



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# **Projekt:** „Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym”

**ZB4. Opracowanie nowej, prostszej i tańszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych**

**Liderzy merytoryczni:**

**prof. dr hab. inż. Piotra Kula - PŁ**

**dr inż. Bogdan Kozik - PRz**

---

---



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# Partnerzy w Zadaniu Badawczym 4

## Politechnika Rzeszowska

1. prof. dr hab. inż. Tadeusz Markowski
2. dr hab. inż. Adam Marciniak
3. dr inż. Grzegorz Budzik
4. dr inż. Bogdan Kozik
5. mgr inż. Jacek Bernaczek

## Politechnika Łódzka

- prof. dr hab. inż. Piotr Kula
- dr hab. inż. Leszek Klimek
- dr hab. inż. Piotr Niedzielski
- dr inż. Radosław Atraszkiewicz
- dr inż. Konrad Dybowski
- dr inż. Bartłomiej Januszewicz
- dr inż. Sebastian Lipa
- dr inż. Robert Pietrasik
- dr inż. Adam Rzepkowski
- dr inż. Dariusz Siniarski
- mgr inż. Antoni Rzepkowski



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Kierunki rozwoju

1. Uproszczenie konstrukcji przekładni zębatej.
2. Poprawa właściwości warstwy wierzchniej elementów przekładni.
3. Badanie par kół zębatach o niestandardowych zarysach.
4. Obniżenie kosztów.



# Kierunki rozwoju konstrukcji przekładni stożkowych i technologii ich produkcji

## Środki do realizacji celów:

1. Zastosowanie nowych materiałów i metod obróbki cieplno-chemicznej oraz pokryć.
  2. Rozwój komputerowych metod projektowania przekładni, opracowania technologii wytwarzania i procedur pomiarowych:
    - Dobór podstawowej geometrii przekładni, narzędzi i parametrów ustawczych obrabiarek.
    - Symulacja obróbki.
    - Modyfikacja powierzchni bocznej zęba dla uzyskania optymalnego śladu współpracy i wykresów ruchowych przekładni (TCA, LTCA)
    - Program sterowania obrabiarką CNC.
    - Pomiary wykonanego uzębienia na CMM.
    - Korekta parametrów i sterowania procesem obróbki.
- Zastosowanie nowych środków produkcji – obrabiarki CNC
  - Właściwa organizacja i zarządzanie



## Aktualny stan wiedzy

- Monopolistyczna pozycja producentów obrabiarek (Gleason, grupa Sigma Pool : Klingelnberg, Oerlikon) w zakresie software'u: G-AGE , KIMOS, KOMET.
- Brak informacji na temat teoretycznych podstaw funkcjonowania oprogramowania.
- Istnieje szereg publikacji podających cząstkowe rozwiązania problemów związanych z konstrukcją i wytwarzaniem kół przekładni stożkowych. Oprogramowanie generujące modele bryłowe kół stożkowych: HyGEARS, GearWizard , MITCalc, KISSsoft, Gear Design Program
- Potrzeba opracowania podstaw teoretycznych i zintegrowanego oprogramowania do projektowania konstrukcji i procesu wytwarzania kół przekładni stożkowych, dający możliwość ich dalszego rozwoju w oparciu o polskie ośrodki badawcze.



## Główne cele zdania badawczego nr 4

CZ 4.1 – teoretyczne i eksperymentalne opracowanie takiej konfiguracji przekładni wielodrożnych, która zapewni równomierny przepływ mocy w przekładniach stosowanych w przemyśle lotniczym;

CZ 4.2 – opracowanie programu komputerowego do wyznaczania podstawowych parametrów geometrycznych przekładni;

CZ 4.3 – nowe rozwiązania inżynierii powierzchni dla przekładni zębatych w napędach lotniczych. Opracowanie technologii, która rozwiąże zagadnienie doboru parametrów procesów obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej i powierzchniowej dla elementów przekładni samolotowych zapewniających wysoką trwałość i niezawodność konstrukcji.



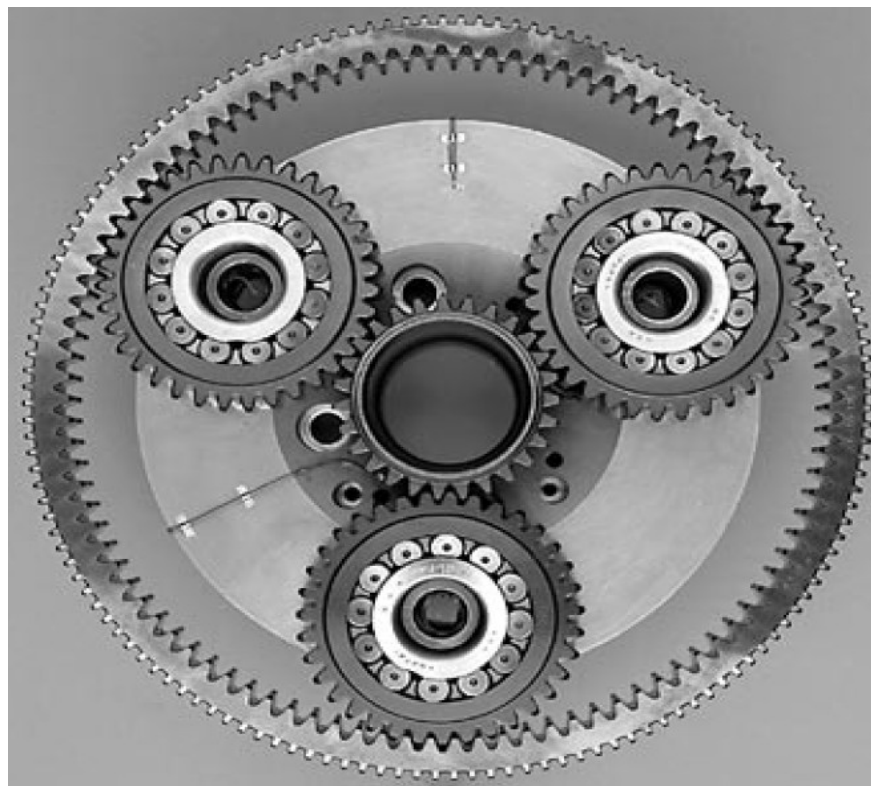
**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



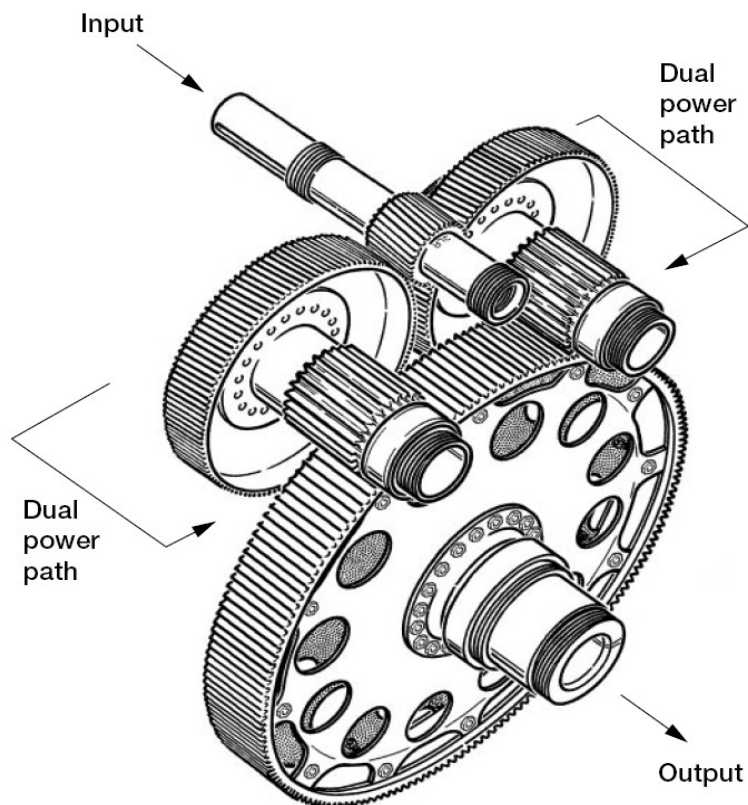
# Przekładnia planetarna



ZB4. Opracowanie nowej, prostszej i tanszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych



# Przekładnia dwudrożna







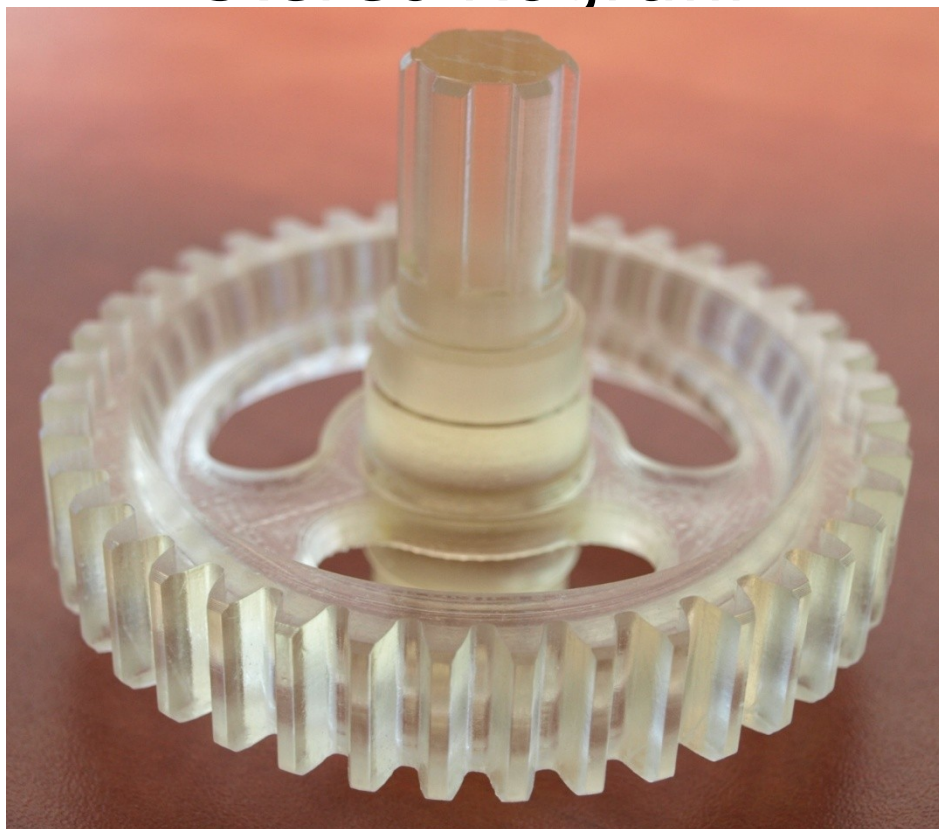
INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Model koła zębatego wykonany metodą stereolitografii



ZB4. Opracowanie nowej, prostszej i tanszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych



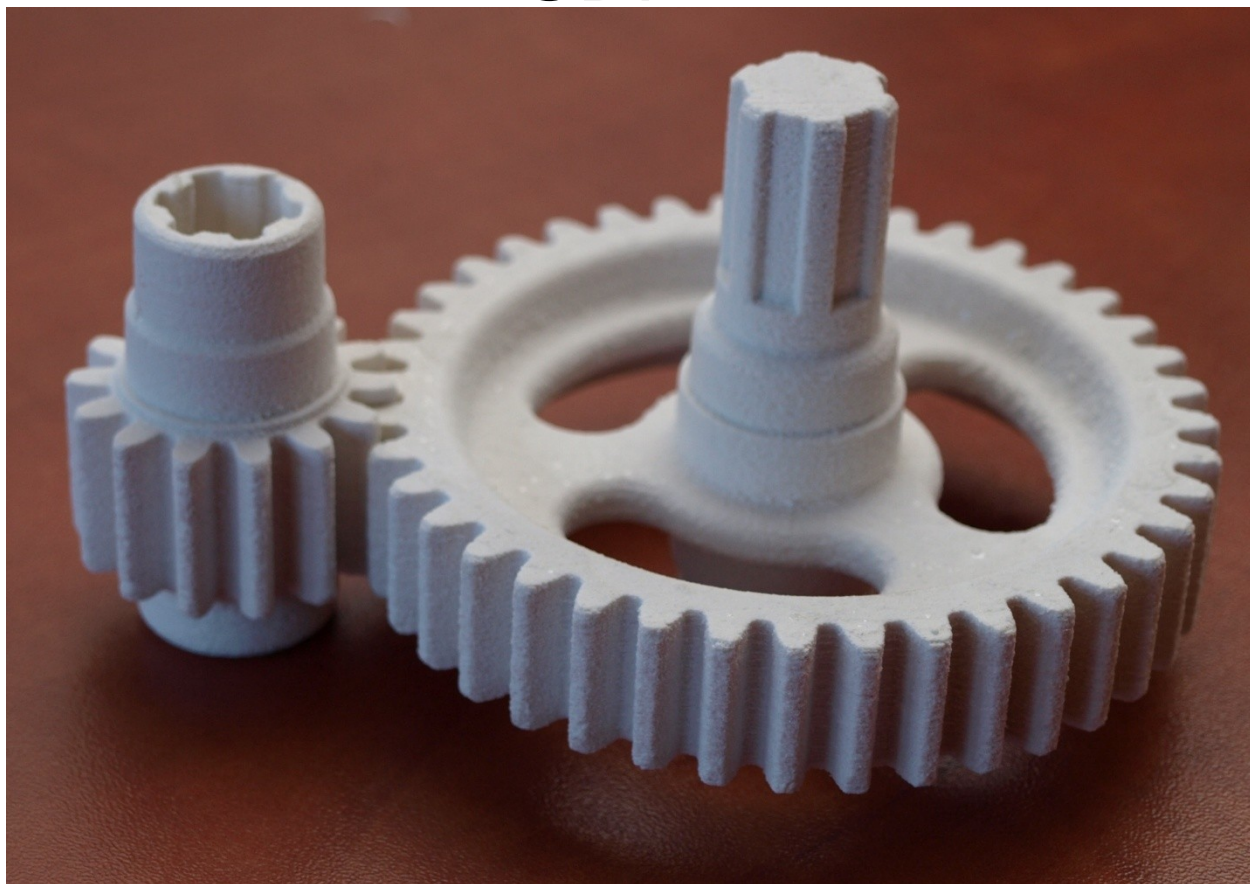
INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# Model pary kół zębatych wykonany metodą 3DP



ZB4. Opracowanie nowej, prostszej i tanszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych



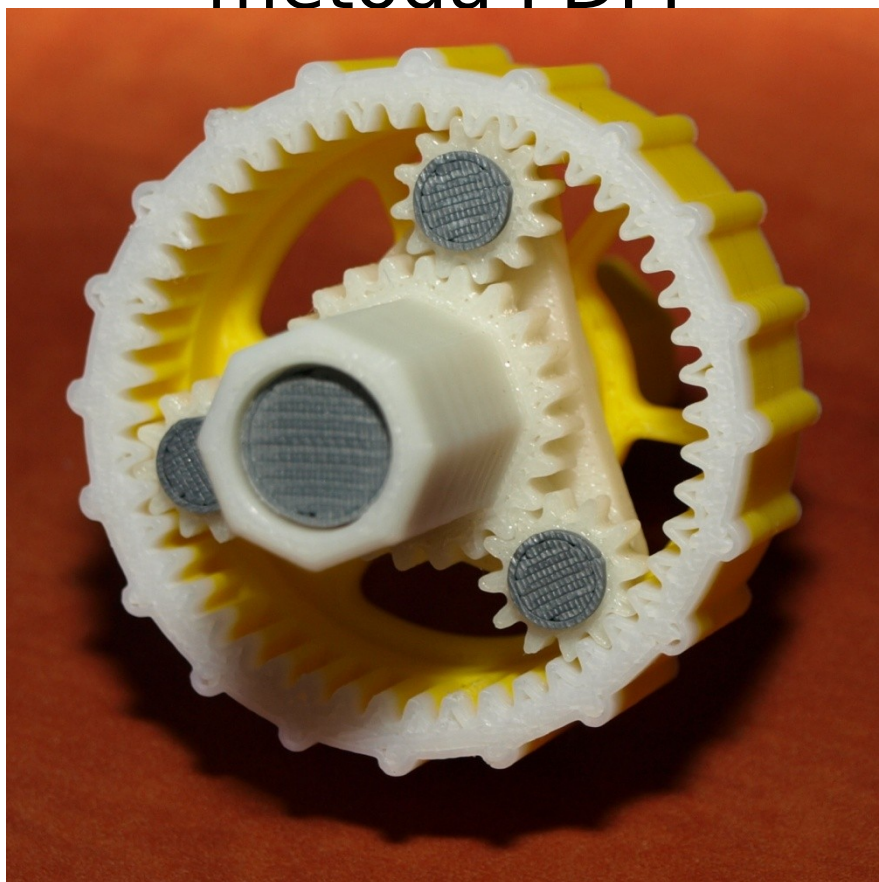
INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Model przekładni planetarnej wykonany metoda FDM



ZB4. Opracowanie nowej, prostszej i tanszej przekładni zębatej w miejsce skomplikowanych i drogich przekładni planetarnych



## Harmonogram ZB 4

L.p.	Wyk.	Podzadanie	Liczba miesięcy	Liczba osób	2008	2009	2010	2011	2012	2013
					1	2	3	4	5	6
1	PRz	1. Analiza porównawcza różnych typów przekładni planetarnych.	12	4	4	4				
2	PRz, PŁ	2. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych przekładni stosowanych w nowoczesnych konstrukcjach samolotowych.	12	8	8	8				
3	PRz	3. Analiza narzędzi programowych umożliwiających teoretyczne zaprojektowanie przekładni wielodrożnej z punktu widzenia możliwości przeprowadzenia niezbędnych obliczeń nowej przekładni.	10	3	3	3				
4	PRz, PŁ	4. Teoretyczne określenie wymagań (parametrów) odnośnie nowej przekładni wielodrożnej	6	6		6	6			
5	PRz	5. Opracowanie programu komputerowego do wyznaczania podstawowych parametrów geometrycznych przekładni.	8	3		3	3			
6	PRz	6. Badanie par kół zębatach o różnych niestandardowych zarysach zębów z przeznaczeniem do przekładni stosowanych w lotnictwie.	42	3	3	3				
7	PRz	7. Wykonanie komputerowych modeli przestrzennych zaprojektowanych kół zębatach.	42	2		2	2	2	2	2
8	PRz	8. Wykonanie modeli fizycznych kół zębatach technologią stereolitografii (metoda szybkiego prototypowania typu SLA).	42	3		3	3	3	3	3
9	PRz	9. Wykonanie modeli fizycznych kół zębatach technologią trójwymiarowego druku (metoda szybkiego prototypowania typu 3 DP).	42	3		3	3	3	3	3
10	PRz	10. Wykonanie modeli fizycznych kół zębatach technologią odlewania próżniowego.	42	3		3	3	3	3	3



L.p.	Wyk.	Podzadanie	Liczba miesięcy	Liczba osób	2008	2009	2010	2011	2012	2013
					1	2	4	7	8	10
12	PŁ	12. Określenie technologii wykonania elementów przekładni w zakresie materiałów i obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej i powierzchniowej kół zębatach.	12	6			6	6		
13	PŁ	13. Analiza rozwiązań materiałowych stosowanych w konstrukcjach przekładni samolotowych.	12	6		6	6			
14	PŁ	14. Weryfikacja zanalizowanych i propozycja nowych rozwiązań inżynierii powierzchni dla przekładni zębatach w napędach lotniczych.	10	6		6	6			
15	PŁ	15. Optymalizacja opracowanych rozwiązań po kątem zastosowania w przekładniach zębatach w napędach lotniczych.	10	5			5	5		
16	PRz, PŁ	16. Wykonanie prototypu przekładni wielodrożnej i przeprowadzenie badań.	6	5				5	5	
17	PRz, PŁ	17. Analiza wyników przeprowadzonych prób prototypu przekładni.	6	7				7	7	
18	PRz, PŁ	18. Wprowadzenie zmian konstrukcyjnych oraz w zakresie rozwiązań materiałowo technologicznych na bazie przeprowadzonej analizy prób.	6	4					4	
19	PRz, PŁ	19. Przeprowadzenie prób porównawczych z przekładnią planetarną.	6	4					4	4
20	PRz, PŁ	20. Przygotowanie warunków do wdrożenia po zakończeniu projektu.	6	5						5



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# Potencjał techniczny

## Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

Wyposażenie:

### 1. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa

#### WENZEL LH 87

Oś X: 800 mm

Oś Y: 1000 mm

Oś Z: 700 mm

Granitowa płyta pomiarowa

Standardowa dokładność:

$MPE_E$  ( $\mu\text{m}$ )

(L in mm) 2,7-L/300

$MPE_p$  ( $\mu\text{m}$ ) 2,7

$MPE_{THP}$  ( $\mu\text{m}$ ) 2,6

Maksymalna prędkość 3D

550 mm/s

Maksymalne przyspieszenie 3D

1.200 mm/s<sup>2</sup>

Maszyna wyposażona w skanującą głowicę obrotowo-uchylną PH10M (Renishaw), która pozwala na pomiary w trybie punktowym jak i skaningowym.

Urządzenie posiada standardowe oprogramowanie Metrosoft oraz specjalistyczne oprogramowanie do pomiaru kół zębatych TGEAR XY.

Maszyna daje możliwość pomiarów detali o skomplikowanych kształtach, niezależnie od rodzaju materiału, z którego zostały wykonane.



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



# Potencjał techniczny Politechnika Rzeszowska, Katedra Konstrukcji Maszyn

Wyposażenie:

**Modelowanie i analiza przekładni zębatych w systemach CAD.**

**CATIA v5 R 19, Inventor 2009, Unigraphics NX5,  
Solid Edge v20 , Solid Works**

**Obliczenia MES - Adina, Abacus, MSC Patran.**



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Wskaźnik rezultatu (wartość docelowa)

Prace magisterskie: 3  
Prace doktorskie: 2  
Prace habilitacyjne: 1  
Publikacje: 12





**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



Lider merytoryczny:

**prof. dr hab. inż. Piotra Kula**

**Adres: ul. B. Stefanowskiego 1/15, Łódź 90-924**

**Tel: (0-42) 631-12-79, (0-42) 631-22-79, (0-42) 636-52-52**

**Fax: (0-42) 636-67-90**

**E-mail: [wroblews@p.lodz.pl](mailto:wroblews@p.lodz.pl)**