego zużycia narzędzi skrawających. Ponadto Profesor interesuje się rozwojem nowych technologii wytwarzania obejmujących zagadnienia rapid prototyping, rapid tooling, rapid manufacturing i technologii nagniatania oraz szersze zagadnienia logistyki przedsiębiorstw produkcyjnych. W ostatnim okresie Jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół problemów eksploatacji i technologii narzędzi skrawających dla High Speed Cutting (HSC), obróbki przyjaznej środowisku, obróbki precyzyjnej, wytwarzania przyrostowego, utrzymania ruchu maszyn oraz Przemysłu 4.0.

Cechą godną podkreślenia jest to, że Prof. Legutko przykładą wiele uwagi do tego, aby wynikami swojej działalności naukowej dzielić się ze środowiskiem naukowym. Profesor jest autorem lub współautorem ponad 600 opublikowanych prac naukowych, w tym 70 pozycji

autorskich obejmujących 3 książki z technologii i eksploatacji maszyn oraz 3 podręczniki akademickie. Jego publikacje naukowe budzą szerokie zainteresowanie w środowisku naukowym, Profesor uzyskał Indeks H – 34 wg Scopus z liczbą cytowań na poziomie ponad 3500. W roku 2021, 2022 i 2023 znalazł się na liście TOP 2% za całokształt aktywności publikacyjnej wg rankingu Uniwersytetu Stanforda. Ponadto Profesor prezentował swoje osiągnięcia naukowe na ponad 190 konferencjach międzynarodowych i krajowych (w tym wystąpienia typu „invited”).

Działalność naukowa Profesora Stanisława Legutko zawsze miała silny charakter aplikacyjny i wielokrotnie przekładała się na konkretne wdrożenia przemysłowe. Do najważniejszych Jego osiągnięć można zaliczyć:

- Autorstwo i współautor ponad 30 wdrożonych rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i organizacyjnych wykonanych na Politechnice Poznańskiej oraz ponad 110 w ramach działalności w SIMP.
- Opracowanie ponad 120 opinii o innowacyjności produktów i procesów dla polskich przedsiębiorstw produkcyjnych.
- Dokonanie pogłębionego opisu oddziaływań narzędzia skrawającego z materiałem obrabianym, sklasyfikowanie czynników warunkujących adhezyjne zużywanie narzędzi i zbudowanie podstawy do wyjaśnienia mechanizmu oddziaływań w układzie: narzędzie - materiał obrabiany.
- Opisanie zużywania adhezyjnego narzędzi skrawających (model idealizacyjny) oraz warunków optymalizacji tego zużycia (model optymalizacyjny).
- Opracowanie we współpracy z prof. K. Wieczorowskim uogólnionej strategii kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej części maszyn.

Profesor Stanisław Legutko swoje osiągnięcia naukowe wykorzystywał w licznych projektach badawczych finansowanych ze środków KBN, NCBiR i UE, w których był uczestnikiem lub pełnił funkcję kierowniczą – do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- Grant europejski IRMA – Inter-countries Research for Manufacturing Advancement, 135764-LLP-2007-SK-KA1SCR, 2008–2009.
- Grant Badawczy KBN 22-1093T02/07/33, Technologia obróbki wykończeniowej uzębień o utwardzonych powierzchniach nośnych na frezarkach CNC z zastosowaniem narzędzi z ostrzami ceramicznymi, 2007-2010.
- Grant celowy 6 ZR7 2009 C/07287, Wdrożenie zautomatyzowanej technologii kucia korpusu wodomierza, 2010–2012.
- INNOTECH-K3/IN3/47/226668/NCBR/14 – Technologia obróbki rowków pod pierścienie w tłokach silników samochodowych, 2014
- Grant POIR.01.01.01-00-0589/15, beneficjent Zakład Badawczo-Rozwojowy Agro Sp. z o.o., ul. Gostyńska 71, 64-000 Kościan, Stworzenie rodziny wozów asenizacyjnych, aplikatorów i dozowników przeznaczonych dla rolnictwa precyzyjnego, 2018.
- Uniwersytet Techniczny w Ostrawie, Republika czeska, Innovative and additive manufacturing technology – new technological solutions for 3D printing of metals and

composite materials, reg. no. CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008407 financed by Structural and Investment Funds of Europe Union, 2019–2022.

Aktywność naukowa Profesora Stanisława Legutko zdecydowanie wykracza poza granice naszego kraju. Doświadczenia we współpracy z zagranicznymi ośrodkami badawczymi Profesor Legutko zdobywał niemal od początku swojej kariery naukowej, biorąc aktywny udział w licznych stażach naukowych m.in.: staż w Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (Holandia), 1996; staż w Universitaet Hannover, Institut fuer Mechanik, Hannover (Niemcy), 1999 oraz liczne krótkoterminowe staże naukowe na uniwersytetach technicznych w Austrii, Czechach, Rumunii, Bułgarii, Mołdawii, Serbii, Chorwacji, na Węgrzech, Słowacji, we Francji w latach 1995–2024 w ramach programu ERASMUS+ oraz CEEPUS. Profesor jest koordynatorem międzynarodowego programu CEEPUS PL-0033 i uczestniczył jako partner od 1995 roku w siedmiu programach międzynarodowych. W ramach programu CEEPUS współpracował z 30 ośrodkami akademickimi krajowymi i zagranicznymi. W latach 2008–2009 pracował jako visiting professor na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach (Słowacja), a w 2012 roku na Uniwersytecie JE Purkyne w Usti nad Labem (Czechy). Ponadto Profesor prowadził działalność naukowo-badawczą z 18 partnerami zagranicznymi z Iraku, Portugalii, Czech, Indii, Ukrainy, Arabii Saudyjskiej, Słowacji, Pakistanu, Rumunii i Bułgarii. Jest Ekspertem w słowackiej agencji grantowej APVV. Szczególnie silną współpracę naukową Profesor nawiązał z Uniwersytetem Technicznym w Cluj-Napoca w Rumunii, gdzie w 2008 roku został uhonorowany zaszczytnym tytułem Profesor Honoris Causa UT w Cluj-Napoka.

Profesor Legutko współpracuje również z krajowymi ośrodkami naukowo-badawczymi, do najważniejszych można zaliczyć: Politechnikę Świętokrzyską, Poznański Instytut Technologiczny - Sieć Badawcza Łukasiewicz, Politechnikę Opolską oraz Politechnikę Lubelską. Za współpracę naukowo-badawczą z Politechniką Opolską w 2024 roku Profesor Legutko został uhonorowany zaszczytnym tytułem i godnością Doktora Honoris Causa Politechniki Opolskiej. Równie silna jest współpraca Profesora z Politechniką Lubelską, o czym świadczy opiniowany wniosek Senatu Politechniki Lubelskiej o nadanie Profesorowi Legutko tytułu Doktora Honoris Causa tejże uczelni. Współpraca ta odbywała się na wielu poziomach. Profesor ma w dorobku ponad 20 publikacji naukowych z pracownikami Politechniki Lubelskiej. Wielokrotnie publikował i recenzował artykuły w wydawnictwach Politechniki Lubelskiej oraz monografie jej pracowników. Ponadto Profesor recenzował dorobek naukowy pracowników Politechniki Lubelskiej w pięciu doktoratach i w jednym postępowaniu profesorskim. Profesor brał czynny udział w 6 konferencjach organizowanych przez Politechnikę Lubelską. Współpracował również z uczelnią w ramach programu CEEPUS i dwóch innych projektach (tj. projekt we współpracy z University of Salerno i projekt finansowany z funduszy NAWA) oraz w ramach Polskiej Unii Metrologicznej finansowanej przez MNiSW. Profesor Stanisław Legutko w 2016 roku recenzował wniosek Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej o przyznanie uprawnień nadawania stopnia doktora habilitowanego oraz sporządził w roku 2022 opinię w sprawie nadania przez Politechnikę Krakowską tytułu i godności Doktora Honoris Causa prof. Józefowi Kuczmazewskiemu. Jak wskazano powyżej współpraca ta jest intensywna, a Profesor Stanisław Legutko odcisnął

wyraźny, pozytywny ślad w sferze działalności naukowej i rozwoju kadr Politechniki Lubelskiej.

Bardzo wysoko należy ocenić również działalność organizacyjną Profesora Stanisława Legutko. Jako uznany autorytet naukowy, Profesor jest powoływany do licznych gremiów eksperckich i stowarzyszeń naukowych. Od 2020 roku jest Członkiem Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk. Jest Ekspertem Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych oraz zespołu Ministerstwa Edukacji i Nauki do spraw doktoratów wdrożeniowych. Ponadto jest Członkiem zespołu Ministerstwa Rozwoju i Technologii ds. Krajowej Inteligentnej Specjalizacji KIS 11. Od 2007 roku jest Członkiem Międzysekcyjnego Zespołu Inżynierii Powierzchni Komitetu Budowy Maszyn PAN. W latach 1996–2006 był Członkiem PAN Oddział w Poznaniu, Komisja Budowy Maszyn. W latach 1997–2005 był Członkiem Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk i pełnił funkcję Przewodniczącego Komisji Budowy Maszyn, a w latach 2008–2016 Przewodniczącego Wydziału Nauk Technicznych PTPN. Profesor był członkiem komitetów organizacyjnych i naukowych ponad 200 konferencji. Ponadto w latach 1981–1991 był Członkiem Sekcji Obrabiarek i Narzędzi przy OW SIMP w Lesznie, a w latach 1984–1993 był Członkiem Rady Naukowej Centrum Postępu Technicznego SIMP w Rydzynie, gdzie ostatnie trzy lata przewodniczył jej pracom. Profesor zasiadał również w radach naukowych: Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu, Instytutu Obróbki Plastycznej w Poznaniu oraz Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy). Jest Członkiem Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej w macierzystej jednostce oraz był Członkiem Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu J.E. Purkynie w Usti nad Labem (Czechy).

Profesor Legutko był Członkiem Rad Programowych i Naukowych wielu czasopism naukowych m.in.: *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji*; *Manufacturing and Industrial Engineering*, Słowacja; *Manufacturing Technology Journal*, Czechy; *Proceedings in Manufacturing Systems*, Rumunia; *Journal of Production Engineering*, Serbia; *Machine Design*, Serbia; *WEB Journal CA Systems in Production Process Planning*, Słowacja; *Engineering Review*, Chorwacja; *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – Journal of Engineering*, Rumunia; *Research Papers of Faculty of Materials Science and Technology*, Słowacja; *Technological Engineering*, University of Zilina Słowacja; *Kontrola Maszyn i Urządzeń*, Wydawnictwo FORUM Poznań; *Archiwum Inżynierii Produkcji*; *Journal of Mechanical Engineering – Strojnický časopis*, Słowacja; *Management and Production Engineering Review*, Polska Akademia Nauk; *Scientia Agroculture Bohemica*, Czechy. Profesor Recenzuje rocznie około 40-50 artykułów naukowych dla różnych czasopism.

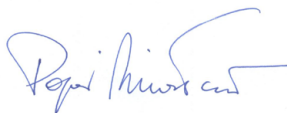
Profesor Stanisław Legutko ma ponadprzeciętne zasługi w dydaktyce i rozwoju kadry naukowej. Jest opiekunem specjalności „Logistyka Przedsiębiorstwa” na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, ponadto jest Kierownikiem Pracowni Projektowania Procesów Technologicznych oraz Pracowni Technologii Uzębień Zakładu Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej. Profesor był recenzentem 66 rozpraw doktorskich w Polsce, w Indiach i na Słowacji, recenzentem 31 wniosków dotyczących dorobku w postępowaniu habilitacyjnym w Polsce i na Słowacji, 5 opinii w postępowaniu habilitacyjnym. Ponadto opiniował 19 wniosków dotyczących tytułu profesora w Polsce, na

Słowacji i w Kanadzie, opracował 1 recenzję dotyczącą tytułu doktora honoris causa. Ponadto Profesor był promotorem 9 rozpraw doktorskich, a obecnie jest promotorem 6 doktoratów.

Za swoją działalność naukową Profesor Stanisław Legutko otrzymał 32 nagrody i wyróżnienia, w tym 9 nagród Rektora Politechniki Poznańskiej za wybitne osiągnięcia naukowe. Spośród licznych wyróżnień i nagród należy wymienić: Srebrną Honorową Odznakę SIMP (1985), Srebrny Krzyż Zasługi (1999), Medal Komisji Edukacji Narodowej (2004), Złoty medal za długoletnią służbę (2012) i wiele innych.

Podsumowując moją opinię, pragnę podkreślić, że Profesor Stanisław Legutko jest wybitnym uczonym i nauczycielem akademickim. Profesor ma imponujący dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny. Jest osobowością łączącą środowiska naukowe zarówno krajowe jak i zagraniczne, osobą życzliwą wspierającą rozwój poszczególnych naukowców jak i całych jednostek naukowych. Tezę tę potwierdzają już Mu nadane, przez społeczności akademickie krajowe i zagraniczne, zaszczytne tytuły Doktora Honoris Causa i Profesora Honoris Causa. Z wielką przyjemnością opracowuję tę opinię, czując jednocześnie ogromny szacunek i podziw dla dokonań Pana Profesora. Biorąc pod uwagę Jego wybitną rolę jaką spełnia w rozwoju nauki oraz niekwestionowany autorytet w środowisku akademickim, mając na uwadze Jego więzi i współpracę z Politechniką Lubelską, uważam, że nadanie Mu godności Doktora Honoris Causa przez Politechnikę Lubelską jest w pełni uzasadnione.

Dokument podpisany przez
MIROSLAW TADEUSZ
PAJOR
Data: 2025.10.28 08:25:20
CET





Rzeszów, dnia 30 września 2025 r.

JM
Rektor Politechniki Lubelskiej
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pater

SZANOWNY PANIE REKTORZIE

W odpowiedzi na pismo R-552/2025 przesyłam recenzję dorobku prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko w związku z postępowaniem o nadanie tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

Z POZIWIANIEM

Śgł

OPINIA

w związku z postępowaniem o nadanie tytułu i godności

doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej

prof. dr hab. inż. Stanisławowi LEGUTKO

Podstawa prawna: uchwała Senatu Politechniki Lubelskiej

nr 33/2025/VI z dnia 26 czerwca 2025 r.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko urodził się 1 kwietnia 1950 roku w Golinie Wielkiej. Od 15.12.1973 r. jest zatrudniony na Politechnice Poznańskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 1980 roku, a stopień doktora habilitowanego w 1995 roku. W 2004 roku Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej nadał Mu tytuł profesora nauk technicznych. Prof. Stanisław Legutko w roku 2008 otrzymał tytuł profesora honorowego Uniwersytetu Technicznego w Cluj-Napoca w Rumunii, a w roku 2024 tytuł doktora honoris causa Politechniki Opolskiej. Pracował również jako doradca naukowo-techniczny oraz menedżer w przemyśle.

Aktywność naukowa Prof. Stanisława Legutko jest ściśle związana z dziedziną nauk inżynieryjno-technicznych, dyscypliną inżynieria mechaniczna (specjalnościami: technologia maszyn, obróbka skrawaniem, eksploatacja maszyn, logistyka przedsiębiorstwa) i w najważniejszych aspektach obejmuje:

- konstrukcję, technologię i eksploatację narzędzi skrawających,
- procesy adhezyjnego zużycia narzędzi skrawających,
- technologię i eksploatację narzędzi skrawających dla High Speed Cutting (HSC),
- technologię kół zębatych,
- obróbkę przyjazną środowisku oraz obróbkę precyzyjną,
- wytwarzanie przyrostowe,
- Przemysł 4.0/5.0.

Szczególnie istotne osiągnięcia dotyczą:

- pogłębionego opisu oddziaływań narzędzia skrawającego z materiałem obrabianym,
- klasyfikacji czynników warunkujących adhezyjne zużywanie narzędzi,
- utworzenia podstaw do wyjaśnienia mechanizmu oddziaływań w układzie: narzędzie - materiał obrabiany,
- opisu zużywania adhezyjnego narzędzi skrawających oraz warunków optymalizacji tego zużywania,
- opracowania uogólnionej strategii kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej części maszyn.

Prowadzone badania są podstawą bardzo bogatego dorobku publikacyjnego Profesora. Dorobek ten liczy ponad 600 publikacji, w tym: 70 pozycji autorskich (m. in. 3 książki z technologii i eksploatacji maszyn i 3 podręczniki) oraz ponad 530 współautorskich (m. in. 3 monografie, 3 skrypty). Liczba publikacji indeksowanych w bazie Web of Science wynosi 157, IH jest równy 33, a liczba cytowań przekracza 3000. Z kolei Liczba publikacji indeksowanych w bazie Scopus wynosi 168, IH jest równy 34, a liczba cytowań przekracza 3500. Przytoczone liczby wskazują na bardzo znaczącą rozpoznawalność międzynarodową dorobku, co dodatkowo potwierdza obecność na liście TOP 2% za całokształt aktywności publikacyjnej wg rankingu Uniwersytetu Stanforda w latach 2021, 2022 i 2023. Osiągnięcia publikacyjne uzupełnia autorstwo i współautorstwo ponad 30 wdrożonych rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i organizatorskich wykonanych na Politechnice Poznańskiej oraz ponad 110 w ramach działalności w SIMP, a ponadto opracowanie od roku 2000 ponad 120 opinii o innowacyjności, produktów i procesów dla polskich przedsiębiorstw produkcyjnych.

Prof. Stanisław Legutko był również kierownikiem/wykonawcą w sześciu grantach finansowanych w ramach konkursów krajowych i zagranicznych. Był ponadto wieloletnim koordynatorem programu wymiany międzynarodowej CEEPUS. Uczestniczył jako koordynator lub partner w 7 projektach w ramach tego programu. Jego doświadczenie naukowe znacząco wzmocniły staże realizowane w Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (Holandia) oraz w Universitaet Hannover, Institut fuer Mechanik, Hannover (Niemcy), a także praca na stanowisku profesora wizytującego na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach (Słowacja) oraz na Uniwersytecie JE Purkyne w Usti nad Labem (Czechy). Uzupełnieniem dłuższych pobytów na uczelniach zagranicznych były liczne krótkoterminowe staże naukowe na uniwersytetach technicznych w Austrii, Czechach,

Rumunii, Bułgarii, Moldawii, Serbii, Chorwacji, na Węgrzech, Słowacji, we Francji w latach 1995–2024 w ramach programu ERASMUS+ oraz CEEPUS.

Profesor Stanisław Legutko posiada bardzo istotne osiągnięcia w zakresie rozwoju kadry naukowej. Był promotorem w 9 zakończonych przewodach doktorskich, a obecnie jest promotorem 6 doktorantów. Bardzo często powoływany był na recenzenta w postępowaniach awansowych w kraju i za granicą. Recenzował 66 rozpraw doktorskich w Polsce, w Indiach i na Słowacji oraz 31 wniosków dotyczących dorobku w postępowaniu habilitacyjnym w Polsce i na Słowacji. Sporządził 5 opinii w postępowaniu habilitacyjnym, opiniował ponadto 19 wniosków dotyczących tytułu profesora w Polsce, na Słowacji i w Kanadzie, opracował 1 recenzję dotyczącą tytułu doktora honoris causa.

Działalność Profesora Stanisława Legutko charakteryzują także liczne aktywności o charakterze eksperckim i organizacyjnym. Najistotniejsze z tych aktywności to:

- członek Komitetu Budowy Maszyn PAN – członek z wyboru od 2020 r.,
- ekspert Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych,
- ekspert zespołu Ministerstwa Edukacji i Nauki do spraw doktoratów wdrożeniowych,
- członek zespołu Ministerstwa Rozwoju i Technologii ds. Krajowej Inteligentnej Specjalizacji KIS 11,
- ekspert w słowackiej agencji grantowej APVV,
- członek z wyboru Międzysekcyjnego Zespołu Inżynierii Powierzchni Komitetu Budowy Maszyn PAN,
- członek PAN Oddział w Poznaniu, Komisja Budowy Maszyn, w tym sekretarz Komisji w latach 1996–2006,
- Członek Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Przewodniczący Komisji Budowy Maszyn (1997–2005). Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego Prac Komisji Budowy Maszyn Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (1996–2006). Przewodniczący Wydziału Nauk Technicznych PTPN (2008–2016 r.).

Ważnym elementem w działalności Profesora Stanisława Legutko było także Członkostwo w radach naukowych: Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu oraz Instytutu Obróbki Plastycznej w Poznaniu, a także członkostwo w Radach Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) oraz Uniwersytetu J. E. Purkynie w Usti nad Labem (Czechy). Ponadto Profesor aktywnie działał w Radach Programowych/Naukowych licznych zagranicznych i krajowych czasopism naukowych.

Profesor Stanisław Legutko współpracował i współpracuje z bardzo licznymi ośrodkami naukowymi i akademickimi, w Polsce i za granicą, w zakresie szeroko rozumianej inżynierii mechanicznej. Są to następujące ośrodki: Technical University of Sofia, Slovak University of Technology, Technical University of Kosice, Technical University of Cluj-Napoca, University of Zilina, University of Debrecen, University of Nyiregyhaza, University in Novi Sad, Tomas Bata University in Zlin, Technical University of Ostrava, University of Miskolc, University of Rijeka, SS. Cyril and Methodius University in Skopje, Transilvania University of Brasov, Univeristy of Slavonski Brod, University of Galati, Technical University of Moldova, University of West Bohemia, Belgrade University, Technical University of Varna, Angel Kanchev University of Ruse, Slovak University of Agriculture, University of Misan, University of Minho, Czech Technical University, Manipal University Jaipur, Sumy State University, Indian School of Mines, Najran University, National Skills University (Islamabad), National University of Sciences and Technology (Islamabad), Institute of Technology and Business in České Budejovice, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Opolska, Politechnika Świętokrzyska, Sieć Badawcza Łukasiewicz- Poznański Instytut Technologiczny.

Za wybitne osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne Profesor był wielokrotnie wyróżniany licznymi odznaczeniami, nagrodami i wyróżnieniami. Są to m. in.: Srebrny Krzyż Zasługi, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Złoty medal za długoletnią służbę, Srebrna Honorowa odznaka SIMP, Dwukrotna Nagroda NOT za wybitne osiągnięcia w dziedzinie techniki, Medal 50-lecia Politechniki Rzeszowskiej, Medal 50-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie, Medal 55-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) (2006). Medal Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie z okazji 40-lecia Katedry Obróbki Skrawaniem i Automatyzacji, Medal Wydziału Technologii Wytwarzania w Preszowie Uniwersytetu Technicznego w Koszycach z okazji 15-lecia istnienia Wydziału, Medal 20-lecia Wydziału Technologii Wytwarzania Uniwersytetu Technicznego w Koszycach, Brązowy medal z okazji piętnastolecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania, Uniwersytetu w Usti nad Łabą w Czechach, Medal 60-lecia Uniwersytetu w Żylinie, Słowacja, Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich za Multiplikującą przekładnię hydrostatyczną do Małych Elektrowni Wodnych w ramach wystawy Innowacje – Technologie – Maszyny – Polska Nauka dla Gospodarki, Medal Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, Medal z okazji 65-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie,

Brazowy medal z okazji 10-lecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania Uniwersytetu J. E. Purkynie w Usti nad Labą, Medal Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, „Smok STRATEGORA” za łączenie nauki z biznesem, wielokrotne Nagrody Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej oraz za osiągnięcia dydaktyczne w latach 1974 do 2023.

W ramach bardzo szerokiej aktywności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej Profesora Stanisława Legutko uwidacznia się znacząca współpraca z Politechniką Lubelską. Obejmuje ona liczne publikacje naukowe (20), udział w projektach i ścisłą współpracę z następującymi pracownikami tej uczelni: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski, Prof. dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, Dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni, Dr inż. Magdalena Zawada-Michałowska, Dr inż. Ireneusz Zagórski, Dr inż. Paweł Pieśko, Mgr inż. Michał Leleń, Prof. dr hab. inż. Grzegorz Litak, Prof. dr hab. inż. Anna Rudawska, Dr hab. inż. Jarosław Pytka, prof. uczelni, Dr hab. inż. Arkadiusz Tofil, prof. uczelni, Mgr inż. Ewelina Kosicka.

Profesor Stanisław Legutko opiniował także wniosek o nadanie Prof. Józefowi Kuczmazewskiemu tytułu i godności Doktora Honoris Causa Politechniki Krakowskiej, wniosek Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej o przyznanie uprawnienia do nadawania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Mechanika oraz wniosek Kazimierza Zaleskiego z Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej o nadanie tytułu naukowego profesora. Był ponadto recenzentem 5 doktoratów pracowników Politechniki Lubelskiej: Ireneusza Zagórskiego, Moniki Kulisz, Krzysztofa Ciecieląga, Magdaleny Zawada – Michałowskiej, Elżbiety Doluk oraz recenzentem wydawniczym monografii dra inż. Jerzego Józwika pt. *Experimental methods of error identification and CNC machine tool research*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018. Brał czynny udział w konferencjach organizowanych przez Politechnikę Lubelską:

- 2nd International Scientific Conference Innovative technologies in engineering production ITEP 2017, 4th–6th September 2017, Kazimierz Dolny,
- 4th International Scientific Conference Innovative technologies in engineering production ITEP 2019, 9–11 September 2019, Lublin,
- XIV Szkoła Obróbki Skrawaniem i XLIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej (NŚOS), 15–17.09.2021, Lublin,
- Międzynarodowa Konferencja Metrologiczna „New Trends in Metrology” Edycja 2022, 17–19.10.2022, Lublin

- Międzynarodowa Konferencja Metrologiczna „New Trends in Metrology” Edycja 2024, 16-18.09.2024, Kielce

- Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Postęp w technikach wytwarzania i konstrukcji maszyn” “Advances in techniques of production and machine construction” Nałęczów-Kazimierz Dolny, 2024, 2023, 2021, 2019.

Zaprezentowane w opinii najważniejsze osiągnięcia Kandydata dają pełne podstawy do sformułowania wniosku, że prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko jest wybitnym naukowcem o międzynarodowej renomie, uznanym nauczycielem akademickim oraz niezwykle sprawnym i zaangażowanym organizatorem i kreatorem nauki. Silnie oddziałuje na rozwój nauki w szczególności w zakresie dyscypliny Inżynieria mechaniczna z ukierunkowaniem na specjalności: technologia maszyn, obróbka skrawaniem, eksploatacja maszyn oraz logistyka przedsiębiorstwa. Jego działania charakteryzuje dbałość, aby wyniki badań naukowych były publikowane w czasopiśmie o uznanej, międzynarodowej renomie. Wielki jest także wpływ Kandydata na rozwój kadry naukowej oraz funkcjonowanie wielu instytucji i gremiów naukowych. Taka działalność oddziałuje niezwykle pozytywnie na wiele uczelni. Wśród nich jest także Politechnika Lubelska. Jako dodatkowy bezpośredni Profesora Stanisława Legutko wkład w rozwój tej Uczelni należy wskazać zaangażowanie w proces rozwoju kadry naukowej, udział we wspólnych projektach badawczych oraz współpracę przy organizowaniu konferencji naukowych. Profesor był recenzentem w pięciu przewodach doktorskich, jednym postępowaniu o nadanie tytułu i godności doktora honoris causa i w jednym postępowaniu o nadanie tytułu profesora prowadzonych w Politechnice Lubelskiej. Opiniował także monografię naukową autorstwa pracownika tej Uczelni.

Mogę zatem z pełnym przekonaniem i odpowiedzialnością stwierdzić, że wniosek Politechniki Lubelskiej o nadanie prof. dr hab. inż. Stanisławowi Legutko tytułu i godności doktora honoris causa jest w pełni uzasadniony. Zwracam się zatem do Senatu Politechniki Lubelskiej z prośbą o udzielenie poparcia temu wnioskowi.



Sylwetka prof. dr. hab. inż. Stanisława Legutko





1. Biografia naukowa

Profesor Stanisław Legutko pracuje na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej. Wcześniej pracował również jako doradca naukowo-techniczny oraz menedżer w przemyśle. Jego główne zainteresowania badawcze to: technologia i eksploatacja narzędzi skrawających, technologia kół zębatych, utrzymanie ruchu maszyn oraz logistyka przemysłowa. Najważniejsze badania dotyczą adhezyjnego zużycia narzędzi skrawających. W ostatnim okresie jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół problemów eksploatacji i technologii narzędzi skrawających dla High Speed Cutting (HSC), obróbki przyjaznej środowisku, obróbki precyzyjnej, wytwarzania przyrostowego, Przemysłu 4.0. Jest autorem lub współautorem ponad 600 opublikowanych prac naukowych. Indeks H – 35 wg WOS, liczba cytowań ponad 3500. Był promotorem 13 rozpraw doktorskich. Obecnie jest promotorem 1 doktoranta. Jest zaangażowany w ścisłą współpracę naukową z wieloma uczelniami europejskimi w ramach programu CEEPUS i ERASMUS+. Jest bardzo aktywny jako uczestnik wielu międzynarodowych konferencji. Prof. S. Legutko jest również członkiem rad naukowych oraz recenzentem w wielu czasopismach naukowych. Pracował jako profesor wizytujący na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach (Słowacja) oraz na Uniwersytecie JE Purkyne w Usti nad Labem (Czechy). Jest członkiem Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk. W ramach swojej współpracy z ośrodkami zagranicznymi jest członkiem Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) oraz był członkiem Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu JE Purkyne w Usti nad Labem (Czechy).

Dyscyplina naukowa

- inżynieria mechaniczna

Specjalności

- technologia maszyn
- obróbka skrawaniem
- eksploatacja maszyn
- logistyka przedsiębiorstwa

Zatrudnienie w Politechnice Poznańskiej

- od 15.12.1973 r.

Stopnie i tytuły naukowe

- 1980 r. – doktor nauk technicznych
- 1995 r. – doktor habilitowany nauk technicznych
- 2004 r. – profesor tytularny nauk technicznych
- 2008 r. – profesor honoris causa Uniwersytetu Technicznego w Cluj-Napoca w Rumunii
- 2024 r. – doktor honoris causa Politechniki Opolskiej
- 2026 r. – doktor honoris causa Słowackiego Uniwersytetu Technicznego w Bratysławie

Tematyka badań

- obróbka skrawaniem, technologia uzębień, konstrukcja, technologia i eksploatacja narzędzi skrawających (w tym aplikacja techniki cienkich warstw), technologia i eksploatacja warstwy wierzchniej części maszyn i narzędzi skrawających, projektowanie procesów technologicznych części maszyn, komputerowe wspomaganie projektowania procesów technologicznych; oprzyrządowanie technologiczne, eksploatacja maszyn, nanotechnologia; *rapid prototyping*, *rapid tooling* i *rapid manufacturing*, nagniatanie, logistyka – w szczególności logistyka przedsiębiorstw produkcyjnych. Najważniejsze badania dotyczą adhezyjnego zużycia narzędzi skrawających. W ostatnim okresie jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół problemów eksploatacji i technologii narzędzi skrawających dla High Speed Cutting (HSC), obróbki przyjaznej środowisku, obróbki precyzyjnej, wytwarzania przyrostowego, utrzymania ruchu maszyn, Przemysłu 5.0.

Doświadczenie naukowe

- miesięczny staż w Noordelijke Hogeschool Leeuwarden (Holandia), 1996
- miesięczny staż w Universitaet Hannover, Institut für Mechanik, Hannover (Niemcy), 1999
- *visiting professor* na Uniwersytecie Technicznym w Koszycach (Słowacja), 2008–2009
- *visiting professor* na Uniwersytecie JE Purkyne w Usti nad Labem (Czechy), jeden semestr 2012
- liczne krótkoterminowe staże naukowe na uniwersytetach technicznych w Austrii, Czechach, Rumunii, Bułgarii, Mołdawii, Serbii, Chorwacji, na Węgrzech, Słowacji, we Francji w latach 1995–2024 w ramach programu ERASMUS+ oraz CEEPUS

Liczba wypromowanych doktorów

- 13 doktorów

Liczba otwartych przewodów doktorskich

- 1 przewód doktorski

Liczba prowadzonych prac inżynierskich i magisterskich

- ponad 750

Liczba publikacji

- ponad 600, w tym: 70 pozycji autorskich (m.in. 3 książki z technologii i eksploatacji maszyn, 3 podręczniki), ponad 530 współautorskich (w tym 3 monografie, 3 skrypty)

Liczba publikacji na Web of Science

- 164; H index – 35, cytowania – ponad 3500

Liczba publikacji według Scopus

- 176, H index – 36, cytowania – ponad 4000

Lista TOP 2% za całokształt aktywności publikacyjnej według rankingu Uniwersytetu Stanforda

- w roku 2021, 2022, 2023 i 2024

Najważniejsze osiągnięcia

- Autor i współautor ponad 30 wdrożonych rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i organizatorskich wykonanych na Politechnice Poznańskiej oraz ponad 110 w ramach działalności w SIMP.
- Opracowanie od roku 2000 ponad 120 opinii o innowacyjności produktów i procesów dla polskich przedsiębiorstw produkcyjnych.
- Osiągnięcia naukowe były prezentowane na licznych konferencjach międzynarodowych i krajowych (w tym wystąpienia typu „invited”). Brał czynny udział w ponad 190 konferencjach krajowych i zagranicznych.
- Dokonał pogłębionego opisu oddziaływań narzędzia skrawającego z materiałem obrabianym, sklasyfikował czynniki warunkujące adhezyjne zużywanie narzędzi i zbudował podstawy do wyjaśnienia mechanizmu oddziaływań w układzie: narzędzie – materiał obrabiany.

- W ramach pracy habilitacyjnej opisał zużywanie adhezyjne narzędzi skrawających (model idealizacyjny) oraz warunki optymalizacji tego zużywania (model optymalizacyjny).
- Opracował wspólnie z prof. K. Wieczorowskim uogólnioną strategię kształtowania technologicznej warstwy wierzchniej części maszyn.
- **Recenzent 70 rozpraw doktorskich w Polsce, w Indiach i na Słowacji, recenzent 34 wniosków dotyczących dorobku w postępowaniu habilitacyjnym w Polsce i na Słowacji, 5 opinii w postępowaniu habilitacyjnym; opiniował ponadto 21 wniosków dotyczących tytułu profesora w Polsce, na Słowacji i w Kanadzie, opracował 1 recenzję dotyczącą tytułu doktora honoris causa. Recenzuje rocznie około 40–50 artykułów naukowych dla różnych czasopism.**
- Wieloletni koordynator programu wymiany międzynarodowej CEEPUS.
- Kierownik i wykonawca kilku grantów KBN i NCBiR:
 - Grant europejski: IRMA – Inter-countries Research for Manufacturing Advancement, 135764-LLP-2007-SK-KA1SCR, 2008–2009, **partner**,
 - Grant badawczy: Technologia obróbki wykończeniowej uzębień o utwardzonych powierzchniach nośnych na frezarkach CNC z zastosowaniem narzędzi z ostrzami ceramicznymi, KBN 22-1093T02/07/33, 2007–2010, **główny wykonawca**,
 - Grant celowy: Wdrożenie zautomatyzowanej technologii kucia korpusu wodomierza, 6 ZR7 2009 C/07287, 2010–2012, **kierownik**,
 - Grant badawczy: Technologia obróbki rowków pod pierścienie w tłokach silników samochodowych, INNOTECH-K3/IN3/47/226668/NCBR/14, 2014, **wykonawca**,
 - Grant: Stworzenie rodziny wozów asenizacyjnych, aplikatorów i dozowników przeznaczonych dla rolnictwa precyzyjnego, beneficjent: Zakład Badawczo-Rozwojowy Agro Sp. z o.o., ul. Gostyńska 71, 64-000 Kościan, POIR.01.01.01-00-0589/15, 2018, **konsultant**,
 - Grant badawczy: Innovative and additive manufacturing technology – new technological solutions for 3D printing of metals and composite materials, beneficjent: Uniwersytet Techniczny w Ostrawie, Czechy, no. CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008407 financed by Structural and Investment Funds of Europe Union, 2019–2022, **senior researcher**.

Inne informacje

- Członek Komitetu Budowy Maszyn PAN – członek z wyboru od 2020 r.
- Ekspert Komisji Akredytacyjnej Uczelni Technicznych.

- Ekspert zespołu Ministerstwa Edukacji i Nauki do spraw doktoratów wdrożeniowych.
- Członek zespołu Ministerstwa Rozwoju i Technologii ds. Krajowej Inteligentnej Specjalizacji KIS 11.
- Ekspert w słowackiej agencji grantowej APVV.
- Międzysekcyjny Zespół Inżynierii Powierzchni Komitetu Budowy Maszyn PAN – członek z wyboru od 2007 r.
- Członek PAN Oddział w Poznaniu, Komisja Budowy Maszyn, w tym sekretarz Komisji w latach 1996–2006.
- Członek Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Przewodniczący Komisji Budowy Maszyn (1997–2005). Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego Prac Komisji Budowy Maszyn Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (1996–2006). Przewodniczący Wydziału Nauk Technicznych PTPN (2008–2016).
- Opiekun specjalności „Logistyka Przedsiębiorstwa” na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
- Kierownik Pracowni Projektowania Procesów Technologicznych oraz Pracowni Technologii Uzębień Zakładu Projektowania Technologii Instytutu Technologii Mechanicznej.
- Członek komitetów organizacyjnych i naukowych ponad 200 konferencji.
- Członek Sekcji Obrabiarek i Narzędzi przy OW SIMP w Lesznie (1981–1991).
- Członek Rady Naukowej Centrum Postępu Technicznego SIMP w Rydzyńcu (1984–1990), następnie jej przewodniczący (1990–1993).
- **Członkostwo w radach naukowych: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu** – były członek Rady Naukowej; **Instytut Obróbki Plastycznej w Poznaniu** – były członek Rady Naukowej oraz jej przewodniczący; **Uniwersytet Techniczny w Ostrawie (Czechy)** – członek Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej – aktualnie; **Uniwersytet J.E. Purkyně w Usti nad Labem (Czechy)** – były członek Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej; były członek Rady Programowej czasopisma **Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji** wydawanego przez Komisję Budowy Maszyn PAN oddział w Poznaniu; członek Rady Naukowej czasopisma **Manufacturing and Industrial Engineering**, Presov, Słowacja (od 2001 r.); Członek Advisory Board czasopisma **Manufacturing Technology Journal**, Usti nad Labem, Czechy (od 2012 r.); Członek Rady Redakcyjnej **Proceedings in Manufacturing Systems**, Bucharest, Rumunia (od 2008 r.); Członek Rady Redakcyjnej czasopisma **Journal of**

Production Engineering, Novi Sad, Serbia (od 2011 r.); Członek Rady Programowej czasopisma **Machine Design**, Novi Sad, Serbia (od 2011 r.); członek Rady Naukowej WEB Journal **CA Systems in Production Process Planning**, Zilina (Słowacja), członek Rady Naukowej czasopisma **Engineering Review**, Rijeka, Chorwacja (od 2008 r.); członek Międzynarodowego Komitetu Naukowego czasopisma **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara – Journal of Engineering**, Hunedoara, Rumunia (od 2009 r.); członek Rady Redakcyjnej czasopisma **Research Papers of Faculty of Materials Science and Technology**, Slovak University of Technology, Trnava, Słowacja (od 2009 r.); członek Komitetu Wydawniczego czasopisma **Technological Engineering**, University of Zilina Słowacja (od 2009 r.), przewodniczący Rady Programowej poradnika **Kontrola Maszyn i Urządzeń**, Wydawnictwo FORUM Poznań, od 2007 r.; członek Rady Naukowej i Rady Recenzentów czasopisma **Archiwum Inżynierii Produkcji** – od 2013 r.; członek Editorial Board **Journal of Mechanical Engineering – Strojnický časopis**, Bratysława, Słowacja; członek Editorial Advisory Board czasopisma **Management and Production Engineering Review**, Polska Akademia Nauk, Warszawa, Polska - od 2016r.; członek Rady Redakcyjnej – Editorial Manager czasopisma **Scientia Agroculture Bohemica**, Czechy – od 2014 r.

- Pełnomocnik dziekana WBM ds. praktyk studenckich (1986–1997). Przedstawiciel asystentów i adiunktów w Radzie WBM (dwie kadencje).
- Koordynator programu międzynarodowego CEEPUS PL-0033 (od 2005 r.); partner w wielu programach międzynarodowych CEEPUS – od 1995 roku:
 - CIII-PL-0033-19-2425 „Development of mechanical engineering (design, technology and production management) as an essential base for progress in the area of small and medium companies’ logistics – research, preparation and implementation of joint programs of study in the context of Industry 4.0” – **koordynator projektu**,
 - CIII-RO-0013-18-2425 „Teaching and Research of Environment-oriented Technologies in Manufacturing” (Rumunia) – **partner**,
 - CIII-SK-0030-17-2324 „From preparation to development, implementation and utilization of joint programs in study area of production engineering – contribution to higher flexibility and mobility of students in Central European region”, (Słowacja) – **partner**,
 - CIII-RO-0202-17-2425 „Implementation and utilization of elearning systems in study area of production engineering in Central European Region” (Rumunia) – **partner**,

- CIII-HR-0108-16-2324 „Concurrent Product and Technology Development – Teaching, Research and Implementation of Joint Programs Oriented in Production and Industrial Engineering” (Chorwacja) – **partner**,
- CIII-RO-0058-15-2425 „Design, implementation and use of joint programs regarding quality in manufacturing engineering” (Rumunia) – **partner**,
- CIII-CZ-0201-16-2324 „Knowledge Bridge for Students and Teachers in Manufacturing Technologies” (Czechy) – **partner**.

Współpraca w ramach programu CEEPUS – naukowa i dydaktyczna

- Technical University of Sofia, Faculty of Industrial Technology, Sofia, **Bulgaria**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Grigor STAMBOLOV.
- Slovak University of Technology, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, Trnava, **Slovak Republic**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Radovan HOLUBEK.
- Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies in Presov, Presov, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Michal HATALA.
- Technical University of Cluj-Napoca, Department of Engineering and Technologic Management, Baia Mare, **Romania**, Prof. PhD. Eng. Nicolae UNGUREANU.
- University of Zilina, Department of Machining and Automation, Zilina, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Ivan ZAJACKO.
- University of Debrecen, Faculty of Technical Engineering, Debrecen, **Hungary**, Prof. PhD. Eng. Zsolt TIBA.
- Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management, Department of Manufacturing Engineering, Cluj-Napoca, **Romania**, Prof. PhD. Eng. Marian BORZAN.
- University of Nyiregyhaza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Nyiregyhaza, **Hungary**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Zoltan KOVACS.
- University in Novi Sad, Faculty of Technical Science, Novi Sad, **Serbia**, Prof. PhD. Eng. Milan RACKOV.
- Tomas Bata University in Zlin, Faculty of Technology, Zlin, **Czech Republic**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Sona RUSNAKOVA.
- Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Bratislava, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Marcela POKUSOVA.

- Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Ostrava, **Czech Republic**, Prof. PhD. Eng. Mgr Jana PETRU.
- University of Miskolc, Faculty of Mechanical Engineering and Informatics, Institute of Logistics, Miskolc, **Hungary**, DSc. PhD. Eng. Peter TELEK.
- University of Rijeka, Faculty of Engineering, Rijeka, **Croatia**, D.Sc. Eng. Sandro DOBOVICEK.
- SS. Cyril and Methodius University in Skopje, **Macedonia**, Faculty of Mechanical Engineering, Prof. PhD. Eng. Jasmina CALOSKA.
- Transilvania University of Brasov, **Romania**, Precision Mechanics and Mechatronics Department, Mechanical Engineering Faculty, Prof. PhD. Eng. Luciana CRISTEA.
- University of Slavonski Brod, Mechanical Engineering Faculty, Slavonski Brod, **Croatia**, Prof. DSc. PhD. Eng. Dražan KOZAK.
- „Dunarea de Jos” University of Galati, Faculty of Engineering, **Romania**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Nicusor BAROIU.
- Technical University of Moldova, Chisinau, **Moldova**, Department Theory of Mechanisms and Parts of Machine, Prof. DSc. PhD. Eng. Valeriu DULGHERU.
- Lublin University of Technology, Mechanical Engineering Faculty, **Poland**, Assoc. Prof. DSc. PhD. Eng. Jerzy JÓZWIK.
- University of West Bohemia, Faculty of Mechanical Engineering, Pilsen, **Czech Republic**, Assoc. Prof. PhD. MSc. Eng. Martin MELICHAR.
- Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management, Department of Manufacturing Engineering, Cluj-Napoca, **Romania**, Prof. PhD. MSc. Eng. Sorin – Dumitru GROZAV.
- Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, **Serbia**, Assoc. Prof. PhD. Eng. Zarko MISKOVIC.
- Warsaw University of Technology, Faculty of Production Engineering, Warsaw, **Poland**, Prof. DSc. PhD. Eng. Rafal SWIERCZ.
- Institute of Technology and Business (VŠTE) in České Budejovice, **Czech Republic**, Assoc. Prof. PhD, Eng. Marta HARNICAROVA.
- Opole University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Opole, **Poland**, Prof. DSc. PhD. MSc. Grzegorz KROLCZYK.
- Technical University of Varna, Faculty of Mechanical Engineering and Technologies, Varna, **Bulgaria**, Prof. Dr Eng. Diyan DIMITROV.
- Angel Kanchev University of Ruse, Department of Thermotechnics, Hydro- and Pneumotechnics, Ruse, **Bulgaria**, Assoc. Prof. Dr Eng. Boris KOSTOV.

- Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Nitra, **Slovak Republic**, Assoc. Prof. Dr Eng. Milan KADNAR.
- University of East Sarajevo, Faculty of Mechanical Engineering, Sarajevo, **Bosnia and Herzegovina**, Assoc. Prof. Dr Eng. Miroslav MILUTINOVIC.

Współpraca naukowo-badawcza – najważniejsi partnerzy

- Department of Machine Design and Machining, Kielce University of Technology, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25–314 Kielce, **Poland**, dr hab. inż. Edward MIKO.
- University of Misan, Engineering College, Petroleum Engineering Department, **Iraq**, PhD Eng. Jasim H. AL-BEDHANY, PhD Eng. Tahseen Ali MANKHI.
- MEtRCs Research Center, Campus of Azurém, University of Minho, 4800-058 Guimarães, **Portugal**, Prof. PhD Eng. Jose MACHADO.
- Czech Technical University in Prague, Technická, 1902/4 Prague 6 16000, Prague, **Czech Republic**, PhD Eng. Jan KUDLACEK.
- Center of Agricultural and Food Technology, Łukasiewicz Research Network, Poznan Institute of Technology, 61–755 Poznan, **Poland**, MSc Eng. Michał ZAWADA, MSc Eng. Michał SZAROLETA, MSc Eng. Sebastian SOBOCKI, MSc Eng. Sebastian SZYMCHYK.
- Łukasiewicz Research Network – Poznań Institute of Technology, 6 Ewarysta Estkowskiego St., 61–755 Poznan, **Poland**, Prof. DSc PhD MSc Eng. Dariusz GARBIEC.
- Department of Mechanical Engineering, Manipal University Jaipur, Jaipur, Rajasthan, Pin-303007, **India**, PhD Eng. Saurabh DEWANGAN.
- Faculty of Electronics and Information Technologies, Department of Computer Science, Sumy State University, Rymkivsky-Korsakov, 2, 44007 Sumy, **Ukraine**, Prof. PhD Eng. Volodymyr NAHORNYI.
- Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Nitra, **Slovak Republic**, Prof. PhD Eng. Zuzana PALKOVA.
- Department of Mechanical Engineering, Indian School of Mines, Dhanbad 826004, **India**, Prof. PhD Eng. Somnath CHATTOPADHYAYA.
- Electrical Engineering Department, College of Engineering, Najran University, Najran 61441, **Saudi Arabia**, PhD Eng. Muhammad IRFAN.
- Department of Mechanical Engineering Technology, National Skills University, Islamabad 44000, **Pakistan**, PhD Eng. Usama Muhammad NIAZI.

- School of Mechanical & Manufacturing Engineering, National University of Sciences and Technology (NUST), H-12, Islamabad 44000, **Pakistan**, PhD Eng. Sadaqat ALI.
- Technical University of Kosice, Faculty of Manufacturing Technologies in Presov, Presov, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Michal HATALA, Assoc. Prof. PhD Eng. Anton PANDA.
- Technical University of Cluj-Napoca, Department of Engineering and Technologic Management, Baia Mare, **Romania**, Prof. PhD. Eng. Nicolae UNGUREANU.
- University of Zilina, Department of Machining and Automation, Zilina, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Ivan ZAJACKO.
- Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management, Department of Manufacturing Engineering, Cluj-Napoca, **Romania**, Prof. PhD. Eng. Marian BORZAN, Prof. PhD. Eng. Petru BERCE, Assoc. Prof. PhD Eng. Razvan PACURAR, Assoc. Prof. PhD Eng. Cosmin COSMA, Assoc. Prof. PhD Eng. Ancuta PACURAR.
- Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Bratislava, **Slovak Republic**, Prof. PhD. Eng. Marcela POKUSOVA.
- Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Ostrava, **Czech Republic**, Prof. PhD. Eng. Mgr Jana PETRU, Prof. PhD. Eng. Robert CEP, Assoc. Prof. PhD Eng. Marek PAGAC.
- Lublin University of Technology, Mechanical Engineering Faculty, **Poland**, Prof. DSc. PhD. Eng. Józef KUCZMASZEWSKI, Assoc. Prof. DSc. PhD. Eng. Jerzy JÓZWIK, PhD Eng. Magdalena ZAWADA-MICHAŁOWSKA.
- Institute of Technology and Business (VŠTE) in České Budejovice, **Czech Republic**, Assoc. Prof. PhD, Eng. Marta HARNICAROVA, Prof. PhD, Eng. Jan VALICEK.
- Opole University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Opole, **Poland**, Prof. DSc. PhD. MSc. Grzegorz KROL CZYK, Prof. DSc. PhD. MSc. Maksymilian GAJEK.
- Angel Kanchev University of Ruse, Department of Thermotechnics, Hydro- and Pneumotechnics, Ruse, **Bulgaria**, Assoc. Prof. Dr Eng. Boris KOSTOV, Prof. PhD Eng. Gencho POPOV.

Nagrody i wyróżnienia

- Srebrna Honorowa Odznaka SIMP (1985).
- Dwukrotna Nagroda NOT za wybitne osiągnięcia w dziedzinie techniki.

- Wielokrotne Nagrody Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia w pracy naukowo-badawczej oraz za osiągnięcia dydaktyczne w latach 1974–2000.
- **Srebrny Krzyż Zasługi** (1999).
- Medal 50-lecia Politechniki Rzeszowskiej (2003).
- Medal 50-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie (2003).
- **Medal Komisji Edukacji Narodowej** (2004).
- Dyplom Uznania miasta Baia Mare w Rumunii za promowanie współpracy między uniwersytetami (2004).
- Medal 55-lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) (2006).
- Medal Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu w Żylinie z okazji 40lecia Katedry Obróbki Skrawaniem i Automatyzacji, Żylinia (Słowacja) 2007.
- Medal Wydziału Technologii Wytwarzania w Preszowie Uniwersytetu Technicznego w Koszycach z okazji 15lecia istnienia Wydziału, Preszow (Słowacja) 2007.
- **Tytuł Honorowego Profesora Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Cluj-Napoca (Rumunia) 2008.**
- **Złoty medal za długoletnią służbę**, Politechnika Poznańska, 2012.
- Medal 20lecia Wydziału Technologii Wytwarzania Uniwersytetu Technicznego w Koszycach, Słowacja, 2012.
- Brązowy medal z okazji piętnastolecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania, Uniwersytetu w Usti nad Łabą w Czechach, 2013.
- Medal 60lecia Uniwersytetu w Żylinie, Słowacja, 2013.
- Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich za Multiplikującą przekładnię hydrostatyczną do Małych Elektrowni Wodnych w ramach wystawy Innowacje – Technologie – Maszyny – Polska Nauka dla Gospodarki, Poznań 2014.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2015.
- Medal Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej za szczególne zasługi dla rozwoju budownictwa, Częstochowa 2015.
- Medal z okazji 65lecia Wydziału Budowy Maszyn Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy) za wieloletnią owocną współpracę w zakresie realizacji projektów naukowych i dydaktycznych, Ostrawa (Czechy), 2015.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2016.
- Brązowy medal z okazji 10-lecia Wydziału Technologii Wytwarzania i Zarządzania Uniwersytetu J. E. Purkynie w Usti nad Łabą (Czechy) za

wieloletnią owocną współpracę w zakresie nauczania i badań, Usti nad Łabą (Czechy), 2016.

- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2017.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2018.
- Medal Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, 2019; „Smok STRATEGORA” za łączenie nauki z biznesem, 2019.
- Podziękowanie Ministerstwa Elektryczności Republiki Iraku za opiekę nad doktorantem Tahseen Ali Mankhi, 2019.
- List gratulacyjny w podziękowaniu za długoletnią współpracę z okazji 55lecia Katedry Obróbki Skrawaniem, Montażu i Metrologii Inżynierskiej Wydziału Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Technicznego w Ostrawie (Czechy), 2019.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2019.
- Nagroda rektora PP za całokształt działalności, Poznań 2020.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2021.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2022.
- Nagroda rektora PP za osiągnięcia naukowe, Poznań 2023.

2. Wykaz obszarów współpracy z pracownikami uczelni Politechniki Lubelskiej

Opinia dotycząca nadania tytułu doktora honoris causa

1. Opinia nr 1/dr hc/SL o dorobku naukowym, osiągnięciach i zasługach prof. dra hab. inż. Józefa Kuczmazewskiego kandydata do tytułu i godności Doktora Honoris Causa Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, 2022.

Wspólne publikacje

- [1] Joanna Michałowska, Arkadiusz Tofil, Jerzy Józwik, Jarosław Pytka, **Stanisław Legutko**, Zbigniew Siemiątkowski, Andrzej Łukaszewicz, „Monitoring the Risk of the Electric Component Imposed on a Pilot During Light Aircraft Operations in a High-Frequency Electromagnetic Field”, *Sensors* 2019, 19, (24), 5537. <https://doi.org/10.3390/s19245537>.
- [2] Jerzy Józwik, **Stanisław Legutko**, Jarosław Pytka, Joanna Michałowska, „Measurement and Analysis of Vibration in the Milling Process of Sintered Carbide Workpiece”. [W:] 2019 IEEE 5th International Workshop on Metrology for AeroSpace, (MetroAeroSpace), conference paper, June 22–24, proceedings 2019, s. 376–380, Torino, Italy.
- [3] Jerzy Józwik, **Stanisław Legutko**, Jarosław Pytka, Arkadiusz Tofil, „Surface Morphology Analysis After Sintered Carbon Milling Process”, 2019 IEEE 5th International Workshop on Metrology for AeroSpace, (MetroAeroSpace), conference paper, June 22–24, 2019, proceedings 2019, s. 381–386, Torino, Italy.
- [4] Magdalena Zawada-Michałowska, Józef Kuczmazewski, **Stanisław Legutko**, Paweł Pieško, „Techniques for Thin-Walled Element Milling with Respect to Minimising Post-Machining Deformations”, *Materials* 2020, 13(21), 4723, <https://doi.org/10.3390/ma13214723> (**140 pkt.**).
- [5] Magdalena Zawada-Michałowska, Jerzy Józwik, **Stanisław Legutko**, Dariusz Mika, Paweł Pieško, Jarosław Pytka, „Cutting Force during Surface Layer Milling of Selected Aluminium Alloys”, *Materials* 2020, 13(24), 5725, <https://doi.org/10.3390/ma13245725> (**140 pkt.**).

- [6] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, Jerzy Jóźwik, **Stanisław Legutko**, Dariusz Mika, Jarosław Pytka, „Uncertainty Estimation of Measuring Circuit During Cutting Forces Measurement Using the Piezoelectric Dynamometer”. [W:] 7th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace) IEEE 2020: proceedings 2020, 441–445, <https://doi.org/10.1109/MetroAeroSpace48742.2020.9160289> (**20 pkt.**).
- [7] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, Jerzy Jóźwik, **Stanisław Legutko**, Leon Kukiełka, „A Comparison of the Geometrical Accuracy of Thin-Walled Elements Made of Different Aluminum Alloys”, *Materials* 2021, 14, no. 23, 7242, <https://doi.org/10.3390/ma14237242> (**140 pkt.**).
- [8] Muhammad Qamar, Ghulam Abbas, Muhammad Afzaal, Muhammad Y. Naz, Abdul Ghuffar, Muhammad Irfan, **Stanisław Legutko**, Jerzy Jozwik, Magdalena Zawada-Michalowska, Abdalnour A.J. Ghanim, Saifur Rahman, Usama M. Niazi, Mohammed Jalalah, Fahad S. Alkahtani, Mohammad K.A. Khan, and Ewelina Kosicka, „Gold Nanorods for Doxorubicin Delivery: Numerical Analysis of Electric Field Enhancement, Optical Properties and Drug Loading/Releasing Efficiency”, *Materials* 2022, 15, no. 5, 1764. <https://doi.org/10.3390/ma15051764> (**140 pkt., IF 3,623**).
- [9] Jerzy Jóźwik, Magdalena Zawada-Michałowska, Grzegorz Budzik, **Stanisław Legutko**, Maciej Kupczyk, „Microbiological Analysis of Coolant Used in Machining”, *Advances in Science and Technology Research Journal* 2023, 17(2), 206–214, <https://doi.org/10.12913/22998624/157421> (**100 pkt., IF 1,1**).
- [10] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, **Stanisław Legutko**, „Effect of the Cutting Tool on the Quality of the Composite Element”, *Manufacturing Technology* 2023, Vol. 23, No. 6, 870–879, <https://doi.org/10.21062/mft.2023.107> (**70 pkt., IF 0,9**).
- [11] Shailesh Kumar Singh, Somnath Chattopadhyaya, Alokesh Pramanik, Sanjeev Kumar, Animesh K. Basak, Shailesh M. Pandey, Qasim Murtaza, **Stanisław Legutko**, Grzegorz Litak, „Tribological Properties of Chromium Nitride on the Cylinder Liner under the Influence of High Temperature”, *Materials* 2020, vol. 13, nr 20, 1–15 (**140 pkt.**).
- [12] Eugene Feldshtein, Jerzy Jóźwik, **Stanisław Legutko**, „The influence of the conditions of emulsion mist formation on the surface roughness of AISI 1045 steel after finish turning”, *Advances in Science and Technology Research Journal* 2016, vol. 10, nr 30, s. 144–149 (**100 pkt.**).
- [13] Jerzy Jóźwik, Magdalena Zawada-Michałowska, Grzegorz Budzik, **Stanisław Legutko**, „Analiza mikrobiologiczna chłodziwa stosowanego

- w obróbce skrawaniem”. [W]: XIV Szkoła Obróbki Skrawaniem; XLIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. Badania, modelowanie i symulacja procesów obróbki skrawaniem, ściernej i erozyjnej: Streszczenia. 2021, s. 42–42.
- [14] Jerzy Józwik, **Stanisław Legutko**, Jarosław Pytka, Joanna Michałowska. „Measurement and Analysis of Vibration in the Milling Process of Sintered Carbide Workpiece”. [W]: 5th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace) – IEEE 2019: Proceedings IEEE, 2019, s. 376–380 (**20 pkt.**).
- [15] Jerzy Józwik, Magdalena Zawada-Michałowska, Grzegorz Budzik, **Stanisław Legutko**, Maciej Jan Kupczyk, „Mikrobiologiczna analiza chłodziw stosowanych w obróbce skrawaniem”. [W]: Zaawansowane techniki wytwarzania i ich zastosowania w inżynierii produkcji: Synergia nauki i przemysłu Wyzwania XXI wieku, Nauka–Przemysł–Biznes: Streszczenia, 2022, s. 161–163.
- [16] Jerzy Józwik, Jarosław Pytka, **Stanisław Legutko**, Arkadiusz Tofil, „Surface Morphology Analysis After Sintered Carbon Milling Process”. [W]: 5th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace) – IEEE 2019: Proceedings IEEE, 2019, s. 381–386 (**20 pkt.**).
- [17] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, Jerzy Józwik, **Stanisław Legutko**, Dariusz Mika, Jarosław Pytka, „Uncertainty Estimation of Measuring Circuit During Cutting Forces Measurement Using the Piezoelectric Dynamometer”. [W]: 7th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace) – IEEE 2020: Proceedings IEEE, 2020, s. 441–445 (**20 pkt.**).
- [18] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, Grażyna Mrówka-Nowotnik, Andrzej Nowotnik, **Stanisław Legutko**, „Effect of the Technological Parameters of Milling on Residual Stress in the Surface Layer of Thin-Walled Plates”, *Materials* 2024, 17, no. 5, 1193, <https://doi.org/10.3390/ma17051193> (**140 pkt., IF 3,4**).
- [19] Ireneusz Zagórski, Piotr Zgórniak, Witold Habrat, José Machado, and **Stanisław Legutko**, „Methodology of Chip Temperature Measurement and Safety Machining Assessment in Dry Rough Milling of Magnesium Alloys Using Different Helix Angle Tools”, *Materials* 2024, 17, no. 9, 2023, <https://doi.org/10.3390/ma17092063> (**140 pkt., IF 3,4**).
- [20] Kamil Anasiewicz, Jerzy Józwik, Michał Lelęć, Paweł Pieśko, **Stanisław Legutko**, Janusz Tomczak, Zbigniew Pater, Tomasz Bulzak, „Identification of Internal Defects in Forged Shafts by Measurement of Residual

Stresses Using X-Ray Method”, Manufacturing Technology 2024, Vol. 24, no. 5, <https://doi.org/10.21062/mft.2024.086> (**70 pkt., IF 0,9**).

Profesor Stanisław Legutko wielokrotnie **promował, recenzował i publikował** w czasopiśmie **wydawanych w Politechnice Lubelskiej**, tj.:

1. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability.
2. Advances in Science and Technology Research Journal (ASTRJ).
3. Applied Computer Science (ACS).

Opinia dotycząca dyscypliny naukowej Inżynieria mechaniczna

1. Recenzja (*nr 1/upr. hab./SL*) wniosku Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej o przyznanie uprawnienia do nadawania stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej Mechanika, 2016.

Program CEEPUS

Partnerstwo Politechniki Lubelskiej w sieci CEEPUS CIII-PL-0033-18-2324

- [1] Profesor Stanisław Legutko jest koordynatorem projektu CEEPUS CIII-PL-0033-18-2324 „Development of mechanical engineering (design, technology and production management) as an essential base for progress in the area of small and medium companies’ logistics – research, preparation and implementation of joint programs of study in the aspect of Industry 4.0” – **dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni, jest partnerem projektu.**

Recenzje doktoratów

1. Recenzja nr 24/dr/SL rozprawy doktorskiej **mgra inż. Ireneusza Zagórskiego** pt. „Wpływ warunków technologicznych na efektywność i bezpieczeństwo frezowania stopów magnezu”, 2015 promotor prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski.
2. Recenzja nr 33/dr/SL rozprawy doktorskiej **mgr inż. Moniki Kulisz** pt. „Korekcja toru narzędzia skrawającego na obrabiarkach sterowanych numerycznie”, 2016, promotor prof. dr hab. inż. Jerzy Lipski.
3. Recenzja nr 42/dr/SL rozprawy doktorskiej **mgra inż. Krzysztofa Ciecielaga** pt. „Wpływ warunków frezowania na strukturę geometryczną powierzchni wybranych kompozytów polimerowych”, 2019 promotor dr hab. inż. Kazimierz Zalewski prof. nadzw.
4. Recenzja nr 45/dr/SL rozprawy doktorskiej **mgr inż. Magdaleny Zawady-Michałowskiej** pt. „Odształcenia elementów cienkościennych po frezowaniu”, 2020, promotor prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski.

5. Recenzja nr 47/dr/SL rozprawy doktorskiej **mgr inż. Elżbiety Doluk** pt. „Frezowanie konstrukcji przekładkowej stop aluminium – kompozyt epoksydowo-węglowy”, 2021, promotor dr hab. inż. Anna Rudawska, profesor uczelni.

Recenzje w postępowaniu o nadanie tytułu naukowego profesora

1. Recenzja nr 9/prof./SL dorobku naukowo-badawczego, opieki naukowej i kształcenia młodej kadry, dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzującego naukę i współpracy międzynarodowej dra hab. inż. Kazimierza Zaleskiego z Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej w związku z wnioskiem o nadanie Mu tytułu naukowego profesora, 2019.

Czynny udział w konferencjach organizowanych przez Politechnikę Lubelską

1. 2nd International Scientific Conference Innovative technologies in engineering production ITEP 2017, 4–6 September 2017, Kazimierz Dolny, Poland, member of the Scientific Committee, wygłoszenie referatu plenarnego, przewodniczenie sesji.
2. 4th International Scientific Conference Innovative technologies in engineering production ITEP 2019, 9–11 September 2019, Lublin, Poland, member of the Scientific Committee.
3. XIV Szkoła Obróbki Skrawaniem i XLIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej (NŚOS), Lublin, 15–17.09.2021, członek Komitetu Naukowego, czynny udział w konferencji.
4. Międzynarodowa Konferencja Metrologiczna „New Trends in Metrology” Edycja 2022, 17–19.10.2022, Lublin
5. Międzynarodowa Konferencja Metrologiczna „New Trends in Metrology” Edycja 2024, 16–18.09.2024, KIELCE
6. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Postęp w technikach wytwarzania i konstrukcji maszyn / Advances in techniques of production and machine construction” Nałęczów – Kazimierz Dolny, 2024, 2023, 2021, 2019

Ścisła współpraca z pracownikami Politechniki Lubelskiej

1. Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski
2. Prof. dr hab. inż. Kazimierz Zaleski
3. Dr hab. inż. Jerzy Józwik, prof. uczelni
4. Dr inż. Magdalena Zawada-Michałowska
5. Dr inż. Ireneusz Zagórski

6. Dr inż. Paweł Pieśko
7. Mgr inż. Michał Lelen

Oprócz wyżej wymienionych osób Profesor **Stanisław Legutko** posiada również wspólne publikacje z innymi pracownikami naukowymi Wydziału Mechanicznego PL, a także współpracuje z nimi na innych płaszczyznach (Ceepuss, Erasmus+, inne):

1. Prof. dr hab. inż. Grzegorz Litak
2. Prof. dr hab. inż. Anna Rudawska
3. Dr hab. inż. Jarosław Pytko, prof. uczelni
4. Dr hab. inż. Arkadiusz Tofil, prof. uczelni
5. Mgr inż. Ewelina Kosicka

Udział w projektach prowadzonych na Politechnice Lubelskiej

1. Współpraca w ramach Polskiej Unii Metrologicznej PUM
2. Współpraca w ramach projektu „Szkola letnia programowania maszyn CNC” CNC-PROG realizowanego ze środków finansowych Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej, PPI/SPI/2020/1/00011/U/00001

Recenzje książek

1. Recenzja wydawnicza monografii dra inż. Jerzego Józwika pt. „Experimental methods of error identification and CNC machine tool research”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018.

3. Wybrane publikacje dotyczące współpracy z różnymi ośrodkami naukowymi krajowymi i zagranicznymi z ostatnich trzech lat

- [1] Mateusz Bronis, Bartłomiej Krawczyk, **Stanisław Legutko**, „Effect of Choice of Drilling Kinematic System on Cylindricity Deviation, Roundness Deviation, Diameter Error and Surface Roughness of Holes in Brass Alloy”, *Processes* 2024, 12, no. 1, 220, <https://doi.org/10.3390/pr12010220> (**100 pkt., IF 3,5**).
- [2] Ali Al-Maliki, Jasim H. Al-Bedhany, Tahseen A. Mankhi, and **Stanisław Legutko**, „Assessment of Nonhomogeneous Structures in Steel Contents in Terms of Fatigue Resistance Using Analytical Hierarchy Process”, *Advances in Science and Technology Research Journal* 2024, 18, no. 1, 334–348, <https://doi:10.12913/22998624/182286> (**100 pkt., IF 1,1**).
- [3] Jasim H. AL-Bedhany, Tahseen Ali Mankhi, **Stanisław Legutko**, „A surface study of failed planetary wind turbine gearbox bearings to investigate the causes of the Bearing premature failure issue”, *Heliyon* 2024, vol. 10, issue 4, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25860> (**40 pkt., IF 4**).
- [4] Magdalena Zawada-Michałowska, Paweł Pieśko, Grażyna Mrówka-Nowotnik, Andrzej Nowotnik, **Stanisław Legutko**, „Effect of the Technological Parameters of Milling on Residual Stress in the Surface Layer of Thin-Walled Plates”. *Materials* 2024, 17, no. 5, 1193, <https://doi.org/10.3390/ma17051193> (**140 pkt., IF 3,4**).
- [5] Artur Meller, Mariusz Piechowski, **Stanisław Legutko**, Hubert Kędziora, „Znaczniki niezgodności jako element doskonalenia procesu produkcji korpusów wodomierza”. [W:] *Innowacje w elektronice, informatyce i inżynierii produkcji*. T. 4, s. 65–78, 20th International Conference of Students and Young Scientists ICSYS’2023, Dąbki, Polska, 11–13.09.2023 r.
- [6] Ireneusz Zagórski, Piotr Zgórniak, Witold Habrat, José Machado, **Stanisław Legutko**, „Methodology of Chip Temperature Measurement and Safety Machining Assessment in Dry Rough Milling of Magnesium Alloys Using Different Helix Angle Tools” *Materials* 2024, 17, no. 9, 2063, <https://doi.org/10.3390/ma17092063> (**140 pkt., IF 3,4**).

- [7] Razvan Pacurar, Gania Consuella, Emilia Sabau, Dan-Sorin Comsa, Cristina Borzan, Nikola Vitkovic, Sven Maricic, **Stanisław Legutko**, Ancuta Pacurar, „Research on Design and Manufacturing of PEKK-Based Mandibular Implants by Fused Deposition Modeling”. [W:] Lecture Notes in Mechanical Engineering – Advances in Manufacturing IV Volume 5 – Biomedical Engineering: Digitalization, Sustainability and Industry Applications, 108–120, Springer, 2024; 8th International Scientific-Technical Conference MANUFACTURING 2024, held in Poznan, Poland, on May 14–16, 2024, https://doi.org/10.1007/978-3-031-56456-7_9 (**20 pkt.**).
- [8] Krzysztof Smak, Piotr Szablewski, **Stanisław Legutko**, „Evaluation of the tool set overhang effect on surface topography in the finish turning process of Inconel 718 alloy”. [W:] Lecture Notes in Mechanical Engineering – Advances in Manufacturing IV. Volume 4 – Measurement and Control Systems: Digitalization, Sustainability and Industry Applications, 96–108, Springer, 2024; 8th International Scientific-Technical Conference MANUFACTURING 2024, held in Poznan, Poland, on May 14–16, 2024, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-56467-3_8 (**20 pkt.**).
- [9] Nikol Bachurová, Jan Kudláček, **Stanisław Legutko**, „Effect of Material and Pretreatments on Surface Cleanliness”, Lecture Notes in Mechanical Engineering – Advances in Manufacturing IV. Volume 4 – Measurement and Control Systems: Digitalization, Sustainability and Industry Applications, 174–183, Springer, 2024; 8th International Scientific-Technical Conference MANUFACTURING 2024, held in Poznan, Poland, on May 14–16, 2024, https://doi.org/10.1007/978-3-031-56467-3_14 (**20 pkt.**).
- [10] Bartłomiej Krawczyk, Piotr Szablewski, Michał Mendak, Bartosz Gapiński, Krzysztof Smak, **Stanisław Legutko**, Michał Wieczorowski, Edward Miko, „Surface Topography Description of Threads Made with Turning on Inconel 718 Shafts” Materials 2023, 16, no. 1: 80. <https://doi.org/10.3390/ma16010080> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [11] Krzysztof Smak, Piotr Szablewski, **Stanisław Legutko**, Bartłomiej Krawczyk, Edward Miko, „Investigation of the Influence of Anti-Wear Coatings on the Surface Quality and Dimensional Accuracy during Finish Turning of the Inconel 718 Alloy”, Materials 2023, 16, no. 2, 715, <https://doi.org/10.3390/ma16020715> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [12] Piotr Szablewski, **Stanisław Legutko**, Adrian Mróz, Dariusz Garbiec, Rafał Czajka, Krzysztof Smak, Bartłomiej Krawczyk, „Surface Topography Description after Turning Inconel 718 with a Conventional, Wiper

- and Special Insert Made by the SPS Technique”, *Materials* 2023, 16, no. 3: 949. <https://doi.org/10.3390/ma16030949> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [13] Michał Zawada, Mateusz Nijak, Jarosław Mac, Jan Szczepaniak, **Stanisław Legutko**, Julia Gościańska-Łowińska, Sebastian Szymczyk, Michał Kaźmierczak, Mikołaj Zwierzyński, Jacek Wojciechowski, Tomasz Szulc, Roman Rogacki, „Control and Measurement Systems Supporting the Production of Haylage in Baler-Wrapper Machines”, *Sensors* 2023, 23, no. 6, 2992, <https://doi.org/10.3390/s23062992> (**100 pkt., IF 3,847**).
- [14] Jerzy Józwik, Magdalena Zawada-Michałowska, Grzegorz Budzik, **Stanisław Legutko**, Maciej Kupczyk. 2023. „Microbiological Analysis of Coolant Used in Machining”. *Advances in Science and Technology Research Journal* 2023, 17(2), 206–214, <https://doi.org/10.12913/22998624/157421> (**100 pkt., IF 1,1**).
- [15] Artur Meller, Marcin Suszyński, **Stanisław Legutko**, Marek Trączyński, Vit Cernohlavek, „Studies on a robotised process for forging steel synchronizer rings in the context of forging tool life”, *Manufacturing Technology* 2023, 23, no. 1, <https://doi.org/10.21062/mft.2023.002> (**70 pkt., IF 0,9**).
- [16] Cosmin Cosma, Raul Iilie, Mircea Cristian Dudescu, Ioan Alexandru Popan, Petru Berce, **Stanisław Legutko**, Nicoale Balc, „Influence of SLM Parameters on CoCr Alloy”, *Acta Technica Napocensis, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering*, vol. 66, no. 2, June, 2023, 215–222 (**20 pkt., IF 0,3**).
- [17] Artur Meller, Marcin Suszyński, **Stanisław Legutko**, Marek Trączyński, Adrian Mróz, Vit Cernohlavek, „Optimizing Shock Absorber Operation for Improved Hot Forging Efficiency”, *Manufacturing Technology*, 2023, vol. 23, no. 5, <https://doi.org/10.21062/mft.2023.074> (**70 pkt., IF 0,9**).
- [18] Michał Zawada, **Stanisław Legutko**, Julia Gościańska-Łowińska, Sebastian Szymczyk, Mateusz Nijak, Jacek Wojciechowski, and Mikołaj Zwierzyński, „Mechanical Weed Control Systems: Methods and Effectiveness”, *Sustainability* 2023, 15, no. 21, 15206, <https://doi.org/10.3390/su152115206> (**100 pkt., IF 3.9**).
- [19] Sebastian Szymczyk, **Stanisław Legutko**, Michał Zawada, Mateusz Nijak, Jacek Wojciechowski, „Zwalczanie chwastów z wykorzystaniem systemów wizyjnych i sztucznej inteligencji jako nowy kierunek rozwoju opryskiwaczy rolniczych, Weed control using vision systems and artificial intelligence as a new development direction for agricultural sprayers”, *Progress in Plant Protection*, 2023, 63(4), <http://dx.doi.org/10.14199/ppp-2023-021> (**40 pkt.**).

- [20] Saurabh Dewangan, Aaluri Praveen Reddy, Salian Sagar Shyam Sunder, **Stanislaw Legutko**, Jaka Burja, Uday Kumar, „Mechanical Property Analysis into the Welded Plates of Al-6061 Joined by TIG and FSW Techniques”, *Journal of the Institution of Engineers (India): Series D*, Springer Nature 2023, <https://doi.org/10.1007/s40033-023-00593-5> (**40 pkt., IF 0,9**).
- [21] Volodymyr Nahornyí, Anton Panda, Jan Valíček, Marta Harničárová, Milena Kušnerová, Iveta Pandová, **Stanislaw Legutko**, Zuzana Palková, Ondrej Lukáč, „Method of Using the Correlation between the Surface Roughness of Metallic Materials and the Sound Generated during the Controlled Machining Process”, *Materials* 2022, 15, no. 3: 823. <https://doi.org/10.3390/ma15030823> (**140 pkt., IF 3,623**).
- [22] Vladimír Bulej, Ivan Kuric, Milan Sága, Milan Vaško, Zuzana Ságová, Michal Bartoš, **Stanislaw Legutko**, „Analysis of Symmetrical/Asymmetrical Loading Influence of the Full-Suspension Downhill Bicycle’s Frame on the Crack Failure Formation at a Critical Point during Different Driving Scenarios and Design Improvement”, *Symmetry* 2022, 14, no. 2: 255. <https://doi.org/10.3390/sym14020255> (**70 pkt., IF 2,713**).
- [23] Muhammad Qamar, Ghulam Abbas, Muhammad Afzaal, Muhammad Y. Naz, Abdul Ghuffar, Muhammad Irfan, **Stanislaw Legutko**, Jerzy Jozwik, Magdalena Zawada-Michalowska, Abdulnour A.J. Ghanim, Saifur Rahman, Usama M. Niazi, Mohammed Jalalah, Fahad S. Alkahtani, Mohammad K.A. Khan, Ewelina Kosicka, „Gold Nanorods for Doxorubicin Delivery: Numerical Analysis of Electric Field Enhancement, Optical Properties and Drug Loading/Releasing Efficiency”, *Materials* 2022, 15, no. 5, 1764, <https://doi.org/10.3390/ma15051764>, (**140 pkt., IF 3,623**).
- [24] Muhammad U. Daud, Ghulam Abbas, Muhammad Afzaal, Muhammad Y. Naz, Nazma G. Fatima, Abdul Ghuffar, Muhammad Irfan, Mater H. Mahnashi, **Stanislaw Legutko**, Jana Petrů, Jiří Kratochvíl, Usama M. Niazi, „Finite Element Analysis of Silver Nanorods, Spheres, Ellipsoids and Core–Shell Structures for Hyperthermia Treatment of Cancer”, *Materials* 2022, 15, no. 5, 1786, <https://doi.org/10.3390/ma15051786>, (**140 pkt., IF 3,623**).
- [25] Muhammad Azeem, Muhammad Irfan, Manzar Masud, Gulfam U. Rehman, Haider Ali, Muhammad U. Ali, Amad Zafar, Usama Muhammad Niazi, Saifur Rahman, **Stanislaw Legutko**, Jana Petrů, Jiří Kratochvíl, „Experimental and Numerical Investigation of Effect of Static and Fatigue Loading on Behavior of Different Double Strap Adhesive Joint

- Configurations in Fiber Metal Laminates” *Materials* 2022, 15, no. 5, 1840, <https://doi.org/10.3390/ma15051840> (**140 pkt., IF 3,623**).
- [26] Marian Brzezinski, **Stanisław Legutko**, Hubert Kędziora, „Intelligent Modelling of Exploitation Systems of Machines and Devices – A Review of Concepts and Methods”. [W:] Batako, A., Burduk, A., Karyono, K., Chen, X., Wyczółkowski, R. (eds.) *Advances in Manufacturing Processes, Intelligent Methods and Systems in Production Engineering*. GCOMM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 335. Springer, Cham 2022, https://doi.org/10.1007/978-3-030-90532-3_45 (**20 pkt.**).
- [27] Ali Sadaqat, Muhammad Irfan, Usama M. Niazi, Ahmad M.A. Rani, Ahmad Rashedi, Saifur Rahman, Muhammad K.A. Khan, Mabkhoot A. Al-saiari, **Stanisław Legutko**, Jana Petrů, Antonin Trefil, „Microstructure and Mechanical Properties of Modified 316L Stainless Steel Alloy for Biomedical Applications Using Powder Metallurgy” *Materials* 2022, 15, no. 8, 2822, <https://doi.org/10.3390/ma15082822> (**140 pkt., IF 3,623**).
- [28] Muhammad Irfan, Shazia Shukrullah, Muhammad Y. Naz, Irshad Ahmad, Bilal Shoukat, **Stanisław Legutko**, Jana Petrů, Saifur Rahman, Mabkhoot A. Alsaari, „Si/SiO₂/Al₂O₃ Supported Growth of CNT Forest for the Production of La/ZnO/CNT Photocatalyst for Hydrogen Production”, *Materials* 2022, 15, no. 9, 3226, <https://doi.org/10.3390/ma15093226> (**140 pkt., IF 3,623**).
- [29] Shahroz Saleem, Muhammad Irfan, Muhammad Y. Naz, Shazia Shukrullah, Muhammad A. Munir, Muhammad Ayyaz, Abdullah S. Alwadie, **Stanisław Legutko**, Jana Petrů, Saifur Rahman, „Investigating the Impact of Cu²⁺ Doping on the Morphological, Structural, Optical, and Electrical Properties of CoFe₂O₄ Nanoparticles for Use in Electrical Devices” *Materials* 15, no. 10, 3502, <https://doi.org/10.3390/ma15103502> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [30] Muhammad Irfan, Fareeda Zaheer, Humaira Hussain, Muhammad Y. Naz, Shazia Shukrullah, **Stanisław Legutko**, Mater H. Mahnashi, Mabkhoot A. Alsaari, Abdulnour A.J. Ghanim, Saifur Rahman, Omar Alshorman, Fahad S. Alkahtani, Mohammad K.A. Khan, Izabela Kruszelnicka, and Dobrochna Ginter-Kramarczyk, „Kinetics and Adsorption Isotherms of Amine-Functionalized Magnesium Ferrite Produced Using Sol-Gel Method for Treatment of Heavy Metals in Wastewater” *Materials* 2022, 15, no. 11, 4009, <https://doi.org/10.3390/ma15114009> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [31] Muhammad Irfan, Humaira Hussain, Bisma Saleem, Muhammad Saleem, Shazia Shukrullah, **Stanisław Legutko**, Jana Petrů, Muhammad Y. Naz, Marek Pagáč, Saifur Rahman, and Rehan Khan, „Evaluation of Ultrasonically ZnO Loading Effect on Photocatalytic Self-Cleaning, UV

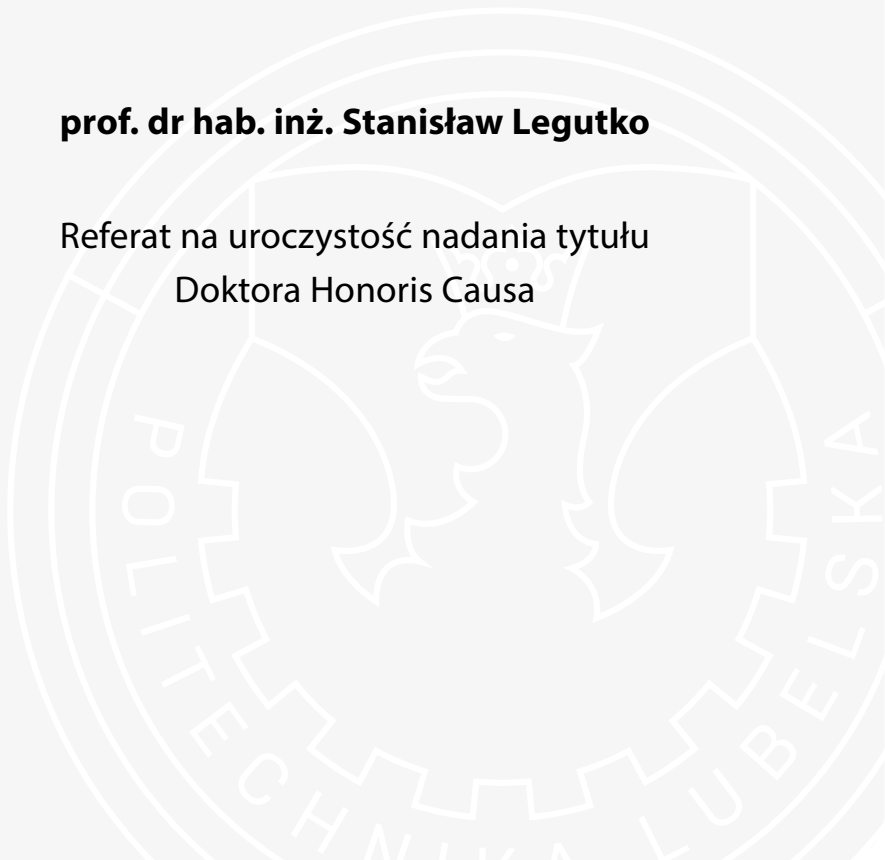
- Protection and Antibacterial Activity of Plasma/Citric Acid-Activated Cotton Fabric”, *Nanomaterials* 2022, 12, no. 12, 2122, <https://doi.org/10.3390/nano12122122> (**100 pkt., IF 5,076**).
- [32] Muhammad Irfan, Irshad Ahmad, Shazia Shukrullah, Humaira Hussain, Muhammad Atif, **Stanisław Legutko**, Jana Petru, Michal Hatala, Muhammad Y. Naz, and Saifur Rahman, „Construction of 0D/2D Schottky Heterojunctions of ZnO and Ti3C2 Nanosheets with the Enriched Transfer of Interfacial Charges for Photocatalytic Hydrogen Evolution” *Materials* 2022, 15, no. 13, 4557, <https://doi.org/10.3390/ma15134557> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [33] Saifur Rahman, Rehan Khan, Usama Muhammad Niazi, **Stanisław Legutko**, Muhammad Ali Khan, Bilal Anjum Ahmed, Jana Petrů, Jiří Hajnýš, Muhammad Irfan, „Performance Prediction of Erosive Wear of Steel for Two-Phase Flow in an Inverse U-Bend” *Materials* 2022, 15, no. 16: 5558. <https://doi.org/10.3390/ma15165558> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [34] Jan Novotný, Iryna Hren, Štefan Michna, **Stanisław Legutko**, „Analysis of Composite Coating of Deep Drawing Tool”, *Coatings* 2022, 12, no. 6: 863. <https://doi.org/10.3390/coatings12060863> (**100 pkt., IF 3,236**).
- [35] Rao Adeel Un Nabi, Muhammad Yasin Naz, Shazia Shukrullah, Madiha Ghamkhar, Najeeb Ur Rehman, Muhammad Irfan, Ali O. Alqarni, **Stanisław Legutko**, Izabela Kruszelnicka, Dobrochna Ginter-Kramarczyk, Marek Ochowiak, Sylwia Włodarczak, Andżelika Krupińska, Magdalena Matuszak, „Analysis of Statistically Predicted Rate Constants for Pyrolysis of High-Density Plastic Using R Software” *Materials* 2022, 15, no. 17: 5910. <https://doi.org/10.3390/ma15175910> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [36] Artur Meller, Marcin Suszyński, **Stanisław Legutko**, Marek Traczyński, Vit Cernohlavek, „Conceptual robotic station for steel synchronizer rings forging in the context of the durability of forging tools”. [W:] Martin Svoboda (editor) *Proceedings 9. ročník konference pro mladé vědecké pracovníky, „Experimentální a výpočtové metody v inženýrství”* 15–17.06 2022, Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Česká republika, 2022, s. 54–66, ISBN 978-80-7561-355-4 (**5 pkt.**).
- [37] Paweł Zawadzki, Rafał Talar, Adam Patalas, **Stanisław Legutko**, „Influence of Machining Parameters on Cutting and Chip-Formation Process during Cortical Bone Orthogonal Machining” *Materials* 2022, 15, no. 18, 6414, <https://doi.org/10.3390/ma15186414> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [38] Tahseen Ali Mankhi, Jasim H. Al-Bedhany, **Stanisław Legutko**. 2022. „Investigation of Subsurface Microcracks Causing Premature Failure in

- Wind Turbine Gearbox Bearings”, Results in Engineering 2022, 16, 100667, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100667> (**20 pkt.**).
- [39] Muhammad Adnan Munir, Muhammad Yasin Naz, Shazia Shukrullah, Muhammad Tamoor Ansar, Muhammad Umar Farooq, Muhammad Irfan, Salim Nasar Faraj Mursal, **Stanislaw Legutko**, Jana Petrů, Marek Pagáč, „Enhancement of Magnetic and Dielectric Properties of Ni_{0.25}Cu_{0.25}Zn_{0.50}Fe₂O₄ Magnetic Nanoparticles through Non-Thermal Microwave Plasma Treatment for High-Frequency and Energy Storage Applications”, Materials 2022, 15, no. 19, 6890, <https://doi.org/10.3390/ma15196890> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [40] Saba Afzal, Humaira Hussain, Muhammad Yasin Naz, Shazia Shukrullah, Irshad Ahmad, Muhammad Irfan, Salim Nasar Faraj Mursal, **Stanislaw Legutko**, Izabela Kruszelnicka, Dobrochna Ginter-Kramarczyk, „Catalytic Hydrogen Evolution from H₂S Cracking over CrxZnS Catalyst in a Cylindrical Single-Layered Dielectric Barrier Discharge Plasma Reactor”, Materials 2022, 15, no. 21, 7426, <https://doi.org/10.3390/ma15217426> (**140 pkt., IF 3,748**).
- [41] Saurabh Dewangan, Prakrit Singhal, Senthil Kumaran Selvaraj, S Jithin Dev, R Srii Swathish, Muralimohan Cheepu, **Stanislaw Legutko**, Adisalem Adefris, Somnath Chattopadhyaya and Utkarsh Chadha, „Analysing strength, hardness and grain-structure of 0.2%-C steel specimens processed through an identical heating period with different continuous transformation rates”, Materials Research Express 2022, vol. 9, no. 12, 126505, <https://doi.10.1088/2053-1591/aca7b2> (**70 pkt., IF 2,025**).

Industry 5.0 – utrzymanie ruchu maszyn wspomagane przez sztuczną inteligencję

prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

Referat na uroczystość nadania tytułu
Doktora Honoris Causa



Streszczenie

Niniejszy artykuł stanowi syntetyczne ujęcie problematyki transformacji utrzymania ruchu maszyn w kontekście piątej rewolucji przemysłowej, ze szczególnym uwzględnieniem roli sztucznej inteligencji jako technologii umożliwiającej tę transformację. Praca osadzona jest w szerszym kontekście ewolucji rewolucji przemysłowych oraz związanych z nimi paradygmatów organizacji produkcji i strategii utrzymania ruchu. Opracowanie wpisuje się w nurt badań prowadzonych od ponad pięciu dekad w obszarze technologii maszyn, eksploatacji urządzeń oraz logistyki przedsiębiorstw produkcyjnych – zagadnień stanowiących przedmiot zainteresowań naukowych autora od początku kariery akademickiej na Politechnice Poznańskiej. Punkt wyjścia rozważań stanowi retrospektywną analizę rewolucji przemysłowych, poczynając od mechanizacji napędzanej maszyną parową Jamesa Watta (1769), przez elektryfikację i naukowe podstawy zarządzania Fredericka Taylora, produkcję masową symbolizowaną przez linię montażową Henry Forda (1913), automatyzację opartą na sterownikach PLC i obrabiarkach CNC, cyfryzację w ramach koncepcji Industry 4.0, zdefiniowanej na targach Hannover Messe w 2011 roku, aż po współczesną koncepcję Industry 5.0, zaprezentowaną przez Komisję Europejską w styczniu 2021 roku. Industry 5.0 wykracza poza dotychczasowy paradygmat technologiczny, stawiając w centrum uwagi trzy fundamentalne filary: zorientowanie na człowieka (*human-centric*), zrównoważony rozwój (*sustainable*) oraz odporność przemysłową (*resilient*). W warstwie technologicznej w pracy skoncentrowano się na ewolucji strategii utrzymania ruchu – od podejścia reaktywnego (*run-to-failure*) dominującego w erze pierwszej rewolucji przemysłowej, przez utrzymanie prewencyjne oparte na harmonogramach czasowych (*Time-Based Maintenance*), utrzymanie oparte na stanie technicznym (*Condition-Based Maintenance*) wykorzystujące ciągły monitoring parametrów, po współczesne systemy predykcyjne napędzane sztuczną inteligencją (*Predictive Maintenance*) oraz przyszłościowe rozwiązania preskrypcyjne i autonomiczne (*Prescriptive/Autonomous Maintenance*) w ramach Industry 5.0.

Szczegółowej analizie poddano kluczowe technologie AI znajdujące zastosowanie w nowoczesnym utrzymaniu ruchu: algorytmy uczenia maszynowego (XGBoost osiągający 89–91% dokładności w predykcji pozostałego czasu użytkowania, Random Forest z dokładnością 91,8%), głębokie sieci neuronowe (hybrydowa architektura CNN-LSTM z najwyższą wydajnością 96,1% dokładności i F1-score 95,2%), cyfrowe bliźniaki (*Digital Twins*) zapewniające około 98% dokładności predykcji przez połączenie modeli fizycznych i uczenia maszynowego, przetwarzanie brzegowe (*Edge AI*) umożliwiające przetwarzanie w czasie rzeczywistym z opóźnieniem 1-5 milisekund (wobec 100-500 ms w chmurze), oraz wyjaśniającą sztuczną inteligencję (*Explainable AI*) budującą zaufanie do rekomendacji systemów przez metody SHAP i LIME. Wymiar aplikacyjny pracy obejmuje studia przypadków z sektorów motoryzacyjnego (zakład BMW w Regensburgu, unikający ponad 500 minut zakłóceń montażu rocznie), lotniczego (program Rolls-Royce IntelligentEngine, monitorujący ponad 13 000 silników globalnie, pozwalający uniknąć około 400 zdarzeń awaryjnych rocznie) oraz energetycznego (Siemens osiągający 250% średniego zwrotu z inwestycji dla projektów predykcyjnego utrzymania ruchu, według badania ASME). Agregowane dane wskazują na wymierne korzyści: 25–30% redukcję kosztów utrzymania ruchu, 70–75% zmniejszenie przestoju sprzętu, wskaźniki zwrotu z inwestycji od 7:1 do 30:1 oraz okres zwrotu 12–18 miesięcy dla większości implementacji.

Prognozy rynkowe wskazują na wzrost globalnego rynku predykcyjnego utrzymania ruchu z 10,93 mld USD w 2024 roku do 70,73 mld USD w 2032 roku (CAGR – Compound Annual Growth Rate – **skumulowany roczny wskaźnik wzrostu** 26,5%), przy czym całościowy rynek Industry 5.0 osiągnął wartość 65–72 mld USD w 2024 roku z prognozowanym wzrostem przy CAGR 31–34%. Technologia cyfrowych bliźniaków, jako kluczowa, rozwinie się z 21–25 mld USD (2024) do 125–156 mld USD (2030) przy adopcji wzrastającej z 45% do 65% producentów.

Końcowa część pracy dotyczy refleksji nad rolą uczelni technicznych – w tym Politechniki Poznańskiej i Politechniki Lubelskiej – w kształceniu kadr zdolnych do projektowania, implementacji i zarządzania systemami Industry 5.0 oraz identyfikacja kluczowych kierunków badań: generatywna AI, cyfrowe bliźniaki człowieka (*Human Digital Twins*), uczenie federacyjne dla rozproszonej AI przemysłowej oraz obliczenia kwantowe dla kompleksowej optymalizacji.

Słowa kluczowe: Industry 5.0, utrzymanie ruchu, sztuczna inteligencja, predykcyjne utrzymanie ruchu, cyfrowe bliźniaki, uczenie maszynowe, rewolucje przemysłowe, wyjaśnialna AI, produkcja zorientowana na człowieka, zrównoważony rozwój

1. Wprowadzenie

1.1. Geneza i cel pracy

Niniejsze opracowanie powstaje w szczególnym momencie historycznym. Przemysł światowy znajduje się w fazie głębokiej transformacji, określanej mianem piątej rewolucji przemysłowej (Industry 5.0). W przeciwieństwie do poprzednich rewolucji, których istotą była maksymalizacja efektywności i produktywności poprzez innowacje technologiczne, Industria 5.0 wprowadza nowy paradygmat: podporządkowanie technologii wartościom humanistycznym, celom zrównoważonego rozwoju oraz budowaniu odporności systemów produkcyjnych. Po dekadzie intensywnej cyfryzacji w ramach paradygmatu Industria 4.0, opartego na Internecie Rzeczy, Big Data i systemach cyberfizycznych, następuje przewartościowanie priorytetów – od maksymalizacji efektywności ku zrównoważonemu rozwojowi, odporności łańcuchów dostaw oraz przywróceniu centralnej roli człowieka w procesach produkcyjnych.

Jednocześnie obserwowany jest bezprecedensowy postęp w dziedzinie sztucznej inteligencji. Algorytmy uczenia maszynowego i głębokiego uczenia, cyfrowe bliźniaki oraz – od 2022 roku – generatywne modele językowe fundamentalnie zmieniają sposób projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn. W obszarze utrzymania ruchu przejście od strategii reaktywnej do predykcyjnej i preskryptywnej nie jest już wizją przyszłości, lecz rzeczywistością wdrażaną w wiodących przedsiębiorstwach przemysłowych na całym świecie. Według danych Nature Scientific Reports z 2025 roku, hybrydowe architektury CNN-LSTM (Convolutional Neural Network – Long Short-Term Memory) osiągają dokładność predykcji awarii na poziomie 96,1% – wartość, która jeszcze dekadę temu wydawała się nieosiągalna.

Celem pracy jest przedstawienie ewolucji strategii utrzymania ruchu maszyn w kontekście kolejnych rewolucji przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem potencjału sztucznej inteligencji jako narzędzia transformacji paradygmatu eksploatacyjnego. W niniejszej pracy autor zmierza do udzielenia odpowiedzi na następujące pytania badawcze: Jak ewoluowały strategie utrzymania ruchu w odpowiedzi na kolejne rewolucje przemysłowe? Jakie technologie AI znajdują zastosowanie w nowoczesnym predykcyjnym utrzymaniu ruchu i jaką osiągają skuteczność? Jakie są weryfikowalne korzyści

biznesowe wdrożeń AI w rzeczywistych warunkach przemysłowych? Jakie wyzwania technologiczne, organizacyjne i edukacyjne wiążą się z transformacją w kierunku Industry 5.0? Jaka jest rola uczelni technicznych w przygotowaniu kadr zdolnych do projektowania i wdrażania systemów Industry 5.0?

1.2. Zakres tematyczny opracowania

Zakres merytoryczny pracy obejmuje cztery wzajemnie powiązane obszary tematyczne, stanowiące logiczną całość.

Po pierwsze – historyczny rozwój rewolucji przemysłowych, od mechanizacji napędzanej energią pary wodnej (Industry 1.0, 1760–1840), przez elektryfikację i produkcję masową (Industry 2.0, 1870–1914), automatyzację i komputeryzację (Industry 3.0, 1970–2010), cyfryzację i systemy cyberfizyczne (Industry 4.0, 2011–obecnie), aż po najnowszą koncepcję przemysłu zorientowanego na człowieka, zrównoważonego i odpornego (Industry 5.0, 2021–obecnie). Perspektywa historyczna pozwala zrozumieć logikę ewolucji technologicznej oraz uchwycić prawidłowości rządzące kolejnymi przełomami w organizacji produkcji.

Po drugie – ewolucja strategii utrzymania ruchu maszyn, stanowiąca odzwierciedlenie szerszych przemian technologicznych. Od podejścia reaktywnego, dominującego w erze przedprzemysłowej i wczesnoprzemysłowej, przez prewencyjne utrzymanie ruchu rozwinięte w lotnictwie lat 60. XX wieku (MSG-1, TPM), diagnostykę wibracyjną i analizę oleju charakterystyczną dla podejścia predykcyjnego, aż po najnowszy paradygmat preskryptywny, w którym systemy nie tylko prognozują awarie, lecz autonomicznie rekomendują optymalne działania.

Po trzecie – technologie sztucznej inteligencji znajdujące zastosowanie w nowoczesnym utrzymaniu ruchu. Zakres obejmuje algorytmy uczenia maszynowego (XGBoost, Random Forest, SVM), głębokie sieci neuronowe w analizie sygnałów wibracyjnych i szeregów czasowych (CNN-LSTM, architektury hybrydowe), koncepcję cyfrowych bliźniaków (Digital Twins) umożliwiającą symulacje i optymalizację w czasie rzeczywistym, przetwarzanie brzegowe (Edge AI) zapewniające ultraniskie opóźnienia oraz najnowsze zastosowania generatywnej AI, w tym dużych modeli językowych (LLM – Large Language Model) w interfejsach operatorskich.

Po czwarte – praktyczne wdrożenia i studia przypadków dokumentujące efektywność rozwiązań AI w rzeczywistych warunkach przemysłowych. Analizie poddano przykłady z sektorów motoryzacyjnego (BMW, Ford), lotniczego

(Rolls-Royce, GE Aviation) i energetycznego (Siemens, Vestas, GE Vernova), a także programy wsparcia transformacji cyfrowej polskiego przemysłu, w tym inicjatywę PARP Pilotaż Przemysł 4.0.

1.3. Metodyka i struktura pracy

Referat opracowano z wykorzystaniem metodyki systematycznego przeglądu literatury naukowej i źródeł branżowych. Bazę źródłową stanowią publikacje indeksowane w bazach Web of Science, Scopus i IEEE Xplore, raporty instytucji badawczych (Fraunhofer, McKinsey, Deloitte, PwC), dokumenty programowe Komisji Europejskiej dotyczące Industry 5.0, *case studies* publikowane przez wiodących producentów (BMW Group, Rolls-Royce, GE Aviation, Siemens) oraz dane statystyczne Eurostatu i Głównego Urzędu Statystycznego.

Przy doborze źródeł zastosowano kryterium aktualności – preferowano publikacje z lat 2020–2025, uwzględniając dynamiczny rozwój technologii AI i ewolucję koncepcji Industry 5.0. Szczególną uwagę poświęcono weryfikowalności danych ilościowych: wskaźników wydajności algorytmów ML (Machine Learning) / DL (Deep Learning), metryk ROI (Return on Investment) i okresu zwrotu, parametrów sprzętowych platform Edge AI oraz prognoz rynkowych. W przypadku kontekstu historycznego sięgnięto do źródeł archiwalnych i opracowań historiograficznych dokumentujących przebieg kolejnych rewolucji przemysłowych.

Struktura pracy odzwierciedla przyjęty zakres tematyczny i logikę wywodu. W rozdziale drugim przedstawiono rys historyczny rewolucji przemysłowych, akcentując przełomowe wynalazki, kluczowe postacie oraz konsekwencje każdej transformacji dla organizacji produkcji i roli człowieka w procesie wytwórczym. W rozdziale trzecim omówiono ewolucję strategii utrzymania ruchu – od podejścia reaktywnego, przez prewencyjne i predykcyjne, do paradygmatu preskryptywnego. Rozdział 4 stanowi techniczne jądro opracowania, w którym szczegółowo analizuje się zastosowania sztucznej inteligencji w utrzymaniu ruchu. W rozdziale piątym zaprezentowano koncepcję Industry 5.0 w ujęciu Komisji Europejskiej, omawiając trzy filary oraz ramy polityczne wspierające transformację europejskiego przemysłu. W rozdziale szóstym zawarto studia przypadków ilustrujące praktyczne wdrożenia i mierzalne efekty. W rozdziale siódmym zarysowano perspektywy rozwoju oraz wskazano na rolę uczelni technicznych w kształceniu kadr. Rozdział ósmy stanowi syntetyczne podsumowanie kluczowych wniosków.

2. Rewolucje przemysłowe – rys historyczny

Historia ludzkości zna kilka momentów przełomowych, które fundamentalnie zmieniły sposób wytwarzania dóbr, organizację społeczeństwa oraz relacje człowieka z maszyną. Rewolucje przemysłowe – a dotychczas zidentyfikowano ich pięć – nie są jedynie wydarzeniami technologicznymi; stanowią kompleksowe transformacje obejmujące ekonomię, struktury społeczne, urbanizację, a nawet ludzką mentalność. Zrozumienie logiki tych przemian jest niezbędne dla właściwej interpretacji współczesnej transformacji cyfrowej i inteligentnej, którą określa się mianem Industry 5.0.

2.1. Pierwsza rewolucja przemysłowa (1760–1840)

2.1.1. Maszyna parowa Jamesa Watta jako technologia przełomowa

Za symboliczny początek pierwszej rewolucji przemysłowej przyjmuje się rok 1769, kiedy szkocki inżynier i wynalazca James Watt opatentował udoskonaloną maszynę parową z oddzielnym skraplaczem. Choć wcześniejsze konstrukcje – przede wszystkim maszyna Thomasa Newcomena z 1712 roku – znajdowały zastosowanie w pompowaniu wody z kopalń, to dopiero innowacja Watta uczyniła napęd parowy wystarczająco wydajnym, by napędzać maszyny produkcyjne.

Kluczowe udoskonalenia wprowadzone przez Watta obejmowały: oddzielny kondensator eliminujący straty ciepła związane z naprzemiennym ogrzewaniem i chłodzeniem cylindra, mechanizm przekształcający ruch posuwisto-zwrotny tłoka w ruch obrotowy (1781), podwójne działanie tłoka zwiększające moc przy tej samej ilości paliwa oraz regulator odśrodkowy zapewniający stabilność obrotów. Te innowacje zwiększyły sprawność maszyny parowej z około 1% (Newcomen) do około 3% (Watt 1769), a następnie do około 17% w latach 1800. Do roku 1800 firma Boulton and Watt wyprodukowała i zainstalowała ponad 500 maszyn parowych w kopalniach, hutach i zakładach tekstylnych Wielkiej Brytanii.

Znaczenie maszyny parowej wykraczało daleko poza aspekt techniczny. Po raz pierwszy w historii ludzkości dysponowała źródłem energii mechanicznej niezależnym od warunków atmosferycznych, pory roku czy lokalizacji

względem cieków wodnych. Ta emancypacja od ograniczeń naturalnych otworzyła drogę do koncentracji produkcji w fabrykach – nowej formie organizacji wytwarzania, którą zastąpiła rozproszony system manufaktur i chałupnictwa.

2.1.2. Mechanizacja przemysłu tekstylnego

Przemysł tekstylny stał się pierwszym poligonem doświadczalnym rewolucji przemysłowej. Seria wynalazków – od latającego czółenka Johna Kaya (1733), przez przędzarkę mechaniczną Spinning Jenny Jamesa Hargreavesa (1764), maszynę przędzalniczą Richarda Arkwrighta (1769), aż po krosno mechaniczne Edmunda Cartwrighta (1785) – radykalnie zwiększyła wydajność produkcji tkanin.

Symbolicznym miejscem narodzin systemu fabrycznego jest Cromford Mill – przędzalnia bawełny założona przez Richarda Arkwrighta w 1771 roku w Derbyshire. Był to pierwszy zakład przemysłowy zorganizowany według nowoczesnych zasad: scentralizowana produkcja, podział pracy, zmianowy system czasu pracy, dyscyplina fabryczna. Richard Arkwright, nazywany ojcem systemu fabrycznego, zatrudniał w szczytowym okresie ponad 5 000 robotników.

Skala transformacji była bezprecedensowa. W 1785 roku w Wielkiej Brytanii pracowało zaledwie kilkadziesiąt krosien mechanicznych; w 1850 roku ich liczba przekroczyła 250 000. Brytyjski eksport wyrobów bawełnianych wzrósł w tym okresie czterdziestokrotnie. Produktywność jednego pracownika wzrosła 200-krotnie między 1770 a 1840 rokiem.

2.1.3. Implikacje dla utrzymania ruchu – narodziny podejścia reaktywnego

Pierwsza rewolucja przemysłowa zapoczątkowała fundamentalne zmiany w organizacji pracy. System fabryczny wprowadził nieznaną wcześniej w takiej skali standaryzację – zarówno produktów, jak i czynności roboczych. Podział pracy, opisany przez Adama Smitha w *Bogactwie narodów* (1776) na przykładzie manufaktury szpilek, stał się zasadą organizacyjną nowoczesnej produkcji.

Jednocześnie pojawia się nowa kategoria problemów: utrzymanie sprawności maszyn. W epoce przedprzemysłowej narzędzia rzemieślnicze były proste, a ich naprawa leżała w kompetencjach samego rzemieślnika. Złożone maszyny parowe i tekstylne wymagały specjalistycznej wiedzy, regularnej obsługi oraz dostępu do części zamiennych. Powstał nowy zawód – mechanik fabryczny – oraz nowa funkcja organizacyjna: utrzymanie ruchu.

Podejście do awarii było jednak reaktywne: maszyny eksploatowano do momentu uszkodzenia, następnie naprawiano i ponownie uruchamiano. Brak systematycznej wiedzy o zużyciu i degradacji powodował wysoką awaryjność, nieplanowane przestoje i znaczne koszty. Konsekwencją katastrofalnych awarii – szczególnie eksplozji kotłów parowych – było powstanie w 1865 roku w Niemczech pierwszych stowarzyszeń dozoru technicznego, załóżka współczesnych systemów certyfikacji i inspekcji.

2.2. Druga rewolucja przemysłowa (1870–1914)

2.2.1. Elektryfikacja i proces Bessemera

Druga rewolucja przemysłowa, trwająca od około 1870 roku do wybuchu I wojny światowej, charakteryzowała się upowszechnieniem dwóch przełomowych technologii: energii elektrycznej oraz masowej produkcji stali.

Elektryfikacja fabryk, zapoczątkowana oświetleniem łukowym, a następnie rozwijania dzięki silnikom elektrycznym i systemom przesyłu prądu zmiennego (Nikola Tesla, George Westinghouse), zrewolucjonizowała organizację przestrzeni produkcyjnej. W fabrykach napędzanych parą maszyny musiały być rozmieszczone wzdłuż wałów transmisyjnych przenoszących napęd z centralnej maszyny parowej. Silniki elektryczne umożliwiły elastyczne rozmieszczenie stanowisk, napęd indywidualny każdej maszyny oraz precyzyjną regulację prędkości.

Równolegle proces Bessemera (opatentowany w 1855 roku przez Henry Bessemera) oraz późniejszy proces martenowski umożliwiły masową produkcję stali wysokiej jakości przy drastycznie obniżonych kosztach. Cena stali spadła z około 60 funtów za tonę (1860) do 6–7 funtów (1900). Stal stała się materiałem konstrukcyjnym nowoczesnego przemysłu – budowano z niej maszyny, mosty, koleje, wieżowce i okręty.

2.2.2. Naukowe zarządzanie Fredericka Taylora

Przełom w organizacji pracy przyniósł Frederick Winslow Taylor – amerykański inżynier, który w latach 1881–1909 rozwinął koncepcję naukowego zarządzania (*scientific management*), przedstawiona w klasycznym dziele *The Principles of Scientific Management* (1911). Taylor postulował systematyczne badanie procesów pracy metodami naukowymi: pomiar czasu operacji,

analiza ruchów roboczych, standaryzacja narzędzi i procedur, dobór pracowników na podstawie obiektywnych kryteriów oraz system wynagradzania uzależniony od wydajności.

Eksperymenty Taylora w Midvale Steel Company i Bethlehem Steel Company wykazały możliwość kilkukrotnego zwiększenia produktywności przy jednoczesnej redukcji zmęczenia robotników. Słynny eksperyment z ładowaczami rudy i węgla w Bethlehem Steel wykazał, że optymalizacja wielkości łopaty i sekwencji ruchów zwiększyła dzienną wydajność z 12,5 do 47 ton na pracownika.

Taylorizm wywarł głęboki wpływ na myślenie o produkcji przemysłowej, zapoczątkowując erę inżynierii przemysłowej (*industrial engineering*) i zarządzania operacyjnego. Dla utrzymania ruchu taylorizm wprowadził koncepcję planowanego utrzymania ruchu: regularne przeglądy według harmonogramów, standaryzowane procedury, pomiary efektywności. To narodziny Maintenance 2.0 – Time-Based Maintenance.

2.2.3. Linia montażowa Henry Forda

Kulminację idei drugiej rewolucji przemysłowej stanowiło wdrożenie przez Henry Forda ruchomej linii montażowej w zakładach Highland Park w Detroit. Data 1 października 1913 roku – uruchomienie pierwszej linii do montażu przekładni - uznawana jest za początek ery produkcji masowej.

Efekty były spektakularne. Czas montażu samochodu Ford Model T skrócił się z 12 godzin i 30 minut do zaledwie 93 minut. Cena pojazdu spadła z 850 dolarów w 1909 roku do 260 dolarów w 1925 roku, czyniąc samochód dobrem dostępnym dla klasy średniej. W szczytowym okresie zakłady Forda produkowały ponad 9 000 samochodów dziennie, a roczna produkcja wzrosła z około 10 000 (1908) do 2 mln (1923).

Ford wprowadził również innowację społeczną: w 1914 roku ustanowił płacę minimalną w wysokości 5 dolarów dziennie – ponad dwukrotnie wyższą od średniej rynkowej. Decyzja ta, motywowana chęcią redukcji kosztownej rotacji pracowników, miała również wymiar ekonomiczny: robotnicy zarabiający więcej, mogli kupować produkty, które wytwarzali.

Linia montażowa Forda stała się paradygmatem organizacji produkcji na niemal sto lat. Dla utrzymania ruchu oznaczało to nowe wyzwanie: krótki przestój jednego stanowiska zatrzymywał całą linię, dramatycznie zwiększając koszty awarii. Presja na dostępność maszyn stała się krytyczna, przyspieszając ewolucję od *reactive* ku *preventive maintenance*.

2.3. Trzecia rewolucja przemysłowa (1970–2010)

2.3.1. Sterowniki programowalne PLC

Trzecia rewolucja przemysłowa, zwana również Automatyzacją lub Digital Revolution, rozpoczęła się w latach 70. XX wieku wraz z wprowadzeniem komputerów i mikroprocesora do fabryk. Kluczową rolę odegrały Programowalne Sterowniki Logiczne (PLC – Programmable Logic Controller).

Zanim pojawił się PLC, sterowanie maszynami było realizowane za pomocą przekaźników elektromagnetycznych – systemów fizycznych, wrażliwych na wibracje, trudnych do modyfikacji i zawodnych. Wynalazek PLC przypisywany jest Richardowi Morleyowi (Modicon, 1968), który stworzył urządzenie zdolne do przechowywania i wykonywania programów sterowania. PLC umożliwiły szybką rekonfigurację procesów bez konieczności przebudowy instalacji elektrycznej.

2.3.2. Obrabiarki sterowane numerycznie CNC

Obrabiarki CNC zrewolucjonizowały produkcję części mechanicznych. Zamiast operatora manualnie obsługującego ręcznie dźwignie i koła, program numeryczny sterował ruchami narzędzia z dokładnością do ułamków milimetra. Zmiana obrabianego wyrobu wymagała jedynie załadowania innego programu – elastyczność niedostępna dla obrabiarek manualnych przeznaczonych dla jednostkowego produktu.

Powstał nowy zawód: programista CNC oraz nowe pole dyscypliny: Technologia CAM (Computer Aided Manufacturing). Integracja systemów CAD (Computer Aided Design) – projektowanie i CAM – wytwarzanie pozwalała na stworzenie cyfrowego bliźniaka części, zanim została ona zmaterializowana w metalu.

2.3.3. Robotyzacja procesów produkcyjnych

Zaawansowana automatyzacja trzeciej rewolucji obejmowała również robotyzację – pojawienie się robotów przemysłowych zdolnych do powtarzalnych operacji z doskonałą precyzją. Firma UNIMATION opracowała w 1966 roku PUMA (Programmable Universal Manipulation Arm), pierwszego komercyjnego robota przemysłowego.

Roboty znajdowały zastosowanie w operacjach niebezpiecznych (spawanie, lakierowanie), niedokładnych dla człowieka (montaż precyzyjny) i monotonicznych (pakowanie). Nowa ekologia fabryk wyłoniła się: człowiek zamiast wykonywania bezpośredniej produkcji przyjmował rolę nadzorca, operatora systemów i programisty.

Dla utrzymania ruchu era trzeciej rewolucji przemysłowej przyniosła Condition-Based Maintenance (CBM) – ciągły monitoring parametrów pracy maszyn za pomocą sensorów, umożliwiając planowanie interwencji zanim nastąpi awaria. Diagnostyka wibracyjna, termografia, analiza oleju stały się standardowymi technikami oceny stanu technicznego.

2.4. Czwarta rewolucja przemysłowa – Industry 4.0 (2011–obecnie)

2.4.1. Geneza koncepcji

Termin Industry 4.0 (Industrie 4.0) został wprowadzony na międzynarodowych targach maszyn w Hanowerze (Hannover Messe) w 2011 roku. Grupa badaczy z Niemiec sformułowała wizję czwartej rewolucji przemysłowej, jako transformacji fundamentalnie różnej od poprzednich etapów.

O ile poprzednie rewolucje koncentrowały się na technologiach, energii (para, elektryczność) i automatyzacji (maszyny, komputery), Industry 4.0 zakładała pełną integrację cyfrową: każde urządzenie byłoby czujnikiem i aktuatorem, każdy proces byłby monitorowany i zoptymalizowany w czasie rzeczywistym, a całe systemy byłyby autonomiczne i samouczące.

Nomenklatura 4.0 nawiązywała do konwencji numerowania wersji oprogramowania, sugerując kolejny fundamentalny upgrade systemu produkcyjnego. Termin szybko rozprzestrzenił się globalnie, przyjmując lokalne warianty: Industrial Internet of Things (IIoT) w Stanach Zjednoczonych, Made in China 2025 w Chinach, Society 5.0 w Japonii.

2.4.2. Filary technologiczne Industry 4.0

Industry 4.0 opiera się na dziewięciu filarach technologicznych, wzajemnie się wzmacniających: Internet Rzeczy (IoT/IIoT) – sieci czujników i urządzeń komunikujących się bezprzewodowo; Big Data i analityka – technologie

gromadzenia, przetwarzania i analizy masowych zbiorów danych; Systemy cyberfizyczne (CPS – Cyber Physical Systems) – integracja obliczeń, komunikacji i procesów fizycznych; Przetwarzanie w chmurze – elastyczne zasoby obliczeniowe dostępne na żądanie; Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe – algorytmy zdolne do uczenia się na podstawie danych; Roboty autonomiczne – systemy robotyczne zdolne do pracy bez stałego nadzoru; Cyfrowe bliźniaki – wirtualne repliki fizycznych obiektów aktualizowane w czasie rzeczywistym; Wytwarzanie przyrostowe (druk 3D) – technologie budowania obiektów warstwa po warstwie; Cyberbezpieczeństwo – ochrona połączonych systemów przemysłowych.

Szacuje się, że w 2025 roku liczba urządzeń IoT przekroczyła 75 miliardów. Dla utrzymania ruchu Industry 4.0 oznacza Predictive Maintenance – algorytmy AI analizujące dane z tysięcy sensorów przewidują awarie z dokładnością 90–95%, umożliwiając optymalizację harmonogramów i redukcję kosztów o 25–30%.

2.5. Piąta rewolucja przemysłowa – Industry 5.0 (2021–obecnie)

2.5.1. Definicja Komisji Europejskiej

W styczniu 2021 roku Dyrekcja Generalna ds. Badań i Innowacji Komisji Europejskiej opublikowała przełomowy dokument zatytułowany *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publikacja ta formalnie zdefiniowała piątą rewolucję przemysłową jako nowy paradygmat rozwoju europejskiego przemysłu.

Komisja Europejska wyraźnie podkreśliła, że Industry 5.0 nie stanowi chronologicznej kontynuacji, ani zastąpienia Industry 4.0, lecz jego uzupełnienie o wymiar wartości i celów. O ile Industry 4.0 koncentrowało się na technologiach (digitalizacja, automatyzacja, łączność), o tyle Industry 5.0 stawia w centrum pytanie o cel i sens transformacji przemysłowej. Technologia pozostaje środkiem, natomiast celem staje się dobrobyt człowieka, zrównoważony rozwój i odporność społeczno-gospodarcza. Oficjalna definicja brzmi: Industry 5.0 uznaje potencjał przemysłu do osiągnięcia celów społecznych wykraczających poza miejsca pracy i wzrost ekonomiczny.

2.5.2. Trzy filary: człowiek, zrównoważoność, odporność

Industria 5.0 opiera się na trzech wzajemnie powiązanych filarach:

Zorientowanie na człowieka (*human-centric*) oznacza przesunięcie priorytetów z pytania – co technologia może zrobić? na pytanie – co technologia powinna zrobić dla człowieka? Pracownik nie jest traktowany, jako koszt do minimalizacji, lecz jako wartość, w którą należy inwestować. Technologie, takie jak roboty współpracujące (coboty), egzoszkielety wspomagające i interfejsy rozszerzonej rzeczywistości, mają wzmacniać ludzkie zdolności, a nie zastępować człowieka. Koncepcja Operatora 4.0 definiuje osiem konfiguracji: Super-strength, Augmented, Virtual, Healthy, Smarter, Collaborative, Social, Analytical. Szacuje się, że 75% siły roboczej w 2025 roku stanowią osoby urodzone w dwóch ostatnich dekadach XX wieku, czyli wyrosli już w erze cyfrowej, a 76% pracowników rozważa zobowiązania społeczne i środowiskowe pracodawcy przed podjęciem zatrudnienia.

Zrównoważoność (*sustainability*) odnosi się do imperatywu ekologicznego – konieczności radykalnego ograniczenia wpływu przemysłu na środowisko naturalne. Gospodarka cyrkularna (*circular economy*), efektywność energetyczna, redukcja emisji gazów cieplarnianych i projektowanie produktów z myślą o recyklingu stają się integralnymi elementami strategii przemysłowej. Obecnie zaledwie 12% surowców w europejskiej gospodarce pochodzi z recyklingu, zaś celem jest podwojenie do 24% do 2030 roku. Unia Europejską wyznaczyła cel redukcji emisji o 55% do 2030 roku (Fit for 55) i osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Predykcyjne utrzymanie ruchu wspiera zrównoważoność – maszyny w optymalnym stanie technicznym zużywają mniej energii, a wydłużenie żywotności sprzętu o 20–40% redukuje zapotrzebowanie na nowe zasoby.

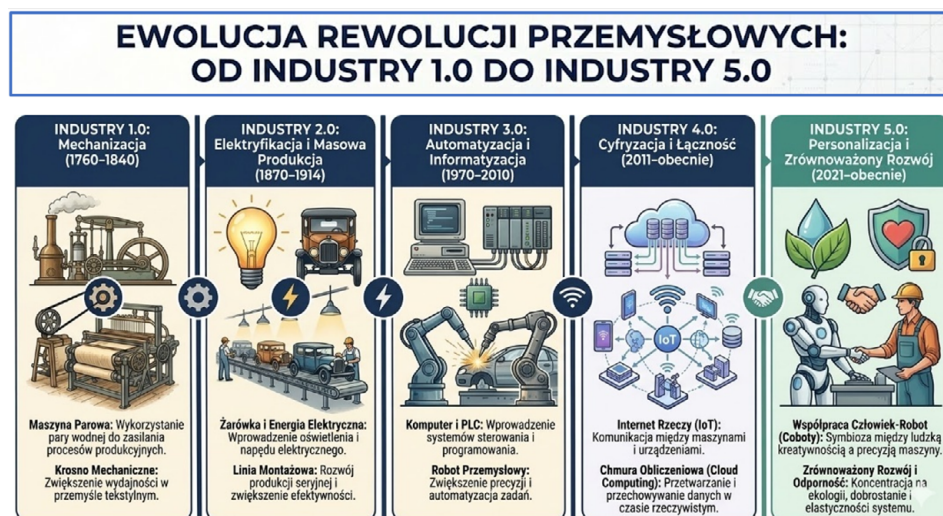
Odporność (*resilience*) odpowiada na doświadczenia kryzysu pandemicznego i napięć geopolitycznych. Dywersyfikacja łańcuchów dostaw, *near-shoring* (przenoszenie produkcji bliżej rynków zbytu), zdolność do szybkiej rekonfiguracji procesów oraz budowanie strategicznych rezerw komponentów krytycznych mają zabezpieczyć europejski przemysł przed przyszłymi wstrząsami. Badania wskazują, że 94% firm z listy Fortune 1000 doświadczyło zakłóceń łańcuchów dostaw podczas pandemii COVID-19. W 2024 roku 42% przedsiębiorstw deklarowało realizację lub planowanie projektów nearshore.

2.5.3. Relacja między Industry 4.0 a Industry 5.0

Relacja między czwartą, a piątą rewolucją przemysłową bywa przedmiotem nieporozumień. Komisja Europejską jednoznacznie wskazuje, że Industry 5.0 nie stanowi odrzucenia ani przewyżczenia Industry 4.0, lecz rozszerzenie i reorientację wartościową.

Industry 4.0 dostarczyło potężnych narzędzi technologicznych: IoT, Big Data, AI, cyfrowe bliźniaki, zaawansowaną robotykę. Narzędzia te pozostają w pełni aktualne i niezbędne. Industry 5.0 wprowadza natomiast perspektywę aksjologiczną – odpowiada na pytanie, jak wykorzystać te narzędzia w sposób służący człowiekowi i planecie, a nie tylko efektywności ekonomicznej.

Można zatem mówić o ewolucji od inteligentnej fabryki (*smart factory*) do fabryki mądrej i odpowiedzialnej – zakładu produkcyjnego, który jest nie tylko zdigitalizowany i zoptymalizowany, lecz również świadomy swojego wpływu społecznego i środowiskowego, zorientowany na dobrostan pracowników i zdolny do adaptacji w zmiennym otoczeniu.



Rys. 1. Ewolucja rewolucji przemysłowych

Ta zmiana paradygmatu ma bezpośrednie implikacje dla utrzymania ruchu maszyn. W perspektywie Industry 5.0 predykcyjne i preskryptywne systemy AI służą nie tylko minimalizacji kosztów przestoju, lecz również przedłużeniu życia maszyn (zrównoważoność), odciążeniu pracowników od monotonnych zadań diagnostycznych (zorientowanie na człowieka) oraz zapewnieniu ciągłości produkcji w sytuacjach kryzysowych (odporność). Dla utrzymania ruchu

maszyn oznacza to ewolucję ku systemom Prescriptive/Autonomous Maintenance – systemy AI nie tylko przewidują awarie, ale autonomicznie rekomendują działania naprawcze, zamawiają części, planują interwencje, integrując Human Digital Twins i Explainable AI dla budowania zaufania.



Rys. 2. Trzy filary Industry 5.0

3. Ewolucja strategii utrzymania ruchu

Utrzymanie ruchu maszyn stanowi funkcję przedsiębiorstwa produkcyjnego, której znaczenie rosło proporcjonalnie do złożoności i kapitałochłonności wyposażenia technicznego. Od reaktywnego naprawiania uszkodzonych maszyn, przez planową konserwację prewencyjną, diagnostykę stanu technicznego, aż po współczesne systemy preskrytywne oparte na sztucznej inteligencji – ewolucja strategii utrzymania ruchu odzwierciedla szersze przemiany technologiczne i organizacyjne kolejnych rewolucji przemysłowych.

3.1. Maintenance 1.0 – Podejście reaktywne (Run-to-Failure)

Maintenance 1.0 stanowi najstarsze podejście do utrzymania ruchu, dominujące w erze pierwszej rewolucji przemysłowej i utrzymujące się w niektórych aplikacjach do dziś. Filozofia *run-to-failure* opiera się na eksploatacji maszyn do momentu awarii, następnie przeprowadzeniu naprawy i ponownym uruchomieniu.

Charakteryzuje się najniższymi kosztami początkowymi (brak planowania prewencyjnego, brak inwestycji w monitoring), ale generuje najwyższe koszty całkowite (Total Cost of Ownership) z powodu: nieplanowanych przestojów (*downtime cost*), uszkodzeń wtórnych (awaria jednego elementu może uszkodzić inne komponenty), wysokich kosztów napraw awaryjnych (*emergency repairs*), utraconej produkcji oraz potencjalnych zagrożeń bezpieczeństwa.

Współczesne zastosowania reaktywnego *maintenance* ograniczają się do: sprzętu o niskim koszcie wymiany, redundantnych systemów, gdzie awaria jednego komponentu nie wpływa na produkcję, urządzeń niekrytycznych. Według danych Aberdeen Group, koszt nieplanowanego przestoju wynosi średnio 260 000 USD na godzinę dla 500 największych firm amerykańskich; firmy te tracą około 11% rocznego przychodu z powodu nieplanowanych przestojów. Badania wskazują, że koszt utrzymania reaktywnego jest o 300–400% wyższy, niż utrzymania planowanego – argumenty ekonomiczne przemawiają za ewolucją ku proaktywnym strategiom.

3.2. Maintenance 2.0 – Utrzymanie prewencyjne (Time-Based Maintenance)

Maintenance 2.0 wprowadza harmonogramy stałe wykonywania czynności obsługowych (przeglądy, smarowania, wymiany), bazując na czasie pracy, liczbie cykli lub przebytej odległości. Systematyczne podejście do planowej konserwacji rozwinęło się szczególnie intensywnie w przemyśle lotniczym. Przełomem była publikacja MSG-1 (Maintenance Steering Group) w 1968 roku, w której analizowano efektywność zadań konserwacyjnych dla Boeing 747.

W Japonii rozwijania została koncepcja Total Productive Maintenance (TPM) przez Seiichiego Nakajime, wprowadzona w 1969 roku w zakładach Nippondenso (obecnie Denso Corporation). TPM zmienia podział odpowiedzialności, włączając operatorów w podstawowe czynności obsługowe i koncentrując się na eliminacji strat. Wskaźnik OEE (Overall Equipment Effectiveness) zdefiniowany przez Nakajime integruje trzy komponenty: Dostępność $\times$ Wydajność $\times$ Jakość. OEE na poziomie 85% uznawany jest za światową klasę.

Głównym problemem Time-Based Maintenance jest potencjalne wykonywanie niepotrzebnych czynności (wymiana elementów przed rzeczywistym zużyciem – *overservice*) lub odwrotnie – awaria przed planowanym przeglądem (*underservice*). Według badań 30–40% czynności TBM wykonywanych jest przedwcześnie, generując koszty bez wartości dodanej. Koncepcja Reliability-Centered Maintenance (RCM), opisana w przełomowym raporcie Nowlana i Heapa z 1978 roku, obaliła mit uniwersalnego wzorca zużycia – badania wykazały, że tylko 11% komponentów wykazuje zużycie czasowe; 89% uszkadza się losowo.

3.3. Maintenance 3.0 – Condition-Based Maintenance (CBM)

Za pomocą CBM monitoruje się parametry pracy maszyn w sposób ciągły lub okresowy, wykonując czynności obsługowe tylko wtedy, gdy wskaźniki przekraczają ustalone progi. Diagnostyka wibracyjna stanowi najstarszą technikę monitorowania stanu, sięgającą publikacji T.C. Rathbone z 1939 roku. Współczesna analiza widmowa (FFT – Fast Fourier Transform) identyfikuje charakterystyczne częstotliwości związane z konkretnymi uszkodzeniami.

Kluczowe technologie CBM obejmują: analizę wibracji (wykrywanie nieznacznych nierówności, niewspółosiowości, luzów, uszkodzeń łożysk), termografie (nadmierne temperatury wskazujące na problemy elektryczne, mechaniczne,

izolacyjne), analizę oleju smarowego (zanieczyszczenia, degradacja, cząstki metalowe wskazujące na zużycie), analizę prądów silnika MCSA (Motor Current Signature Analysis), analizę ultradźwiękową (wycieki, problemy łożysk, wyładowania elektryczne).

CBM redukuje koszty utrzymania ruchu o 10-15% w porównaniu z TBM, zwiększa dostępność maszyn o 5-10%, wydłuża żywotność komponentów o 15-20% przez unikanie zarówno *overservice*, jak i *underservice*. Zastosowanie sieci neuronowych w diagnostyce skutkuje 30% redukcją fałszywych alarmów i 40% wzrostem dokładności predykcji.

3.4. Maintenance 4.0 – Predictive Maintenance z AI/ML

Predykcyjne utrzymanie ruchu (PdM) wykorzystuje algorytmy sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego do przewidywania awarii z dokładnością 90-95%, umożliwiając optymalizację harmonogramów utrzymania ruchu i redukcję kosztów o 25-30% w porównaniu z podejściem reaktywnym.

Kluczowe algorytmy stosowane w PdM obejmują: XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) osiągający 89-91% dokładności w predykcji pozostałego czasu użytkowania (RUL – Remaining Useful Life), Random Forest z dokładnością 91,8% i wysoką odpornością na przeuczenie, Support Vector Machines (SVM) z dokładnością 89,3% stosowane w diagnostyce silników indukcyjnych, konwolucyjne sieci neuronowe CNN osiągające 98,1% dokładności w rozpoznawaniu wzorców wibracyjnych, hybrydowe architektury CNN-LSTM uznawane za najlepszy performer z dokładnością 96,1% i F1-score 95,2%, dwukierunkowe sieci LSTM (Bidirectional LSTM) z dokładnością 95,8%.

Cyfrowe bliźniaki (Digital Twins) łączą modele fizyczne (*physics-based*) z uczeniem maszynowym, osiągając około 98% dokładność predykcji. Przetwarzanie brzegowe (Edge AI) z opóźnieniem 1-5 milisekund (wobec 100-500 ms w chmurze) umożliwia sterowanie w czasie rzeczywistym. Według Fortune Business Insights, rynek predykcyjnego utrzymania ruchu osiągnął 10,93 mld USD w 2024 roku i wzrośnie do 70,73 mld USD w 2032 roku, przy CAGR (Compound Annual Growth Rate), czyli skumulowany roczny wskaźnik wzrostu do 26,5%.

3.5. Maintenance 5.0 – Prescriptive i Autonomous Maintenance

Maintenance 5.0 stanowi najnowszy etap ewolucji, wykraczający poza prognozowanie i dostarczający autonomiczne rekomendacje działań naprawczych. O ile utrzymanie predykcyjne odpowiada na pytanie, co się wydarzy, o tyle Maintenance 5.0 odpowiada, co należy zrobić. System analizuje opcje interwencji, uwzględnia ograniczenia zasobowe i rekomenduje optymalną ścieżkę postępowania.

Kluczowe elementy Maintenance 5.0 obejmują: Explainable AI (XAI) wykorzystującą metody SHAP (SHapley Additive exPlanations – to metoda analizy wyjaśnialności modeli uczenia maszynowego i LIME – (Local Interpretable Model-Agnostic Explanations) – jest to technika, która opiera się na użyciu prostszego, interpretowalnego modelu (np. regresji liniowej) i wyjaśnieniu za jego pomocą predykcji modelu bardziej złożonego, dla budowania zaufania do rekomendacji systemów; Generative AI (LLM – Large Language Models) dla interfejsów konwersacyjnych i automatycznego generowania zleceń pracy; Human Digital Twins monitorujące stan operatorów i optymalizujące ergonomię; autonomiczne podejmowanie decyzji z automatycznym zamawianiem części zamiennych i planowaniem interwencji.



Rys. 3. Ewolucja strategii utrzymania ruchu maszyn

EU AI Act (Regulating 2024/1689) wymaga transparentności dla systemów wysokiego ryzyka do 2027 roku – XAI staje się obligatoryjny w aplikacjach przemysłowych. Badanie Siemens wykazało, że eksperci bez wyjaśnień byli trzykrotnie bardziej skłonni do błędnego odrzucenia prawidłowych rekomendacji AI – wyjaśnialna AI jest krytyczna dla adopcji.

Dalszy rozwój prowadzi ku systemom autonomicznym, zdolnym do podejmowania i realizacji decyzji bez interwencji człowieka. Modele dojrzałości wyróżniają pięć poziomów: reaktywny, planowany, proaktywny, predykcyjny i doskonałość. Większość przedsiębiorstw znajduje się na poziomach 2–3, z aspiracją przejścia do poziomu 4. Sztuczna inteligencja staje się katalizatorem przejścia, oferując możliwości analityczne niedostępne dla tradycyjnych metod (rys. 3).

4. Sztuczna inteligencja w utrzymaniu ruchu

Sztuczna inteligencja stanowi obecnie najdynamiczniej rozwijający się obszar technologiczny z bezpośrednim przełożeniem na praktykę utrzymania ruchu maszyn. Od algorytmów uczenia maszynowego, przez głębokie sieci neuronowe, cyfrowe bliźniaki, aż po generatywną AI – spektrum zastosowań jest rozległe, a efektywność – mierzalna w konkretnych wskaźnikach biznesowych.

4.1. Architektura systemów AI-powered maintenance

Współczesne systemy predykcyjnego utrzymania ruchu opierają się na pięciowarstwowej architekturze, integrującej komponenty sprzętowe i programowe w spójny ekosystem przetwarzania danych (rys. 4).

Warstwa L1 – IoT Sensors – stanowi fundament systemu, obejmując czujniki monitorujące kluczowe parametry pracy maszyn: wibracje (akcelerometry piezoelektryczne, MEMS – Micro-Electro-Mechanical Systems – to mikroskopijne urządzenia zintegrowane, łączące elementy mechaniczne i elektroniczne; temperaturę (termopary, czujniki IR – infrared – promieniowanie podczerwone; ciśnienie (przetworniki piezorezystywne); akustykę (mikrofony ultradźwiękowe); prąd silnika (przekładniki prądowe). Czujniki MEMS umożliwiają miniaturyzację oraz redukcję kosztów, przyspieszając proliferację monitoringu. Szacuje się, że liczba urządzeń IoT przekroczy 75 miliardów w 2025 roku, z czego znaczna część przypadnie na aplikacje przemysłowe. Rolls-Royce monitoruje ponad 10 000 parametrów w czasie rzeczywistym dla każdego silnika lotniczego.

Warstwa L2 – Edge Computing – lokuje moc obliczeniową blisko źródła danych, redukując opóźnienie transmisji i odciążając łącza komunikacyjne. Platformy takie, jak NVIDIA Jetson AGX Orin oferują 275 TOPS (Tera Operations Per Second) mocy obliczeniowej przy poborze mocy 10–60 W, umożliwiając uruchamianie zaawansowanych modeli AI bezpośrednio na linii produkcyjnej. Opóźnienie przetwarzania brzegowego wynosi 1–5 milisekund, w porównaniu z 100–500 ms dla przetwarzania w chmurze – różnica krytyczna dla zastosowań sterowania w czasie rzeczywistym.

Warstwa L3 – Digital Twin – stanowi wirtualną reprezentację fizycznego obiektu, połączoną dwukierunkowym przepływem danych. Cyfrowy

bliźniak integruje modele fizyczne (*physics-based*, np. równania różniczkowe opisujące dynamikę zużycia) z modelami uczenia maszynowego, osiągając dokładność predykcji na poziomie około 98%. Koncepcja Fei Tao definiuje pięciowymiarową architekturę cyfrowego bliźniaka: Physical Entity, Virtual Entity, Connection, Data, Service.

Warstwa L4 – Cloud Analytics – obejmuje algorytmy AI/ML trenowane na historycznych zbiorach danych, wykorzystujące elastyczne zasoby obliczeniowe chmury. Platformy takie, jak AWS SageMaker, Azure ML, Google Vertex AI umożliwiają trening modeli na petabajtach danych sensorowych. W tej warstwie działają zaawansowane **modele głębokiego** uczenia: CNN-LSTM osiągające 96,1% dokładności, XGBoost z 89–91% dokładnością predykcji RUL, ensemble models **integrujące** wiele **algorytmów**.

Warstwa L5 – Decision Layer – integruje wyniki analizy z interfejsem **użytkownika**, systemami ERP/MES i wykonawczymi. Obejmuje komponent Explainable AI (XAI) **dostarczający wyjaśnień rekomendacji systemowych** poprzez metody SHAP i LIME, interfejsy konwersacyjne oparte na LLM, automatyczne generowanie **zleceń** pracy (Work Orders), **integrację** z systemami zamawiania części zamiennych.

4.2. Algorytmy Machine Learning i Deep Learning

4.2.1. Tradycyjne algorytmy uczenia maszynowego

Algorytmy uczenia maszynowego stanowią fundament predykcyjnego utrzymania ruchu, oferując interpretowalność i efektywność obliczeniową przewyższającą głębokie uczenie w wielu zastosowaniach.

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting), opracowany przez Tianqi Chena w 2016 roku, stanowi implementację gradient boosting zoptymalizowaną pod kątem wydajności i skalowalności. W zastosowaniach PdM XGBoost osiąga 89–91% dokładności w predykcji pozostałego czasu użytkowania (RUL – Remaining Useful Life). Zalety obejmują wysoką wydajność na danych tabelarycznych, wbudowaną regularyzację zapobiegającą przeuczeniu oraz interpretowalność poprzez *feature importance*. Zastosowania obejmują predykcje RUL łożysk, klasyfikację stanów uszkodzeniowych, optymalizację harmonogramów utrzymania ruchu.

Random Forest, wprowadzony przez Leo Breimana w 2001 roku, agreguje predykcje wielu drzew decyzyjnych trenowanych na losowych podzbiorach

danych. W kontekście PdM Random Forest wykazuje wysoką odporność na przeuczenie, osiągając dokładność 91,8% i F1-score 90,1% w klasyfikacji stanów maszyn. Badania Tang et al. (2025) wykazały, że integracja SHAP z Random Forest umożliwia identyfikację najważniejszych sensorów dla predykcji – w jednym przypadku optymalizacja doboru czujników zredukowała ich liczbę o 50% przy zachowaniu 99,929% dokładności.

Support Vector Machines (SVM) z jądrem RBF (Radial Basis Function) znajdują zastosowanie szczególnie w diagnostyce silników indukcyjnych na podstawie analizy MCSA. Metoda analizy sygnatury prądu silnika (MCSA) jest sposobem wykrywania i monitorowania stanu, stosowanym do wczesnego wykrywania uszkodzeń prętów wirnika trójfazowych silników indukcyjnych. Dokładność SVM w klasyfikacji binarnej (sprawny/uszkodzony) osiąga 89,3% przy F1-score 87,2%. Zaletą SVM jest efektywność na małych zbiorach danych, gdzie głębokie uczenie zawodzi z powodu przeuczenia.

LightGBM (Light Gradient Boosting Machine), opracowany przez Microsoft, optymalizuje gradient boosting pod kątem szybkości treningu i zużycia pamięci. W *ensemble models* dla estymacji RUL LightGBM osiąga RMSE (Root Mean Square Error – pierwiastek błędu średniokwadratowego) 2,94 – jeden z najniższych wśród algorytmów ML.

4.2.2. Głębokie sieci neuronowe

Głębokie uczenie (*deep learning*) stanowi podzbiór uczenia maszynowego stosujący sieci neuronowe o wielu warstwach ukrytych, zdolne do automatycznego wydobywania cech z surowych danych sensorowych.

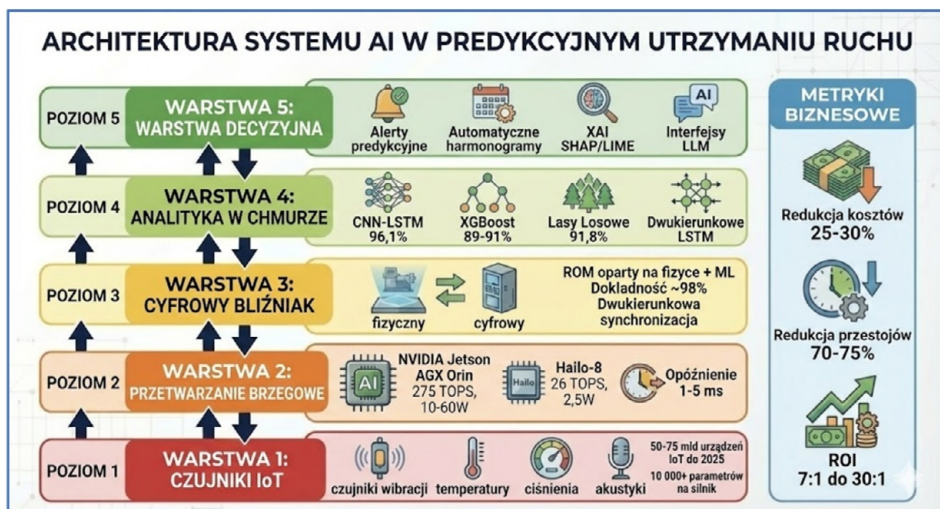
Konwolucyjne sieci neuronowe (CNN – Convolutional Neural Networks), pierwotnie opracowane dla rozpoznawania obrazów, znajdują zastosowanie w analizie sygnałów wibracyjnych przekształconych do reprezentacji czasowo-częstotliwościowej (spektrogramy, skalogramy). CNN automatycznie wydobywają cechy charakterystyczne dla różnych stanów uszkodzeniowych, eliminując potrzebę ręcznej inżynierii cech. Dokładność CNN w klasyfikacji uszkodzeń łożysk osiąga 98,1%. Optymalna architektura obejmuje 3 warstwy konwolucyjne (32, 64, 128 filtrów), *kernel size* 3, aktywacja RLU, warstwy *pooling* redukujące wymiarowość.

Sieci rekurencyjne LSTM (*Long Short-Term Memory*), zaproponowane przez Hochreitera i Schmidhubera w 1997 roku, są dedykowane przetwarzaniu sekwencji czasowych. Mechanizm bramek (*input gate*, *forget gate*, *output gate*) umożliwia selektywne zapamiętywanie i zapominanie informacji, rozwiązując

problem zanikającego gradientu w długich sekwencjach. LSTM znajdują zastosowanie w predykcji RUL na podstawie trendów degradacji, detekcji anomalii w szeregach czasowych, prognozowaniu zużycia komponentów. LSTM-Auto-encoder osiąga 97,7% dokładności w detekcji anomalii z najszybszą zbieżnością (0,3 sekundy dla 20 000 pomiarów).

Hybrydowe architektury CNN-LSTM łączą zalety obu podejść: CNN wydobywa cechy przestrzenne z sygnałów, LSTM modeluje zależności czasowe. *Multi-scale CNN-BiLSTM-AM* (2025) osiąga najwyższą wydajność wśród badanych architektur: 96,1% dokładności i F1-score 95,2%. Architektura obejmuje wieloskalowe warstwy konwolucyjne (*kernel sizes* 3, 5, 7), dwukierunkowe LSTM (*bidirectional LSTM*) przetwarzające sekwencje w obu kierunkach oraz mechanizm uwagi (*attention mechanism*) ważący istotność różnych fragmentów sekwencji. *Bidirectional LSTM* samodzielnie osiąga 95,8% dokładności i F1score 94,6%.

Autoencodery stanowią architektury głębokiego uczenia trenowane do rekonstrukcji danych wejściowych. W zastosowaniach PdM autoencodery uczą się normalnego zachowania maszyny; odchylenia od wzorca (wysoki błąd rekonstrukcji) sygnalizują anomalię. Zaletą jest możliwość uczenia bez nadzoru (*unsupervised learning*) – nie wymaga oznaczonych przykładów awarii, które są rzadkie i kosztowne do pozyskania.



Rys. 4. Architektura systemu AI w Predictive Maintenance

5. **Industry 5.0 – nowy paradygmat produkcji**

Koncepcja Industury 5.0 stanowi odpowiedź na ograniczenia paradygmatu Industury 4.0, który koncentrując się na technologiach cyfrowych, niewystarczająco adresował kwestie społeczne, środowiskowe i systemowe. W tym rozdziale szczegółowo omawiane są trzy filary Industury 5.0, ich implikacje dla utrzymania ruchu oraz ramy polityczne wspierające transformację.

5.1. **Produkcja zorientowana na człowieka (*human-centric*)**

Zorientowanie na człowieka stanowi fundamentalny filar Industury 5.0, redefiniujący rolę pracownika w środowisku produkcyjnym. Zamiast traktować człowieka, jako koszt do minimalizacji lub zasób do optymalizacji, Industury 5.0 pozycjonuje pracownika, jako wartość centralną – odbiorcę korzyści z transformacji technologicznej, a nie jej ofiarę.

Roboty współpracujące (coboty) stanowią nową kategorię urządzeń zaprojektowanych do bezpośredniej interakcji z człowiekiem we współdzielonej przestrzeni roboczej. W przeciwieństwie do tradycyjnych robotów przemysłowych, wymagających fizycznej separacji (klatki, kurtyny świetlne), coboty wyposażono w systemy bezpieczeństwa umożliwiające bezpieczną koegzystencję: czujniki siły/momentu obrotowego wykrywające kolizje, ograniczenia prędkości i siły, miękkie pokrycia redukujące urazowe skutki kontaktu. Rynek cobotów osiągnął 4,21 mld USD w 2024 roku, z prognozą wzrostu do 11,64 mld USD do 2030 roku (CAGR 31,6%). Główne zastosowania obejmują: montaż precyzyjny wymagający ludzkiej zręczności wspomaganą precyzją robota, obsługę maszyn (*machine tending*) – ładowanie/rozładowanie obrabiarek CNC, kontrolę jakości z wykorzystaniem wizji maszynowej, pakowanie i paletyzację.

Koncepcja Operatora 4.0 (Romero et al., 2016) definiuje osiem konfiguracji augmentacji pracownika: Super-strength Operator – egzoszkielety zwiększające siłę i redukujące obciążenie układu ruchu; Augmented Operator – systemy rozszerzonej rzeczywistości (AR) nakładające instrukcje na pole widzenia; Virtual Operator – szkolenia i symulacje w wirtualnej rzeczywistości (VR); Healthy Operator – *wearables* (urządzenie ubieralne, komputer ubierany – ubrania oraz akcesoria zawierające w sobie komputer oraz zaawansowane technologie

elektroniczne monitorujące parametry zdrowotne); Smarter Operator – asystenci AI dostarczający kontekstowe wsparcie; Collaborative Operator – współpraca z cobotami; Social Operator – platformy kolaboracji i dzielenia wiedzy; Analytical Operator – narzędzia analizy danych dla podejmowania decyzji.

BMW wdrożyło egzoszkielety (Ottobock Paexo) w zakładach montażowych, redukując obciążenie kręgosłupa pracowników o 25% podczas prac nad głową. Volkswagen stosuje egzoszkielety Chairless Chair umożliwiające przysiadły bez krzesła – redukcja zmęczenia nóg o 40%. Airbus wykorzystuje AR (Microsoft HoloLens) do wsparcia montażu wiązek kablowych – redukcja czasu szkolenia o 50%, redukcja błędów o 40%.

5.2. Zrównoważony rozwój (*sustainability*)

Zrównoważoność w Industry 5.0 odnosi się do imperatywu ekologicznego – konieczności radykalnego ograniczenia wpływu przemysłu na środowisko naturalne przy jednoczesnym zachowaniu konkurencyjności ekonomicznej.

Przemysł odpowiada za około 25% globalnego zużycia energii i podobny udział w emisjach gazów cieplarnianych. Transformacja ku neutralności klimatycznej wymaga fundamentalnych zmian w procesach produkcyjnych, źródłach energii i gospodarce materiałowej.

Model gospodarki cyrkularnej (*circular economy*) zastępuje paradygmat linearny (wydobądź–wyprodukuj–wyrzuć) zamkniętymi pętlami materiałowymi. Produkty projektowane są z myślą o naprawie, regeneracji i recyklingu; odpady jednego procesu stają się surowcem dla innego. Obecnie zaledwie 12% surowców w europejskiej gospodarce pochodzi z recyklingu, z celem podwojenia do 24% do 2030 roku. Unia Europejska wyznaczyła cel redukcji emisji o 55% do 2030 roku (Fit for 55) i osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku.

Predykcyjne utrzymanie ruchu wspiera zrównoważoność na wiele sposobów: maszyny w optymalnym stanie technicznym zużywają mniej energii – szacuje się, że nieoptymalnie działające sprzęty zużywają 10–20% więcej energii, niż sprawne odpowiedniki; wydłużenie żywotności sprzętu o 20–40% redukuje zapotrzebowanie na produkcję nowych maszyn i związane z nią zużycie zasobów; optymalizacja zużycia materiałów eksploatacyjnych (smary, filtry) redukuje odpady; redukcja nieplanowanych przestojów eliminuje marnotrawstwo energii i materiałów związane z rozruchami i przestojami.

5.3. Odporność przemysłowa (*resilience*)

Odporność (*resilience*) w kontekście Industry 5.0 oznacza zdolność systemów produkcyjnych do absorpcji wstrząsów, adaptacji do zmiennych warunków i szybkiego przywracania funkcjonalności po **zakłóceniach**.

Pandemia COVID-19 **obnażyła kruchość** globalnych łańcuchów dostaw opartych na minimalizacji **zapasów** (*just-in-time*) i koncentracji produkcji w **odległych** lokalizacjach. Badania wskazują, że 94% firm z listy Fortune 1000 doświadczyło zakłóceń łańcuchów dostaw podczas pandemii. Szacuje się, że firmy Fortune 500 **tracą** około 1,5 biliona USD rocznie z powodu nieplanowanych przestojów – **część** z nich wynika z zakłóceń w dostawach części zamiennych i komponentów.

Strategie budowania odporności obejmują: *nearshoring* i *reshoring* – przenoszenie produkcji bliżej rynków zbytu (w 2024 roku 42% przedsiębiorstw deklarowało realizację lub planowanie projektów *nearshore*); **dywersyfikację dostawców** – redukcja zależności od pojedynczych źródeł; strategiczne zapasy – utrzymywanie **buforów** krytycznych komponentów; rekonfigurowalne systemy produkcyjne (RMS – Reconfigurable Manufacturing Systems) zdolne do szybkiej zmiany asortymentu; *additive manufacturing* (druk 3D) umożliwiający produkcję części zamiennych na żądanie, **eliminując** zależność od **długotrwałych** łańcuchów dostaw.

Predykcyjne utrzymanie ruchu wspiera odporność poprzez: redukcję nieplanowanych przestojów o 70–75%, **zwiększając** niezawodność produkcji; optymalizację **zapasów** części zamiennych – zamawianie *just-in-time*, **bazujące** na predykcji, nie na nadmiernych buforach; **umożliwienie** produkcji części zamiennych na miejscu (AM + Digital Twins).

5.4. Ramy polityczne Unii Europejskiej

Unia Europejską aktywnie wspiera transformację ku Industry 5.0 poprzez instrumenty regulacyjne, programy finansowania i inicjatywy strategiczne.

Horizon Europe (2021–2027) z budżetem 93,5 mld EUR stanowi największy na świecie program finansowania badań i innowacji. Klaster 4 (Digital, Industry and Space) bezpośrednio adresuje tematykę Industry 5.0, finansując projekty w obszarach: sztucznej inteligencji i robotyki, zaawansowanej produkcji, cyfrowych bliźniaków, zrównoważonego przemysłu.

European Chips Act (2023) mobilizuje 43 mld EUR inwestycji publicznych i prywatnych dla wzmocnienia europejskiego sektora półprzewodników. Cel stanowi podwojenie udziału Europy w globalnym rynku chipów z 10% do 20% do 2030 roku – dywersyfikacja dostaw krytycznych komponentów wspiera odporność przemysłu.

EU AI Act (Regulation 2024/1689) stanowi pierwszą na świecie kompleksową regulację sztucznej inteligencji. Klasyfikuje systemy AI według poziomu ryzyka i nakłada odpowiednie wymogi. Systemy AI wysokiego ryzyka, do których zaliczają się aplikacje w infrastrukturze krytycznej i bezpieczeństwie pracy, podlegają wymogom transparentności, nadzoru ludzkiego i dokumentacji. Pełna zgodność wymagana jest do 2027 roku.

5.5. Dane rynkowe i prognozy

Rynek predykcyjnego utrzymania ruchu wykazuje dynamiczny wzrost, odzwierciedlający rosnącą adopcję technologii AI w przemyśle. Według Fortune Business Insights, globalny rynek PdM osiągnął 10,93 mld USD w 2024 roku i wzrośnie do 70,73 mld USD w 2032 roku przy CAGR 26,5%. MarketsandMarkets prognozuje 47,8 mld USD do 2029 roku (CAGR 28,8%), podczas gdy Mordor Intelligence szacuje 64 mld USD do 2030 roku.

Szerszy rynek Industry 5.0 osiągnął wartość 65–72 mld USD w 2024 roku, z prognozowanym wzrostem przy CAGR 31–34% w perspektywie do 2030 roku. Rynek cyfrowych bliźniaków, jako kluczowa technologia umożliwiająca, rozwinie się z 21–25 mld USD (2024) do 125–156 mld USD (2030) przy CAGR 34–48%.

Rozkład geograficzny rynku wskazuje na dominację Ameryki Północnej (34–35% udziału), z Europą (25–28%) i regionem Azja–Pacyfik (25–30%) jako głównymi regionami wzrostu. Adopcja cyfrowych bliźniaków wśród producentów wzrośnie z 45% (2024) do 65% (2027).

Napędy wzrostu obejmują: rosnące koszty nieplanowanych przestojów (260 000 USD/godzinę dla Fortune 500); dojrzałość technologii AI/ML umożliwiających praktyczne wdrożenia; presję regulacyjną (EU AI Act, wymogi ESG – Environmental, Social, and Governance) to standardy zrównoważonego rozwoju obejmujące środowisko (E), społeczeństwo (S) i ład korporacyjny (G); dostępność platform chmurowych redukujących bariery wejścia; sukcesy wdrożeń dokumentowane przez liderów branżowych.

6. Studia przypadków – praktyczne implementacje

Teoretyczne rozważania dotyczące potencjału sztucznej inteligencji w utrzymaniu ruchu znajdują potwierdzenie w praktycznych wdrożeniach realizowanych przez liderów przemysłowych. Poniżej pokazane studia przypadków dokumentują weryfikowalne rezultaty – redukcję kosztów, eliminację przestojów, zwroty z inwestycji – osiągane w rzeczywistych warunkach produkcyjnych (rys. 5).

6.1. Sektor motoryzacyjny – BMW Group

6.1.1. Zakład BMW w Regensburgu

Zakład BMW Group w Regensburgu (Niemcy) stanowi jeden z najnowocześniejszych kompleksów produkcyjnych koncernu, wytwarzający do 1 000 pojazdów dziennie (modele serii 1, X1, X2). Zakład zatrudnia około 9 000 pracowników i charakteryzuje się wysokim stopniem automatyzacji – ponad 4 000 robotów przemysłowych.

BMW wdrożyło chmurowy system predykcyjnego utrzymania ruchu wykorzystujący istniejące dane z systemów sterowania – kluczowa innowacja polegała na tym, że system nie wymaga dodatkowych sensorów, lecz analizuje sygnały już gromadzone przez sterowniki PLC. Podejście to radykalnie redukuje koszty wdrożenia i eliminuje problemy integracji nowego sprzętu z istniejącą infrastrukturą.

Zastosowania obejmują monitoring pistoletów zgrzewających (wykonujących 15 000 zgrzein punktowych dziennie każdy), przenośników montażowych pracujących 24/7, oraz silników napędowych linii produkcyjnych. Algorytmy ML analizują wzorce prądów, momentów obrotowych i czasów cykli, identyfikując odchylenia zwiastujące degradację.

Wyniki wdrożenia są imponujące: uniknięto dużej liczby zakłóceń montażu, rocznie to wartość odpowiadająca setkom utraconych pojazdów; ROI – Return on Investment, czyli zwrot z inwestycji osiągnięty w mniej niż 12 miesięcy; 35% redukcja awaryjnych wezwań utrzymania ruchu; predykcja z 7–14-dniowym wyprzedzeniem dla większości potencjalnych incydentów. Sukces Regensburga doprowadził do rozszerzenia systemu na inne zakłady grupy BMW.

6.1.2. Ford Motor Company

Ford Motor Company wdraża AI-powered PdM w ponad 100 zakładach globalnie, wykorzystując platformę Azure IoT Hub do centralizacji danych z około 50 000 urządzeń. Zakład w Walencji (Hiszpania) osiągnął: 25% redukcję przestojów, 1,2 mln USD rocznych oszczędności, 10–14 dni wyprzedzenia w predykcji awarii spawalni. Zakład Dearborn Truck Plant produkujący F-150 zaraportował: 30% redukcję kosztów utrzymania ruchu, 40% poprawę jakości pierwszego przejścia (*first-pass yield*).

Ford podkreśla wyzwania dotyczące integracji starszych systemów – niektóre maszyny i urządzenia mają 30–40 lat i nie były projektowane z myślą o cyfrowej łączności. Rozwiązania obejmują modernizację sensorów i bramek IoT konwertujących protokoły przemysłowe. Program szkoleń obejmujący ponad 2 000 techników był krytyczny dla wdrożenia.

6.2. Przemysł lotniczy – Rolls-Royce i GE Aviation

6.2.1. Rolls-Royce IntelligentEngine

Program IntelligentEngine stanowi flagową inicjatywę Rolls-Royce w obszarze predykcyjnego utrzymania ruchu silników lotniczych. System monitoruje ponad 13 000 silników globalnie (rodziny Trent 1000, Trent XWB, Trent 7000), generując około 0,5 GB danych na lot dla każdego silnika.

Architektura systemu obejmuje: Engine Vibration Health Monitoring Unit (EVHMU) rejestrujący ponad 10 000 parametrów w czasie rzeczywistym; transmisję danych via ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) podczas lotu; centrum operacyjne w Derby (UK) analizujące dane 24/7 z wykorzystaniem zespołów inżynierów i systemów AI; cyfrowe bliźniaki każdego silnika aktualizowane danymi operacyjnymi.

Wyniki wdrożenia przyniosły: 5% redukcję nieplanowanych uziemień samolotów; około 400 unikniętych nieplanowanych zdarzeń utrzymania ruchu rocznie; 50% wydłużenie interwałów między przeglądami kapitalnymi; redukcję zapasów części zamiennych o miliony funtów rocznie. Szczególnie istotna jest innowacja modelu biznesowego: program TotalCare (*power-by-the-hour*) przenosi ryzyko dostępności silnika na Rolls-Royce – linie lotnicze płacą za godziny lotu, nie za silnik. Model ten radykalnie zmienia motywację: dla Rolls-Royce

maksymalizacja czasu w powietrzu i minimalizacja przestojów staje się bezpośrednim interesem biznesowym.

6.2.2. GE Aviation

GE Aviation wykorzystuje **platformę** Predix IIoT do monitoringu tysięcy silników lotniczych globalnie. **Szczególnie** zaawansowany jest system dla silnika GE9X (**największego** silnika świata, **napędzającego** Boeing 777X): 16 stref monitoringu, ponad 300 sensorów, 1 TB danych generowanych na lot. Cyfrowy bliźniak każdego silnika modeluje ponad 20 zjawisk fizycznych (termodynamika, mechanika, akustyka) i jest aktualizowany danymi operacyjnymi w czasie **zbliżonym** do rzeczywistego.

Wyniki wdrożenia obejmują: 25–30% redukcję nieplanowanych **demon-taży** silników; 60% **wcześniejszą** detekcję problemów w **porównaniu** z metodami tradycyjnymi; 20% **wyższą** dostępność floty **dzięki** AI-driven scheduling. W segmencie energetycznym (GE Vernova) system predykcyjny generuje 12 mln USD rocznych **oszczędności** na elektrowni. Predykcja **zdarzeń** flamout (**zgaśnięcia** silnika) osiąga 95% dokładność 48–72 godziny przed **potencjalnym** wystąpieniem.

6.3. Sektor energetyczny – Siemens

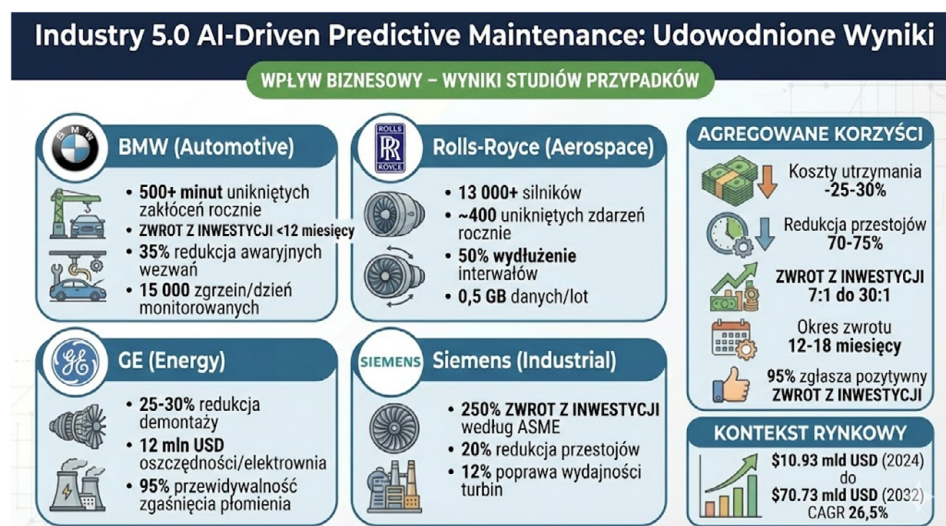
Siemens oferuje platformę Senseye Predictive Maintenance, monitorującą tysiące maszyn w zakładach produkcyjnych klientów. System integruje dane z różnorodnych źródeł (sensory, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition – to informatyczny system nadrzędny, służący do monitorowania, wizualizacji, sterowania oraz archiwizacji danych procesów przemysłowych i technologicznych w czasie rzeczywistym, dane historyczne) i stosuje algorytmy ML do predykcji awarii.

Wyniki dokumentowane przez Siemens obejmują: 12% poprawę wydajności turbin gazowych; 20% redukcję nieplanowanych wyłączeń; 250% średni ROI dla projektów PdM według badania ASME (American Society of Mechanical Engineers).

Przykładowa kalkulacja ROI dla typowego wdrożenia: CAPEX 500 000 USD (sensory, oprogramowanie, integracja) plus OPEX 100 000 USD rocznie; oszczędności 2,5 mln USD rocznie (1,8 mln USD uniknięte przestoje + 500 000 USD redukcja kosztów utrzymania ruchu + 200 000 USD

optymalizacja zapasów). Payback period: 5–6 miesięcy; NPV (Net Present Value), czyli wartość bieżąca netto, to wskaźnik finansowy służący do oceny opłacalności inwestycji poprzez różnicę między zdyskontowanymi przyszłymi przepływami pieniężnymi, a początkowymi nakładami) w horyzoncie 5 lat: ponad 10 mln USD.

Dla turbin gazowych SGT-800 system monitoruje ponad 500 parametrów, przewidując degradację łopatek z 14–21-dniowym wyprzedzeniem. Redukcja nieplanowanych przestojów o 15–20% przekłada się na miliony dolarów oszczędności dla operatorów elektrowni.



Rys. 5. Predictive Maintenance wspomagane sztuczną inteligencją – uzyskiwane wyniki

7. Perspektywy rozwoju i przyszłość

Transformacja w kierunku Industry 5.0 i AI-powered maintenance znajduje się w fazie przyspieszenia, napędzana dojrzałością technologii, dostępnością platform chmurowych, presją konkurencyjną i rosnącą świadomością korzyści. Poniżej przedstawiono perspektywy rozwoju w trzech horyzontach czasowych oraz kluczowe wyzwania do pokonania (rys. 6).

7.1. Wschodzące technologie 2025–2027

Generatywna AI transformuje podejście do utrzymania ruchu poprzez: syntetyczną kreację zbiorów danych dla rzadkich trybów uszkodzeń (GAN/VAE generują realistyczne dane awarii, poprawiając dokładność klasyfikatorów o 8-15%); cyfrowe bliźniaki napędzane modelami generatywnymi (generative Digital Twins) zdolne do symulacji scenariuszy what-if; interfejsy głosowe i konwersacyjne umożliwiające operatorom interakcję z systemami AI w języku naturalnym. ABB wprowadziło w styczniu 2025 roku Ability Genix Copilot – asystenta AI integrującego dane operacyjne z interfejsem konwersacyjnym.

Technologie 5G + Edge AI umożliwiają: ultra-niezawodną komunikację (URLLC – Ultra-Reliable Low-Latency Communications, to kluczowa usługa w sieciach 5G, zapewniająca niezwykle wysoką niezawodność (ponad 99,999%) oraz bardzo małe opóźnienia – poniżej 1 ms dla krytycznych zastosowań; massive Machine-Type Communications (mMTC – to cecha 5G, która skoncentrowana jest na zapewnieniu łączności dla dużej liczby urządzeń, które sporadycznie przesyłają niewielkie ilości danych i nie wymagają małych opóźnień) obsługujące już ponad 75 miliardów urządzeń IoT w 2025 roku; Small Language Models (SLM) wdrażane na urządzeniach brzegowych dla zachowania prywatności danych i redukcji opóźnień; proliferację zaawansowanych chipów AI (NVIDIA Orin, Hailo-8) w mainstreamowych aplikacjach.

Human Digital Twins – cyfrowe bliźniaki człowieka – wejdą do mainstreamu w okresie 2026–2028. Technologia umożliwi: monitoring stanu operatora (zmęczenie, stres, uwaga) poprzez *wearables* (kategorie elektroniki zaprojektowanej do noszenia) i wizję komputerową; optymalizację ergonomii stanowisk pracy na podstawie symulacji; predykcje zmęczenia i planowanie przerw dla maksymalizacji bezpieczeństwa i produktywności; personalizację interfejsów człowiek–maszyna.

7.2. Horyzont średnioterminowy 2028–2029

Federated Learning stanie się standardem dla rozproszonej AI przemysłowej, umożliwiając: trening globalnych modeli na rozproszonych danych bez fizycznego ich udostępniania (krytyczne dla poufności i regulacji GDPR – General Data Protection Regulation, pol. – RODO); kolaboracje między przedsiębiorstwami bez ujawniania wrażliwych danych operacyjnych; ciągłą poprawę modeli poprzez uczenie z danych całej branży.

Blockchain (zdecentralizowana, rozproszona cyfrowa księga rachunkowa) dla bezpiecznej wymiany danych przemysłowych umożliwi: weryfikowalną historię utrzymania ruchu zwiększającą wartość rezydualną (końcową) maszyn, czyli szacunkową kwotę, jaką przedsiębiorstwo może uzyskać ze sprzedaży urządzenia po zakończeniu jego planowanego okresu użytkowania; Industrial Data Marketplaces – rynki danych przemysłowych z gwarantowaną proveniencją; *smart contracts* (inteligentne kontrakty), czyli samowykonujące się programy komputerowe działające w technologii blockchain automatyzujące płatności w modelach *power-by-the-hour* (zasilanie na godziny).

Industrial Metaverse (to immersyjny, trwały ekosystem cyfrowy, który łączy świat fizyczny i wirtualny), wejdzie w powszechne użycie. Wirtualne bliźniaki fabryk umożliwią: immersyjne szkolenia operatorów i techników utrzymania ruchu; symulacje scenariuszy awaryjnych bez ryzyka dla fizycznej infrastruktury; zdalna ekspertyza – specjaliści z dowolnego miejsca na świecie mogą wirtualnie być obecni przy maszynie. Microsoft, Meta, Siemens intensywnie inwestują w platformy Industrial Metaverse.

7.3. Wizja długoterminowa 2030+

Cognitive Twins z integracją zbliżoną do świadomości reprezentują zaawansowaną formę cyfrowych bliźniaków, zdolną do: autonomicznego rozumowania o stanach maszyn w złożonych, niejednoznacznych sytuacjach; uczenia się z minimalnych danych (*few-shot learning*); generalizacji wiedzy między domenami (*transfer learning*).

LLM (Large Language Model), to zaawansowany algorytm sztucznej inteligencji, trenowany na ogromnych zbiorach danych, który rozumie i generuje naturalny tekst. Jako uniwersalny interfejs przemysłowy umożliwi: sterowanie produkcją w języku naturalnym (np. zwiększ wydajność linii 3 o 10%, zachowując parametry jakościowe); demokratyzację dostępu do zaawansowanych

analiz – operatorzy bez przygotowania IT mogą korzystać z pomocy AI; automatyczne generowanie dokumentacji, raportów, zleceń pracy.

Autonomiczne sieci samoleczące (*self-healing networks*) realizują wizję *zero-touch maintenance* (konserwacja bezdotykowa oznacza automatyzację zarządzania cyklem życia IT, sieci i urządzeń, w tym ich dostarczania, konfiguracji, aktualizacji i rozwiązywania problemów, bez ręcznej ingerencji człowieka: systemy samodzielnie diagnozują, naprawiają i optymalizują bez interwencji człowieka; predykcja i zapobieganie awariom zanim wystąpią jakiegokolwiek symptomy; automatyczna rekonfiguracja procesów w odpowiedzi na zmieniające się warunki).

Quantum Computing (komputery kwantowe) dla złożonej optymalizacji umożliwi: harmonogramowanie produkcji z uwzględnieniem tysięcy ograniczeń i milionów zmiennych; projektowanie nowych materiałów (smary, powłoki) o optymalnych właściwościach; symulacje molekularne procesów degradacji niedostępne dla klasycznych komputerów. Prognozy wskazują na rynek PdM ponad 63 mld USD do 2030 roku, a cały rynek Industry 5.0 przekraczający 200 mld USD.

7.4. Wyzwania technologiczne i społeczne

Jakość i dostępność danych stanowi fundamentalne wyzwanie. Badania wskazują, że problemy z jakością danych dotyczą 60–75% wdrożeń AI w przemyśle. Typowe problemy obejmują: brakujące wartości i luki w szeregach czasowych; błędy etykietowania (*labeling errors*) w danych treningowych; drift danych – zmianą charakterystyki sygnałów w czasie; niewystarczająca reprezentacja rzadkich trybów uszkodzeń.

Integracja IT/OT (Information Technology / Operational Technology) generuje silosy danych i wyzwania interoperacyjności. Protokoły przemysłowe (Modbus, PROFINET, EtherCAT) różnią się od protokołów IT (HTTP, MQTT). Inicjatywy standaryzacyjne (OPC UA, NAMUR Open Architecture) adresują te wyzwania, ale adopcja jest niekompletna.

Cyberbezpieczeństwo stanowi krytyczne wyzwanie w świecie połączonych systemów przemysłowych. Incydent Colonial Pipeline (2021), gdzie atak *ransomware* (złośliwe oprogramowanie (*malware*), które szyfruje pliki lub blokuje dostęp do systemu, żądając od ofiary okupu – zazwyczaj w kryptowalutach – w zamian za przywrócenie dostępu) sparaliżował największy rurociąg paliw w USA na 5 dni, pokazał podatność infrastruktury przemysłowej.

Rekomendacje obejmują: segmentację sieci IT/OT; monitoring ruchu sieciowego z wykorzystaniem AI; regularne audyty bezpieczeństwa; planowanie ciągłości działania.

Luka kompetencyjna dotyka 65–80% organizacji wdrażających Industrię 4.0/5.0. Zapotrzebowanie na specjalistów łączących wiedzę domenową (mechanika, elektryka, automatyka) z kompetencjami AI/ML przewyższy podaż przez następną dekadę. Model kompetencji *T-shaped* (głęboka specjalizacja + szerokie rozeznanie) staje się standardem.

7.5. Polski przemysł i rola uczelni technicznych

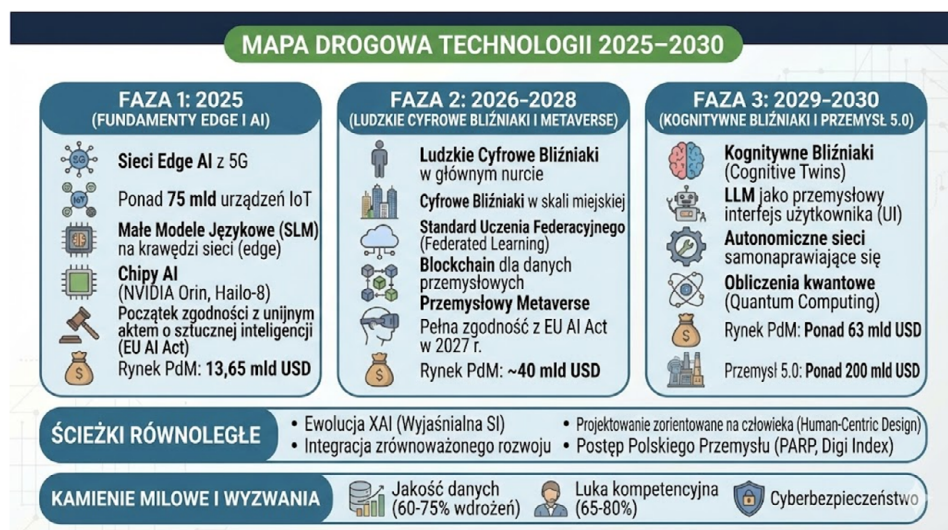
Polski przemysł podejmuje wyzwanie transformacji cyfrowej, choć z opóźnieniem wobec liderów zachodnioeuropejskich. Program PARP (Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości) Pilotaż Przemysł 4.0 dokumentuje rosnące zainteresowanie: 481 aplikacji (1200% nadszyskrypcji); żądane dofinansowanie przekraczające 300 mln PLN; program rozszerzony z początkowych 20 mln do ponad 30 mln PLN, wspierając 45 przedsiębiorstw. Priorytety aplikacji: roboty przemysłowe (288), integracja IT/OT (243), IIoT (129), Big Data (124).

Siemens Digi Index 2024 wskazuje na przyspieszenie transformacji: średnia dojrzałość cyfrowa polskiego przemysłu wzrosła z 1,8 do 2,3 (skala 0–4); sektor motoryzacyjny osiąga najwyższy wynik 3,2; największy skok odnotowano w sektorze Food and Beverage (z 1,6 do 2,3). Przedsiębiorstwa alokują prawie 28% zysków na digitalizację (wobec 11,17% w poprzednim badaniu) – sygnał rosnącego priorytetu.

Jednocześnie utrzymują się znaczące luki wobec średniej UE: DESI 2022 – 24. miejsce na 27 krajów; podstawowe umiejętności cyfrowe 42% (UE 54%); użycie *cloud computing* 19% (UE 41%); adopcja AI przez biznes 4% (UE 8%); e-commerce SME 24% (Polska 5. od końca). Krajowy Plan Odbudowy alokuje 3,4 mld USD na rozwój cyfrowy. Pierwszy komputer kwantowy w Polsce oczekiwany był w 2025 roku.

Uczelnie techniczne pełnią potrójną funkcję w transformacji: kształcą kadry Industrii 5.0-ready, łącząc tradycyjne dyscypliny inżynierskie (mechanika, automatyka, elektronika) z kompetencjami cyfrowymi (AI/ML, analiza danych, cyberbezpieczeństwo); generują wiedzę poprzez badania wyprzedzające (Generative AI, XAI, Federated Learning, Human Digital Twins); transferują innowacje do gospodarki przez współpracę z przemysłem, spin-offy, projekty Horizon Europe.

Politechnika Poznańska i Politechnika Lubelska rozwijają programy integrujące tradycyjne dyscypliny inżynierskie z kompetencjami cyfrowymi, prowadzą badania nad zastosowaniami AI w utrzymaniu ruchu, współpracują z przemysłem w konsorcjach badawczych Horizon Europe. Wieloletnia współpraca naukowa obu uczelni w obszarze technologii maszyn i utrzymania ruchu, symbolicznie potwierdzona przez niniejszą uroczystość, stanowi fundament dla dalszego rozwoju badań i transferu wiedzy do praktyki przemysłowej.



Rys. 6. Perspektywy utrzymania ruchu wspomagane przez sztuczną inteligencję

8. Podsumowanie

W pracy przedstawiono syntetyczny obraz transformacji utrzymania ruchu maszyn w kontekście piątej rewolucji przemysłowej. Perspektywa historyczna ukazuje ciągłość i logikę ewolucji, w której każda rewolucja przemysłowa redefiniowała relacje człowieka z maszyną, a strategię utrzymania ruchu ewoluowały w odpowiedzi na rosnącą złożoność i kapitałochłonność wyposażenia technicznego.

Industy 5.0 i AI-powered predictive maintenance reprezentują fundamentalną rekonceptualizację celu produkcji przemysłowej. Ramy koncepcyjne Komisji Europejskiej repositionują technologię ku szerszym wartościom: dobrostanowi ludzkiemu (*human-centric*), zrównoważonemu rozwojowi (*sustainability*) i odporności operacyjnej (*resilience*). To nie odrzucenie osiągnięć Industy 4.0, lecz ich uzupełnienie o wymiar aksjologiczny – odpowiedź na pytanie: „po co?”, a nie tylko: „jak?”.

Kluczowe wnioski można sformułować następująco:

Po pierwsze, ewolucja strategii utrzymania ruchu – od reaktywnej (run-to-failure) przez prewencyjną (Time-Based Maintenance) i diagnostyczną (Condition-Based Maintenance) do predykcyjnej (Predictive Maintenance) i preskrypcyjnej (Prescriptive Maintenance) – odzwierciedla rosnące możliwości technologiczne. Współczesne systemy prognozują awarie z dokładnością sięgającą 96% (hybrydowa architektura CNN-LSTM) i autonomicznie rekomendują optymalne działania. Przejście między poziomami generuje wymierne korzyści: redukcję kosztów utrzymania o 25–30%, spadek przestojów o 70–75%, wskaźniki ROI od 7:1 do 30:1.

Po drugie, sztuczna inteligencja oferuje spektrum narzędzi transformujących utrzymanie ruchu: algorytmy uczenia maszynowego (XGBoost osiągające 89,91% dokładności w predykcji RUL, Random Forest z dokładnością 91,8% i F1-score 90,1%) dla klasyfikacji i regresji na danych tabelarycznych; głębokie sieci neuronowe (CNN osiągające 98,1% dokładności w diagnostyce wibracyjnej, LSTM dla szeregów czasowych, hybrydowe architektury CNN-LSTM z najwyższą wydajnością 96,1%) dla analizy sygnałów sensorowych; cyfrowe bliźniaki (Digital Twins) łączące modele fizyczne z ML dla symulacji *real-time* z dokładnością około 98%; przetwarzanie brzegowe (Edge AI) zapewniające opóźnienie 1–5 ms dla sterowania w czasie rzeczywistym; generatywne modele językowe (LLM) dla interfejsów konwersacyjnych i automatyzacji dokumentacji.

Po trzecie, Industry 5.0 uzupełnia Industry 4.0 o wymiar aksjologiczny: zorientowanie na człowieka (technologia wspomaga, nie zastępuje pracownika – coboty, egzoskielety, AR), zrównoważoność (gospodarka cyrkularna, efektywność energetyczna, wydłużenie żywotności sprzętu o 20–40%) i odporność (dywersyfikacja łańcuchów dostaw, nearshoring, rekonfigurowalne systemy). Technologie pozostają te same, ale cel i sens ich zastosowania ulegają prze-wartościowaniu. Fabryka przyszłości jest nie tylko inteligentna (*smart*), ale również mądra (*wise*) i odpowiedzialna (*responsible*).

Po czwarte, studia przypadków z wiodących przedsiębiorstw (BMW, Rolls-Royce, GE, Siemens, Ford) dokumentują mierzalne efekty: ponad 500 minut unikniętych zakłóceń rocznie przy ROI poniżej 12 miesięcy (BMW Regensburg); około 400 unikniętych nieplanowanych zdarzeń rocznie i 50% wydłużenie interwałów między przeglądami kapitalnymi (Rolls-Royce Intel-ligentEngine); 250% średni ROI dla projektów PdM (Siemens/ASME); 25–30% redukcja nieplanowanych demontaży silników (GE Aviation). Agregowane dane wskazują, że 95% adopcji predykcyjnego utrzymania ruchu raportuje pozytywny zwrot z inwestycji, a 27% osiąga pełną amortyzację w ciągu pierwszego roku.

Po piąte, polski przemysł podejmuje wyzwanie transformacji cyfrowej, wspierany programami publicznymi (PARP Pilotaż Przemysł 4.0 z 1200% nadsubskrypcją aplikacji) i rosnącą świadomością przedsiębiorców (Siemens Digi Index wskazuje wzrost dojrzałości cyfrowej z 1,8 do 2,3, alokacja prawie 28% zysków na digitalizację). Jednocześnie utrzymują się istotne luki wobec średniej UE (24. miejsce na 27 w DESI, adopcja AI przez biznes 4% vs 8% UE), definiujące skalę wyzwania transformacyjnego i przestrzeń dla działań.

Prognozy rynkowe potwierdzają znaczenie prezentowanej problematyki: globalny rynek predykcyjnego utrzymania ruchu ma wzrosnąć z 10,93 mld USD w 2024 roku do 70,73 mld USD w 2032 roku (CAGR 26,5%). Rynek cyfrowych bliźniaków rozwinie się z ponad 20 mld USD (2024) do 125–156 mld USD (2030). Era autonomicznego utrzymania ruchu – systemów zdolnych do samodzielnego diagnozowania, naprawiania i optymalizowania bez interwen-cji człowieka – wyłania się jako realny horyzont transformacji.

Fundamenty technologiczne osiągnęły dojrzałość umożliwiającą wdro-żenia przemysłowe na pełną skalę. Wyzwania pozostają w obszarach: jakości danych (60–75% wdrożeń dotkniętych problemami), kompetencji kadr (luka kompetencyjna dotyka 65–80% organizacji), integracji systemów, cyberbezpie-czeństwa połączonych systemów przemysłowych. Organizacje, które opanują syntezę ludzkiej ekspertyzy z AI intelligence, osadzą wdrożenia technologii

w zasadach zrównoważenia i zbudują odporne, adaptacyjne systemy, będą definiować doskonałość produkcyjną w erze Industry 5.0.

Rola uczelni technicznych, w tym Politechniki Poznańskiej i Politechniki Lubelskiej – w kształceniu kadr Industry 5.0-ready i prowadzeniu nowoczesnych badań jest krytyczna dla polskiej konkurencyjności w transformującej się globalnej gospodarce. Wieloletnia współpraca naukowa obu uczelni w obszarze technologii maszyn i utrzymania ruchu, symbolizowana niniejszą uroczystością, stanowi fundament dla dalszego rozwoju badań i transferu wiedzy do praktyki przemysłowej.

Bibliografia

Dokumenty oficjalne Komisji Europejskiej

- [1] Breque M., De Nul L., Petridis A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office. ISBN 978-92-76-25308-2, DOI: 10.2777/308407
- [2] Renda A., Schwaag Serger S., Tataj D., et al. (2021). Industry 5.0, a transformative vision for Europe: Governing systemic transformations towards a sustainable industry. European Commission, ESIR Policy Brief No. 3. ISBN 978-92-76-43352-1
- [3] European Commission (2021). Industry 5.0: Towards more sustainable, resilient and human-centric industry. Research and Innovation.
- [4] European Parliament (2024). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence (EU AI Act). Official Journal of the European Union.
- [5] European Commission (2023). European Chips Act. Regulation (EU) 2023/1781.

Publikacje naukowe – AI i Machine Learning w Maintenance

- [6] Li W., Li T. (2025). Comparison of deep learning models for predictive maintenance in industrial manufacturing systems using sensor data. *Nature Scientific Reports*, 15, Article 23545.
- [7] Varalakshmi K., Kumar J. (2025). Optimized predictive maintenance for streaming data in industrial IoT networks. *Scientific Reports*, 15, Article 27201.
- [8] Tang H., Li M., Wang Z., Zhang Y. (2025). Enhancing predictive maintenance for industrial equipment with SHAP-enabled random forest model. *Nature Scientific Reports*, 15.
- [9] Hector I., Panjanathan R. (2024). Predictive maintenance in Industry 4.0: A survey of planning models and machine learning techniques. *PeerJ Computer Science*, 10, e2016.
- [10] Priyadarshini I. (2025). An Explainable Autoencoder-Based Feature Extraction Combined with CNN-LSTM-PSO Model for Improved Predictive Maintenance. *Computers, Materials & Continua*, 83(1), 635–659.
- [11] Murtaza A.A., et al. (2024). Paradigm shift for predictive maintenance and condition monitoring from Industry 4.0 to Industry 5.0: A systematic literature review. *Results in Engineering*, 24, 102935.
- [12] Chen T., Guestrin C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of ACM SIGKDD*, 785–794.
- [13] Breiman L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32.
- [14] Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780.
- [15] LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444.
- [16] Zhao R., Yan R., Chen Z., et al. (2019). Deep learning and its applications to machine health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 115, 213–237.

- [17] Carvalho T.P., Soares F.A.A.M.N., Vita R., et al. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024.
- [18] Zonta T., da Costa C.A., da Rosa Righi R., et al. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889.

Cyfrowe bliźniaki i Explainable AI

- [19] Grieves M., Vickers J. (2017). *Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems*. Springer.
- [20] Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.C. (2019). Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- [21] Tao F., Zhang M., Nee A.Y.C. (2019). *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Academic Press, London.
- [22] Lundberg S.M., Lee S.I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NeurIPS 2017)*.
- [23] Ribeiro M.T., Singh S., Guestrin C. (2016). Why Should I Trust You?: Explaining the Predictions of Any Classifier. *Proceedings ACM SIGKDD*, 1135–1144.
- [24] Arrieta A.B., Diaz-Rodriguez N., Del Ser J., et al. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115.

Publikacje historyczne i klasyczne

- [25] Taylor F.W. (1911). *The Principles of Scientific Management*. Harper & Brothers.
- [26] Nakajima S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- [27] Nowlan F.S., Heap H.F. (1978). *Reliability-Centered Maintenance*. U.S. Department of Defense Report AD-A066579.
- [28] Moubray J. (1997). *Reliability-centered Maintenance*. 2nd Edition, Industrial Press.
- [29] Mobley R.K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. 2nd Edition, Butterworth-Heinemann.
- [30] Kobbacy K.A.H., Murthy D.N.P. (2008). *Complex System Maintenance Handbook*. Springer.

Raporty rynkowe i analizy branżowe

- [31] Fortune Business Insights (2024). *Predictive Maintenance Market Size, Share & Industry Analysis 2024-2032*. Report ID: FBI102104.
- [32] MarketsandMarkets (2024). *Predictive Maintenance Market – Global Forecast to 2029*. Report Code: TC 3246.
- [33] Mordor Intelligence (2024). *Predictive Maintenance Market Size, Trends, Share & Research Report 2030*.
- [34] IoT Analytics (2024). *State of Industrial AI and Machine Learning*. Annual Report.
- [35] Grand View Research (2024). *Digital Twin Market Size, Share & Trends Analysis Report 2024–2030*.
- [36] IDC (2024). *Worldwide Edge Computing Forecast, 2024–2028*.

- [37] McKinsey & Company (2023). The State of AI in 2023: Generative AI breakout year.
- [38] McKinsey Global Institute (2024). Accelerating Industrial AI Adoption in Manufacturing.
- [39] Deloitte (2024). Smart Factory Study: Manufacturing Transformation.
- [40] PwC (2024). Predictive Maintenance 4.0: Beyond the Hype. Strategy&.
- [41] Gartner (2024). Hype Cycle for Manufacturing Operations Strategy.
- [42] Aberdeen Group (2023). The Cost of Downtime in Manufacturing.
- [43] U.S. Department of Energy (2024). Operations & Maintenance Best Practices Guide.
- [44] ASME (2024). Predictive Maintenance ROI Study: Energy Sector Applications.
- [45] Fraunhofer IPA (2024). Industry 5.0 Transformation Roadmap for European SMEs.

Studia przypadków i raporty korporacyjne

- [46] BMW Group (2024). Predictive Maintenance at BMW Group Plant Regensburg. Technical Documentation.
- [47] BMW Group (2024). Annual Report 2023: Production and Digitalization.
- [48] Rolls-Royce Holdings plc (2024). IntelligentEngine Programme: Technical Overview and Results.
- [49] Rolls-Royce Holdings plc (2024). TotalCare Services: Predictive Maintenance in Civil Aerospace.
- [50] GE Aerospace (2024). Predix Platform: Industrial Internet Applications in Aviation.
- [51] GE Vernova (2024). Digital Solutions for Power Generation: Predictive Analytics Case Studies.
- [52] Siemens AG (2024). Senseye Predictive Maintenance: Platform Documentation and ROI Studies.
- [53] Siemens AG (2024). MindSphere Industrial IoT Platform: Technical Specifications.
- [54] Ford Motor Company (2024). Manufacturing 4.0: AI-Powered Quality and Maintenance.
- [55] ABB Ltd (2025). Ability Genix Copilot: AI Assistant for Industrial Operations. Press Release January 2025.
- [56] NVIDIA Corporation (2024). Jetson AGX Orin: Technical Specifications and Industrial Applications.
- [57] Hailo Technologies (2024). Hailo-8 AI Processor: Datasheet and Industrial Use Cases.

Publikacje i raporty polskie

- [58] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Legutko S., Kluk P. (2020). Maintenance 4.0 Technologies – New Opportunities for Sustainability Driven Maintenance. Management and Production Engineering Review, 11(2), 74–87.
- [59] Chen C., Wang C., Lu N., et al. (2021). A Data-Driven Predictive Maintenance Strategy Based on Accurate Failure Prognostics. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 23(2), 387–394.
- [60] Zhang C., Zhang Y., Dui H., et al. (2022). Importance Measure-Based Maintenance Strategy Considering Maintenance Costs. Eksploatacja i Niezawodność, 24(1), 15–24.
- [61] Siemens (2024). Digi Index 2024 – digitalization of industry in Poland.

- [62] PARP (2024). Program Pilotaż Przemysł 4.0 – raport z realizacji. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.
- [63] European Commission (2024). Digital Economy and Society Index (DESI) 2024 – Poland.

Normy międzynarodowe

- [64] ISO 13374-1:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines – Data processing, communication and presentation.
- [65] ISO 17359:2011. Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines.
- [66] ISO 10816-1:1995. Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.
- [67] ISO 55000:2014. Asset management – Overview, principles and terminology.
- [68] ISO 55001:2014. Asset management – Management systems – Requirements.
- [69] IEC 62264. Enterprise-control system integration.
- [70] ISO 22400-2:2014. Automation systems – KPIs for manufacturing operations.

Wybrane publikacje autora

- [71] Legutko S. (2002). Podstawy eksploatacji maszyn. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Poznańskiej, Poznań. Wydanie II.
- [72] Legutko S. (2004). Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. Podręcznik. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- [73] Legutko S., Nosal S. (2004). Trends and challenges in modern maintenance. Journal of KONES Powertrain and Transport, 11(3–4), 359–366.
- [74] Legutko S. (2007). Eksploatacja maszyn. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań. ISBN 978-83-7143-255-2.
- [75] Legutko S., Development Trends in Machines Operation Maintenance – Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, nr 2 (42)/2009, ISSN 1507-2711, str. 8–16.
- [76] Legutko S., Obsługa maszyn i urządzeń, podręcznik, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, wydanie I, Warszawa 2013, stron 216, ISBN 978-83-02-13615-3.
- [77] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Legutko S., Kluk P., Maintenance 4.0 Technologies – New Opportunities for Sustainability Driven Maintenance, Management and Production Engineering Review, Volume 11, Number 2, June 2020, pp. 74–87, <https://doi:10.24425/mper.2020.133730>
- [78] Legutko S., Evolution from Industry 1.0 to Industry 5.0 in the Context of Machine and Plant Maintenance, Management and Production Engineering Review, 2025, Vol. 16, No 3, pages 1–18, <https://doi:10.24425/mper.2025.156152>

Załącznik A. Słownik terminów

AI (Artificial Intelligence) – sztuczna inteligencja; dziedzina informatyki zajmująca się tworzeniem systemów zdolnych do wykonywania zadań wymagających ludzkiej inteligencji.

AR (Augmented Reality) – rozszerzona rzeczywistość; technologia nakładania informacji cyfrowych na obraz świata rzeczywistego.

CAPEX (Capital Expenditure) – nakłady inwestycyjne; wydatki na zakup lub modernizację środków trwałych.

CBM (Condition-Based Maintenance) – utrzymanie ruchu oparte na stanie technicznym; strategia wykonywania czynności obsługowych na podstawie monitorowanych parametrów.

CNN (Convolutional Neural Network) – konwolucyjna sieć neuronowa; architektura głębokiego uczenia, szczególnie skuteczna w rozpoznawaniu wzorców.

Cobot – robot współpracujący; robot przemysłowy zaprojektowany do bezpiecznej bezpośredniej interakcji z człowiekiem.

CPS (Cyber-Physical System) – system cyberfizyczny; integracja obliczeń, komunikacji i procesów fizycznych.

Digital Twin – cyfrowy bliźniak; wirtualna reprezentacja fizycznego obiektu połączona dwukierunkowym przepływem danych.

Edge AI – przetwarzanie brzegowe z AI; lokalizacja mocy obliczeniowej AI blisko źródła danych dla decyzji w czasie rzeczywistym.

F1-score – metryka oceny klasyfikatora; średnia harmoniczna precyzji i czułości.

FFT (Fast Fourier Transform) – szybka transformata Fouriera; algorytm przekształcający sygnał z dziedziny czasu do dziedziny częstotliwości.

GAN (Generative Adversarial Network) – generatywna sieć przeciwna; architektura głębokiego uczenia zdolna do generowania realistycznych danych.

IIoT (Industrial Internet of Things) – Przemysłowy Internet Rzeczy; sieć połączonych urządzeń przemysłowych wymieniających dane.

LLM (Large Language Model) – duży model językowy; model AI trenowany na masowych zbiorach tekstu, zdolny do generowania i rozumienia języka naturalnego.

LSTM (Long Short-Term Memory) – długa pamięć krótkoterminowa; typ sieci rekurencyjnej zdolnej do modelowania długoterminowych zależności.

ML (Machine Learning) – uczenie maszynowe; algorytmy zdolne do uczenia się wzorców na podstawie danych.

MTBF (Mean Time Between Failures) – średni czas między awariami; miara niezawodności sprzętu.

MTTR (Mean Time To Repair) – średni czas naprawy; miara efektywności utrzymania ruchu.

OEE (Overall Equipment Effectiveness) – całkowita efektywność wyposażenia; wskaźnik łączący dostępność, wydajność i jakość.

OPEX (Operational Expenditure) – koszty operacyjne; bieżące wydatki związane z działalnością.

PdM (Predictive Maintenance) – utrzymanie predykcyjne; strategia przewidywania awarii na podstawie analizy danych.

PLC (Programmable Logic Controller) – programowalny sterownik logiczny; komputer przemysłowy do sterowania procesami.

RCM (Reliability-Centered Maintenance) – utrzymanie zorientowane na niezawodność; metodologia optymalizacji strategii maintenance.

ROI (Return on Investment) – zwrot z inwestycji; wskaźnik efektywności ekonomicznej.

ROM (Reduced Order Model) – model zredukowanego rzędu; uproszczony model fizyczny zachowujący kluczowe charakterystyki.

RUL (Remaining Useful Life) – pozostały czas użytkowania; prognozowany okres do awarii.

SHAP (SHapley Additive exPlanations) – metoda wyjaśnialnej AI oparta na teorii gier.

SVM (Support Vector Machine) – maszyna wektorów nośnych; algorytm uczenia maszynowego dla klasyfikacji i regresji.

TBM (Time-Based Maintenance) – utrzymanie ruchu oparte na czasie; strategia przeglądów według harmonogramu.

TinyML – uczenie maszynowe na mikrokontrolerach; techniki uruchamiania modeli ML na urządzeniach o ekstremalnie ograniczonych zasobach.

TOPS (Tera Operations Per Second) – bilion operacji na sekundę; miara wydajności obliczeniowej.

TPM (Total Productive Maintenance) – całkowite produktywnie utrzymanie ruchu; japońska filozofia angażująca wszystkich pracowników.

VAE (Variational Autoencoder) – wariacyjny autoenkoder; generatywny model probabilistyczny.

VR (Virtual Reality) – wirtualna rzeczywistość; technologia immersyjnych środowisk cyfrowych.

XAI (Explainable AI) – wyjaśnialna sztuczna inteligencja; metody zapewniające transparentność decyzji systemów AI.

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) – algorytm ensemble learning oparty na drzewach decyzyjnych.

Załącznik B. Kluczowe normy ISO

Normy dotyczące monitoringu stanu maszyn

- ISO 13374 – Condition monitoring and diagnostics of machines – Data processing, communication and presentation. Seria norm definiująca architekturę systemów monitoringu stanu, obejmująca: część 1 (ogólne wytyczne), część 2 (przetwarzanie danych), część 3 (komunikacja).
- ISO 17359:2011 – Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines. Ogólne wytyczne dotyczące wdrażania programów monitoringu stanu, doboru technik diagnostycznych i interpretacji wyników.
- ISO 10816 – Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Seria norm definiująca kryteria oceny drgań maszyn, stanowiąca podstawę diagnostyki wibracyjnej.
- ISO 13373 – Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring. Szczegółowe wytyczne dotyczące monitoringu wibracyjnego, obejmujące: część 1 (procedury ogólne), część 2 (przetwarzanie i prezentacja danych).
- ISO 13381-1:2015 – Condition monitoring and diagnostics of machines – Prognostics. Norma dotycząca metodyki prognozowania stanu maszyn, definiująca podejścia do predykcji pozostałego czasu użytkowania (RUL).

Normy dotyczące zarządzania aktywami

- ISO 55000:2014 – Asset management – Overview, principles and terminology. Wprowadzenie do zarządzania aktywami, definiujące podstawowe pojęcia i zasady.
- ISO 55001:2014 – Asset management – Management systems – Requirements. Wymagania dla systemów zarządzania aktywami stanowiące podstawę certyfikacji.
- ISO 55002:2018 – Asset management – Management systems – Guidelines for the application of ISO 55001. Wytyczne wdrożeniowe dla ISO 55001.

Normy dotyczące wskaźników efektywności

- ISO 22400-1:2014 – Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management – Part 1: Overview, concepts and terminology.
- ISO 22400-2:2014 – Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management – Part 2: Definitions and descriptions. Norma definiująca 34 wskaźniki efektywności produkcji, w tym OEE, dostępność, MTBF, MTTR.

Normy dotyczące bezpieczeństwa i integracji

- IEC 61508 – Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Podstawowa norma bezpieczeństwa funkcjonalnego dla systemów E/E/PE.
- ISO 12100:2010 – Safety of machinery – General principles for design. Ogólne zasady projektowania bezpiecznych maszyn, stanowiące fundament europejskiej dyrektywy maszynowej.
- IEC 62443 – Industrial communication networks – IT security for networks and systems. Seria norm dotyczących cyberbezpieczeństwa systemów przemysłowych.
- IEC 62264 – Enterprise-control system integration. Seria norm dotyczących integracji systemów przedsiębiorstwa z systemami sterowania produkcją.
- OPC UA (IEC 62541) – Unified Architecture. Standard komunikacji przemysłowej umożliwiający interoperacyjność systemów różnych producentów.

Normy kwalifikacji personelu

- ISO 18436 – Condition monitoring and diagnostics of machines – Requirements for qualification and assessment of personnel. Seria norm definiujących kategorie certyfikacji dla specjalistów diagnostyki: analiza wibracji (część 2), analiza oleju (część 4), termografia (część 7), ultradźwięki (część 8).

Listy gratulacyjne





POLITECHNIKA POZNAŃSKA

prof. dr hab. inż. Teofil Jesionowski

Rektor

Cunice
EUROPEAN
UNIVERSITY

Poznań, dnia 13 maja 2026 r.

Pan

prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

LUBLIN

Szanowny Panie Profesorze!

W imieniu Senatu Akademickiego Politechniki Poznańskiej, całej społeczności naszej Uczelni oraz własnym składam Panu Profesorowi najserdeczniejsze gratulacje oraz wyrazy najwyższego uznania z okazji nadania tytułu **DOKTORA HONORIS CAUSA Politechniki Lubelskiej**.

Nadanie tej najwyższej godności akademickiej stanowi szczególne wyróżnienie, będące potwierdzeniem Pańskiej ugruntowanej pozycji w świecie nauki oraz wyrazem uznania dla wieloletniej, konsekwentnej i niezwykle owocnej działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej. Jest to także dowód uznania dla Pańskiego niekwestionowanego autorytetu w środowisku akademickim, zarówno w kraju, jak i poza jego granicami.

Jako społeczność Politechniki Poznańskiej odczuwamy szczególną dumę, że Profesor naszej Uczelni dostępuje tak zaszczytnego wyróżnienia. Pańska działalność naukowa i dydaktyczna od lat wyznacza kierunki rozwoju w obszarze budowy i eksploatacji maszyn, a zwłaszcza w zakresie technologii i użytkowania narzędzi skrawających, technologii kół zębatych, eksploatacji maszyn oraz logistyki przemysłowej. Wkład Pana Profesora w rozwój tych dziedzin ma charakter fundamentalny i trwały, a jego znaczenie znajduje odzwierciedlenie zarówno w licznych publikacjach naukowych, jak i w praktycznych zastosowaniach w przemyśle.

Na szczególnie podkreślenie zasługuje Pańska aktywność w kształceniu kolejnych pokoleń inżynierów i naukowców. Jako nauczyciel akademicki i wychowawca wielu pokoleń studentów, doktorantów oraz młodych pracowników nauki, odegrał Pan Profesor niezwykle istotną rolę w przekazywaniu wiedzy, kształtowaniu postaw badawczych oraz budowaniu etosu pracy naukowej opartego na rzetelności, odpowiedzialności i pasji poznawczej.

Pańska działalność organizacyjna oraz zaangażowanie w rozwój współpracy nauki z przemysłem przyczyniły się do umacniania pozycji polskich ośrodków naukowo-badawczych oraz do wdrażania nowoczesnych rozwiązań technologicznych. W ten sposób Pańska praca wykracza daleko poza ramy działalności akademickiej, wpływając realnie na rozwój gospodarki i innowacyjności.

Z uznaniem przyjmujemy fakt, że Politechnika Lubelska, doceniając Pański dorobek i osiągnięcia, dołączyła do grona uczelni honorujących Pana Profesora najwyższą godnością akademicką.

Korzystając z tej wyjątkowej i doniosłej okazji, proszę przyjąć życzenia dobrego zdrowia, nieustającej energii oraz dalszej pomysłowości w realizacji ambitnych zamierzeń naukowych i dydaktycznych. Życzę Panu Profesorowi wielu kolejnych sukcesów, satysfakcji z dotychczasowych osiągnięć, a także niezmiennej życzliwości współpracowników i uczniów oraz wszelkiej pomysłowości w życiu osobistym.

Wyrażam szczerą




POLITECHNIKA POZNAŃSKA



WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ

Wielce Szanowny

*Doktor Honoris Causa Politechniki Lubelskiej
prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko*

Z ogromnym zaszczycem i radością pragniemy złożyć Panu Profesorowi najserdeczniejsze gratulacje z okazji nadania godności Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej, wyróżnienia, które w pełni oddaje Pana wybitne zasługi dla rozwoju nauki, edukacji technicznej oraz współpracy akademickiej w Polsce i na arenie międzynarodowej.

Prosimy przyjąć życzenia zdrowia, dalszych sukcesów naukowych, niegasnącej pasji oraz satysfakcji z licznych osiągnięć, które niezmiennie budzą podziw i inspirują całe środowisko techniczne i akademickie.

Z wyrazami najwyższego szacunku i uznania w imieniu społeczności Wydziału Inżynierii Mechanicznej.

Dziękam
*Wydziału Inżynierii Mechanicznej
Politechniki Poznańskiej*

dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. PP

Poznań, dnia 13 maja 2026 r.

POLITECHNIKA POZNAŃSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ

ul. Piotrowo 3, 60 - 965 Poznań, tel. (61) 6652360 www.wim.put.poznan.pl e-mail: wim@put.poznan.pl

**PRZEWODNICZĄCY
KOMITETU
NAUKOWEGO**

Mirosław Pajor

prof. dr hab. inż.

Data

Warszawa
30 marca 2026 r.

Przewodniczący
Komitetu

Mirosław.Pajor@pan.pl

Sekretarz Komitetu

Jerzy.Jozwik@pan.pl

Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko

**Doctor Honoris Causa,
Politechniki Lubelskiej**

Dostojny Doktorze Honoris Causa,

Z okazji nadania zaszczytnego tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej, w imieniu własnym i wszystkich Członków Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk, składam wyrazy uznania i serdeczne gratulacje. Pańskie dokonania naukowe i organizacyjne są uznane i wysoko cenione w kraju i zagranicą. Jest Pan uznanym ekspertem w zakresie technologii i eksploatacji narzędzi skrawających, technologii kół zębatach, utrzymania ruchu maszyn oraz logistyki przemysłowej. Wyniki Pańskich badań dotyczące adhezyjnego zużycia narzędzi skrawających, są wysoko oceniane w kraju i za granicą. Wysoką pozycję, jaką Pan osiągnął w środowisku naukowym, potwierdzają liczne projekty badawcze oraz publikacje naukowe na najwyższym poziomie, które lokują Pana jako lidera upowszechniania wyników badań naukowych.

O wysokiej pozycji międzynarodowej świadczy współpraca i kontakty naukowe ze znanymi zagranicznymi ośrodkami badawczymi takimi jak: Noordelijke Hogeschool Leeuwarden w Holandii, Universitaet Hannover, Institut fuer Mechanik w Niemczech oraz liczne kontakty w Austrii, Czechach, Rumunii, Bułgarii, Mołdawii, Serbii, Chorwacji, Węgrzech, Słowacji, we Francji, Indiach Pakistanie i w Arabii Saudyjskiej rozwijane w ramach programów ERASMUS+ oraz CEEPUS. Szczególnie silne, zasługujące na wyróżnienie, są kontakty z Uniwersytetem Technicznym w Koszycach na Słowacji oraz z Uniwersytetem JE Purkyně w Czechach.

Jest Pan wychowankiem wielu pokoleń inżynierów technologów, którzy z powodzeniem realizują swoje kariery zawodowe w przemyśle i nauce. Powszechnie znana jest też Pańska aktywność organizacyjna dla rozwoju nauki polskiej, w szczególności działalność w Komitecie Budowy Maszyn, gdzie mieliśmy wielką przyjemność współpracować i korzystać z Pańskiego ogromnego doświadczenia. Współpracę tę szczególnie wysoko sobie cenimy i liczymy na dalszą owocną jej kontynuację.

Dostojny Doktorze Honoris Causa, jesteś wzorem do naśladowania dla obecnych i przyszłych pokoleń naukowców i inżynierów – twórcą poznawczej szkoły technologicznej. Życzymy Ci wielu kolejnych sukcesów naukowych, dalszej owocnej pracy naukowej oraz szczęścia i pomyślności w życiu osobistym.

PRZEWODNICZĄCY
Komitetu Budowy Maszyn
[Podpis]
Prof. dr hab. inż. Mirosław Pajor



Wydział Mechaniczny Technologiczny

Politechnika Warszawska

Szanowny Panie Profesorze,

w imieniu społeczności Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Warszawskiej, a także w imieniu własnym, mam zaszczyt złożyć Panu Profesorowi najserdeczniejsze gratulacje z okazji nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

To wyjątkowe i najwyższe wyróżnienie akademickie stanowi wyraz uznania dla Pana niezwyklej dorobku naukowego, niekwestionowanego autorytetu oraz wieloletniego wkładu w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych.

Dorobek Pana Profesora, obejmujący liczne, cenione w kraju i za granicą publikacje, a także zaangażowanie w kształcenie kolejnych pokoleń inżynierów, od lat budzą najwyższy szacunek i uznanie. Pańska działalność naukowa nie tylko poszerza granice wiedzy, lecz również znajduje wymierne zastosowanie w praktyce, służąc rozwojowi nowoczesnej gospodarki i przemysłu.

Zaszczytny tytuł Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej jest nie tylko uhonorowaniem wybitnych osiągnięć, ale także podkreśleniem wartości, które Pan Profesor od lat reprezentuje — rzetelności naukowej, pasji badawczej oraz odpowiedzialności za kształtowanie przyszłych pokoleń.

Dla naszej społeczności akademickiej jest powodem do szczególnej dumy fakt, że możemy współpracować z tak wybitnym uczonym i cenionym pedagogiem.

Panie Profesorze, proszę przyjąć wyrazy najwyższego uznania oraz życzenia dalszych sukcesów naukowych i dydaktycznych, nieślabnącej pasji badawczej, a także zdrowia i wszelkiej pomyślności w życiu osobistym.

Niech kolejne lata przyniosą Panu Profesorowi wiele satysfakcji z realizowanych przedsięwzięć oraz inspiracji do podejmowania nowych wyzwań.

Z wyrazami najwyższego szacunku,

prof. dr hab. inż. Tomasz Chmielewski

Dziekan Wydziału Mechanicznego Technologicznego

ul. Narbutta 85,
02-524 Warszawa
tel.: 22 849 97 95,
e-mail:
biurodziekana.mt@
pw.edu.pl



Kielce, dn. 30.03.2026 r.

prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak, dr h.c.
Katedra Metrologii i Niekonwencjonalnych Metod Wytwarzania
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Pan
prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko
Doktor Honoris Causa Politechniki Lubelskiej

Wielce Szanowny Doktorze Honoris Causa

Składam serdeczne gratulacje z okazji nadania kolejnego, najwyższego honorowego wyróżnienia Doktor Honoris Causa Politechniki Lubelskiej. Jest to pełne uznanie osiągnięć naukowych udokumentowanych zrealizowanymi licznymi pracami potwierdzonych wieloma cennymi publikacjami umieszczonymi w prestiżowych, międzynarodowych czasopismach. Ten dorobek jest udokumentowany wysokimi wskaźnikami bibliometrycznymi o liczbach niespotykanych w akademickiej Polsce.

Na szczególną uwagę zasługują duże osiągnięcia w promowaniu kadry naukowej w kraju i za granicą. Ta działalność w ostatnim czasie związana jest z promotorstwem doktoratów wdrożeniowych, które skutecznie promują kadrę inżynierską podmiotów gospodarczych dokumentując efektywną współpracę macierzystej uczelni z przemysłem.

Na szczególną uwagę zasługuje niespotykana w kraju i za granicą współpraca międzynarodowa, realizowana głównie w międzynarodowym Programie Środkowoeuropejskiej Wymiany Studiów Uniwersyteckich (CEEPUS). W ramach tego programu jest realizowanych siedem programów obejmujących 15 państw i 30 uczelni.

Wyrażam szczerze gratulacje dla Senatu Politechniki Lubelskiej za przyznanie tego zaszczytnego tytułu Doktor Honoris Causa prof. dr hab. inż. Stanisławowi Legutko – osobie o wybitnych osiągnięciach w wieloletniej działalności akademickiej. Przyznane tego wyróżnienia potwierdza wysoką pozycję naukową i dydaktyczną uczelni, która podjęła uzasadnioną, prestiżową decyzję, za co niżej podpisany wyraża pełne uznanie i podziękowanie, gdyż z nowo mianowanym Doktorem Honoris Causa łączy mnie wieloletnia współpraca w różnych aktywnościach akademickich.

Z poważaniem

St. Adamczak





dr.h.c. prof. Ing. Robert Čep, Ph.D., FEng.

DEAN OF THE FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
VSB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Most Honoured Professor Stanisław Legutko,

On the distinguished occasion of the conferral of the title of **Doctor Honoris Causa**, please accept our most heartfelt congratulations and the expression of our deepest respect.

This eminent honour is a most fitting tribute to your exceptional scholarly achievements, your lifelong dedication to academic excellence, and the enduring contribution you have made to the world of science and higher learning. As a revered Professor of **Poznan University of Technology**, you have come to embody intellectual distinction, integrity, and a rare power to inspire all those who have had the privilege to learn from you and to work alongside you.

May this lofty distinction stand as a radiant affirmation of your life's work and of the profound esteem in which you are held by the academic community. May it bring you great joy, well-deserved pride, and the continued admiration of colleagues, students, and friends alike.

With profound respect and admiration, I extend to you our warmest congratulations.

prof. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petru, Ph.D.

dr.h.c. prof. Ing. Robert Cep, Ph.D.



March 2026

Congratulatory Letter

**on the Conferral of the Doctor Honoris Causa Title
of Lublin University of Technology
to Professor Stanisław Legutko, Ph.D., DSc, Eng.**

Dear Professor Legutko,

It is with profound respect and sincere admiration that I extend my heartfelt congratulations on being awarded the prestigious title of Doctor Honoris Causa by Lublin University of Technology. This distinction represents a well-deserved recognition of your exceptional academic achievements, your longstanding dedication to the advancement of engineering sciences, and your remarkable contributions to the international academic community.

I have had the privilege of knowing you for more than twenty-five years ago, beginning with our collaboration within the International Conference *Modern Technologies in Manufacturing – MTeM* at the Technical University of Cluj-Napoca. You chaired numerous conference sessions, and I had the opportunity to evaluate and appreciate your research, which you always presented with clarity, rigor, and scientific maturity.

Over the years, you have served on the scientific committees of many national and international conferences and have been a member of the editorial or scientific boards of several renowned academic journals. I also had the opportunity to meet you at various conferences and summer schools organized in Poland, Romania, Moldova, Slovakia, and the Czech Republic, where your presentations consistently demonstrated both the depth of your knowledge and your strong commitment to advancing research in your areas of expertise.

I have carefully reviewed your scientific achievements, and your publications clearly reflect your ability to organize and articulate complex ideas, as well as your genuine interest in research and innovation. Your main research interests include cutting tool technology and operation, gear tooth technology, machine maintenance, and industrial logistics. More recently, your work has focused on high-speed cutting (HSC) tools, ecological machining, precision machining, additive manufacturing, and the promotion of Industry 4.0 concepts. You are the author or co-author of more than 500 published research papers, and you currently hold an H-index of 28 according to Web of Science (and an h10-index of 62 according to Google Scholar).

Our long-standing collaboration allows me to highlight your professionalism, integrity, and sustained commitment to academic and institutional development. You are a distinguished personality who consistently demonstrates excellent organizational skills, strong self-motivation, and a genuine openness to communication and cooperation in multicultural environments.

Throughout your career, you have shown exceptional abilities in coordinating research and teaching activities at the university level—areas in which you possess substantial expertise and long-standing experience. You are the founder and long-term coordinator of the CEEPUS international network PL-0033, which unites 36 partner institutions from 13 countries, and you are also an active collaborator in several additional CEEPUS networks. The culmination of your managerial achievements was marked in 2025, when you received the CEEPUS Ministers' Prize for the most remarkable network in the academic year 2023/2024.

Beyond your academic accomplishments, you have demonstrated an unwavering dedication to academic leadership and mentorship. Generations of students and young doctoral candidates have benefited from your guidance and intellectual generosity, receiving the support essential for achieving scientific excellence during their training and throughout their professional careers. Your efforts in fostering international cooperation and strengthening academic partnerships have significantly contributed to the development and visibility of engineering research at a global level.

The awarding of the title of Doctor Honoris Causa by Lublin University of Technology is not only a tribute to your distinguished career, but also a reaffirmation of the values your personality embodies: integrity, intellectual curiosity, and a deep commitment to the progress of science and education in the field of industrial engineering. This honorary title not only celebrates your accomplishments but also reflects the deep respect and admiration you have earned throughout the academic world.

I warmly congratulate you on this exceptional achievement and express my confidence that your work will continue to inspire future generations of engineers and researchers. Your contributions remain a source of pride and a benchmark of excellence for all who have had the privilege of collaborating with you.

With highest consideration,
Prof. eng. Marian BORZAN, PhD



Technical University of Cluj-Napoca
Faculty of Industrial Engineering,
Robotics and Production Management
Department of Manufacturing Engineering
B-dul Muncii 103-105 / 400641 Cluj-Napoca O
Email: Marian.Borzan@icm.utcluj.ro

Baia Mare, 30.03.2026

Dear Professor Stanisław Legutko., PhD, DSc, Eng.

It is a great honor and joy to extend my warmest congratulations to you on the award of the title of **Doctor Honoris Causa** in the field of **Engineering** by the **Lublin University of Technology**.

This prestigious distinction represents the official recognition of an exceptional career, marked by academic rigor, vision and a fundamental contribution to technological progress. In such a dynamic and essential field as engineering, your achievements have succeeded not only in pushing the boundaries of knowledge, but also in providing concrete solutions to the challenges of modern society.

Your career path is a model of excellence for young engineers and a living proof that innovation, backed by an impeccable work ethic, is transforming the world. Beyond numbers, articles, projects and patents, this distinction honors your creative spirit and ability to transform abstract concepts into sustainable technical realities.

The collaboration between Professor Stanisław Legutko., PhD, DSc, Eng. and the Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Engineering in Baia Mare, with me personally, has more than 25 years. I had the honor to collaborate initially in the CEEPUS program and later in other programs, projects and publications. The collaboration has turned from a professional one into a lasting friendship of which I am particularly proud.

I am convinced that your integration into the academic community of Lublin University of Technology will be a continuous source of inspiration and will strengthen the bridges between high-level research and the practical applications that define the future.

I wish you good health, work power and equally resounding successes in all future projects. May this moment of celebration bring you the full satisfaction of your work accomplished!

VIVAT, CRESCAT, FLOREAT

With special consideration and respect,

Prof. Dr. habil Eng. Nicolae UNGUREANU Dr H.C.,
Technical University of Cluj-Napoca,
Faculty of Engineering, Baia Mare, Romania





TECHNICAL UNIVERSITY
OF CLUJ-NAPOCA, ROMANIA

Letter of Congratulations and Appreciation

Dear Professor Stanisław Legutko,

It is with great respect and sincere pleasure that I extend my warmest congratulations on the occasion of being awarded the title of **Doctor Honoris Causa of the Lublin University of Technology**. This distinction honors an outstanding scientific career and recognizes your remarkable contribution to the international academic community.

You are a prominent figure of the Polish scientific community and a respected member of the international academic world. Over the years, you have achieved prestigious scientific results and have established numerous collaborations with universities and research centers throughout Europe and worldwide. Through your work, you have made significant contributions to the advancement of engineering research and to the strengthening of international academic cooperation.

I also deeply appreciate the care and dedication with which you support the education and development of younger generations. You have guided students and doctoral candidates with patience, generosity, and professionalism. For many of them, you are not only a respected professor and researcher, but also a mentor and a friend.

For the **Technical University of Cluj-Napoca, Romania**, and particularly for the **Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management**, and the **Department of Manufacturing Engineering**, you are a highly valued collaborator and a close friend of our academic community. Your participation in numerous scientific events alongside my colleagues and your doctoral students has greatly contributed to the development of meaningful and lasting collaborations.

I would also like to highlight your constant presence at numerous international scientific events. On many occasions you have pleasantly surprised audiences by delivering your speeches in the language of the host country. This thoughtful gesture reflects your respect for the local academic community and creates a special connection with the audience.

For me personally, you are not only a distinguished professor and researcher, but also a true friend and an inspiring example for colleagues throughout universities.

Thank you for the openness, support, and friendship you have so generously offered me over the years.

My sincere gratitude for your contribution to my development as a professor, for your valuable advice, and for the example that has shaped my professional path. Words cannot fully express the esteem, respect, appreciation, and gratitude I hold for you.

I wish you continued good health, inspiration, and many further achievements in your scientific and academic endeavors.

With my highest consideration,

Prof. PhD. Eng. Paul Bere

Technical University of Cluj-Napoca, Romania
Faculty of Industrial Engineering, Robotics and Production Management
Department of Manufacturing Engineering

