

Program studiów

# Nowoczesne materiały lotnicze drugiego stopnia

Profil studiów: ogólnoakademicki



## 1. Podstawowe informacje o kierunku

Nazwa kierunku studiów	<b>Nowoczesne materiały lotnicze</b>
Poziom studiów	<b>drugiego stopnia</b>
Profil studiów	<b>ogólnoakademicki</b>

Nazwa dyscypliny wiodącej, w ramach której uzyskiwana jest ponad połowa efektów uczenia się wraz z określeniem procentowego udziału liczby punktów ECTS dla dyscypliny wiodącej w ogólnej liczbie punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na kierunku

Nazwa dyscypliny wiodącej	Udział
<b>inżynieria materiałowa</b>	<b>80 %</b>

Nazwy pozostałych dyscyplin wraz z określeniem procentowego udziału liczby punktów ECTS dla pozostałych dyscyplin w ogólnej liczbie punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na kierunku

Nazwa dyscypliny	Udział
<b>inżynieria mechaniczna</b>	<b>20 %</b>

Liczba semestrów	studia stacjonarne: <b>3</b>
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów	<b>90</b>
Łączna liczba godzin zajęć	<b>975</b>
Wymagania wstępne - rekrutacja	wymagania corocznie określone przez Senat PRz
Po ukończeniu studiów absolwent uzyskuje tytuł zawodowy	magister inżynier
Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia	Absolwent studiów drugiego stopnia na kierunku nowoczesne materiały lotnicze posiada pogłębioną i zintegrowaną wiedzę z zakresu nowoczesnych technologii i materiałów lotniczych, problematyki ich badań i oceny właściwości. Zna tendencje rozwoju inżynierii materiałowej w kontekście techniki lotniczej. Rozumie złożone zależności pomiędzy strukturą materiału i jego właściwościami oraz podatnością na niszczenia wskutek oddziaływania środowiska. Potrafi w ramach pracy samodzielnej oraz zespołowej definiować i rozwiązywać złożone problemy inżynierskie oraz planować i realizować prace naukowe i badawczo-rozwojowe z zakresu inżynierii materiałowej. Umie stosować zaawansowane metody badawcze,

	<p>narzędzia analizy danych, w tym nowoczesne techniki informacyjno-komunikacyjne. Potrafi integrować wiedzę techniczną z aspektami ekonomicznymi, środowiskowymi i organizacyjnymi w miejscu pracy. Ma świadomość, etycznych i społecznych aspektów decyzji podejmowanych w działalności zawodowej. Jest gotów do krytycznej oceny swojej wiedzy i podejmowanych działań. Absolwent studiów drugiego stopnia nowoczesne materiały lotnicze jest przygotowany do pracy na stanowiskach specjalistycznych oraz samodzielnego i zespołowego prowadzenia prac projektowych i badawczych. Nabyta wiedza, umiejętności i kompetencje, stanowią podstawę do podjęcia pracy w małych średnich i dużych przedsiębiorstwach m.in. z branży lotniczej i metalurgicznej, a także zaplecza badawczo-rozwojowym przemysłu, jednostkach doradczych i projektowych, również do rozpoczęcia studiów trzeciego stopnia.</p>
--	--

## 2. Efekty uczenia się

Symbol	Treść	Odniesienia do PRK
K_W01	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu teorie wyjaśniające złożone zależności pomiędzy mikrostrukturą i właściwościami materiałów inżynierskich.	P7S_WG
K_W02	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu metody kształtowania właściwości materiałów inżynierskich stosowanych w przemyśle lotniczym.	P7S_WG
K_W03	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu problematykę badań materiałów inżynierskich.	P7S_WG
K_W04	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu główne tendencje rozwojowe inżynierii materiałowej, w tym w zakresie nowych materiałów i technologii stosowanych w lotnictwie, a także najważniejsze kierunki rozwoju techniki lotniczej.	P7S_WG
K_W05	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu procesy niszczenia materiałów inżynierskich w wyniku oddziaływania środowiska zewnętrznego oraz złożone zależności tych procesów od mikrostruktury i składu chemicznego materiałów.	P7S_WG
K_W06	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu metody wytwarzania warstw i powłok ochronnych stosowane w przemyśle lotniczym oraz ich główne tendencje rozwojowe.	P7S_WG
K_W07	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia związane z planowaniem badań i analizą uzyskanych wyników oraz ich główne tendencje rozwojowe, w tym zastosowanie nowoczesnych technik informacyjno-komunikacyjnych.	P7S_WG

K_W08	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia dotyczące technologii materiałowych stosowanych w lotnictwie i metod napraw elementów lotniczych.	P7S_WG
K_W09	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia związane z zarządzaniem projektami badawczymi i produkcją w przemyśle lotniczym, z uwzględnieniem problematyki zasad ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego.	P7S_WK
K_W10	Zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia dotyczące tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości.	P7S_WK
K_U01	Potrafi na podstawie krytycznej analizy informacji pochodzących z dostępnych źródeł formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi z zakresu inżynierii materiałowej.	P7S_UW
K_U02	Potrafi pozyskiwać informacje pochodzące z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także obcojęzycznych, dokonywać oceny ich wiarygodności, interpretować, krytycznie analizować i na tej podstawie formułować złożone i nietypowe problemy dotyczące studiowanej dyscypliny.	P7S_UW
K_U03	Potrafi planować prace badawcze, dobierając, dostosowując lub opracowując odpowiednie metody eksperymentalne, narzędzia analityczne i obliczeniowe, w tym nowoczesne techniki informacyjno-komunikacyjne, w celu innowacyjnego rozwiązywania problemów dotyczących właściwości materiałów i ich zastosowań w przemyśle lotniczym.	P7S_UW
K_U04	Potrafi w sposób innowacyjny i w nieprzewidywalnych warunkach rozwiązywać złożone i nietypowe problemy dotyczące kształtowania struktury i właściwości materiałów, procesów ich niszczenia, metod ochrony oraz badań materiałowych.	P7S_UW
K_U05	Potrafi na podstawie krytycznej analizy dostępnych danych oceniać istniejące rozwiązania techniczne w zakresie prawidłowości doboru materiałów inżynierskich i przyjętych metod kształtowania ich właściwości.	P7S_UW
K_U06	Potrafi przedstawiać zagadnienia dotyczące studiowanej dyscypliny w formie ustnej, pisemnej i multimedialnej na poziomie adekwatnym do poziomu wiedzy odbiorców.	P7S_UK
K_U07	Potrafi prowadzić debatę o tematyce związanej z zagadnieniami inżynierii materiałowej.	P7S_UK
K_U08	Potrafi porozumiewać się w języku obcym w formie ustnej i pisemnej na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego, stosując specjalistyczną terminologię z zakresu inżynierii materiałowej.	P7S_UK
K_U09	Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	P7S_UO
K_U10	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się, realizować ten proces samodzielnie i ukierunkowywać innych w tym zakresie.	P7S_UU
K_K01	Jest gotów do krytycznej analizy odbieranych informacji i posiadanej wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej.	P7S_KK
K_K02	Jest gotów do rozwiązywania problemów poznawczych i praktycznych dotyczących studiowanej dyscypliny, w oparciu o dostępną wiedzę.	P7S_KK
K_K03	Jest gotów do wypełniania zobowiązań społecznych, inspirowania i organizowania działalności na rzecz środowiska społecznego.	P7S_KO

K_K04	Jest gotów do myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy, uwzględniając interes publiczny.	P7S_KO
K_K05	Jest gotów do pełnienia roli zawodowej i podejmowania działań na rzecz rozwoju wiedzy z zakresu inżynierii materiałowej, przestrzegając przy tym zasad etyki zawodowej.	P7S_KK

Opis efektów uczenia się zawiera efekty uczenia się, o których mowa w ustawie z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji i uwzględnienia uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia określone w tej ustawie oraz charakterystyki drugiego stopnia określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 3 tej ustawy, natomiast w przypadku kierunku studiów kończącego się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera – pełen zakres efektów umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich.

Szczegółowe informacje o:

1. związkach efektów uczenia się z efektami uczenia się zawartymi w poszczególnych zajęciach;
2. kluczowych kierunkowych efektach uczenia się w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, z ukazaniem ich związku z dyscypliną/dyscyplinami, do której/których kierunek jest przyporządkowany;
3. rozwinięciu kierunkowych efektów uczenia się na poziomie zajęć lub grup zajęć, w szczególności powiązanych z prowadzoną w uczelni działalnością naukową;
4. efektach uczenia się w zakresie wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, prowadzących do uzyskania kompetencji inżynierskich, w przypadku kierunków studiów kończących się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera/magistra inżyniera;

znajdują się w kartach zajęć, dostępnych na stronie internetowej wydziału.

### 3. Wykaz zajęć, parametry programu studiów, metody weryfikacji efektów uczenia się oraz treści programowe

#### 3.1 Wykaz zajęć

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
1	DJ	Język obcy	0	30	0	0	30	2	N	
1	MC	Kształtowanie mikrostruktury i właściwości materiałów metalicznych	30	0	30	0	60	5	T	
1	MC	Materiały dla silników lotniczych	30	0	30	0	60	5	T	
1	MC	Materiały kompozytowe dla lotnictwa i kosmonautyki	30	0	15	0	45	3	N	

1	MO	Planowanie eksperymentu i analiza wyników	30	0	30	0	60	4	N	
1	MC	Stopy metali lekkich	30	0	30	0	60	5	T	
1	MC	Technologie przyrostowe	30	0	30	0	60	4	N	
1	MC	Współczesna technika lotnicza	15	0	0	15	30	2	N	
<b>Sumy za semestr: 1</b>			<b>195</b>	<b>30</b>	<b>165</b>	<b>15</b>	<b>405</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>0</b>

2	MC	Analiza przyczyn uszkodzeń i awarii	30	0	30	0	60	4	N	
2	MC	Degradacja materiałów niemetalicznych	15	0	15	0	30	2	N	
2	MC	Korozja materiałów lotniczych	30	0	45	0	75	6	T	
2	MC	Materiały ceramiczne w lotnictwie	30	0	30	0	60	5	T	
2	MC	Materiały do konwersji i magazynowania energii	15	0	0	15	30	2	N	
2	MC	Przedmiot wybieralny 1: (Metody badań warstw i powłok ochronnych / Nieniszczące metody badań materiałów)	30	0	15	0	45	3	N	
2	MX	Przedmiot wybieralny 2: (Organizacja systemów produkcji / Organizacja pracy laboratorium badań materiałów)	15	0	0	15	30	2	N	

2	MC	Technologie napraw elementów lotniczych	15	0	15	15	45	3	N	
2	MT	Technologie obróbki materiałów lotniczych	15	0	30	0	45	3	N	
<b>Sumy za semestr: 2</b>			<b>195</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>45</b>	<b>420</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
3	MK	Analiza dokumentacji technicznej	0	0	0	15	15	1	N	
3	MC	Praca dyplomowa	0	0	0	0	0	20	N	
3	MT	Przedsiębiorczość i innowacje	15	0	0	0	15	1	N	
3	MC	Seminarium dyplomowe	0	0	0	30	30	2	N	
3	MC	Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe	15	0	45	0	60	4	N	
3	MC	Zarządzanie projektami badawczo-rozwojowymi	15	0	0	15	30	2	N	
<b>Sumy za semestr: 3</b>			<b>45</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>SUMY ZA WSZYSTKIE SEMESTRY:</b>			<b>435</b>	<b>30</b>	<b>390</b>	<b>120</b>	<b>975</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

Uwaga, niezaliczenie zajęć oznaczonych czerwoną flagą uniemożliwia dokonanie wpisu na kolejny semestr (nawet wówczas gdy sumaryczna liczba punktów ECTS jest mniejsza niż dług dopuszczalny), są to zajęcia kontynuowane w następnym semestrze lub zajęcia, w których nieosiągnięcie wszystkich zakładanych efektów uczenia się nie pozwala na kontynuowanie studiów w innych zajęciach objętych programem studiów następnego semestru.

### 3.2 Przedmioty wybierane w ramach programu studiów, w tym języki obce.

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
1	DJ	Język obcy - lektorat z języka francuskiego	0	30	0	0	30	2	N	

1	DJ	Język obcy - lektorat z języka niemieckiego	0	30	0	0	30	2	N	
1	DJ	Język obcy - lektorat z języka rosyjskiego	0	30	0	0	30	2	N	
1	DJ	Język obcy - lektorat z języka angielskiego	0	30	0	0	30	2	N	
2	MC	Metody badań warstw i powłok ochronnych	15	0	30	0	45	3	N	
2	MC	Nieniszczące metody badań materiałów	15	0	30	0	45	3	N	
2	MC	Organizacja pracy laboratorium badań materiałów	15	0	0	15	30	2	N	
2	MT	Organizacja systemów produkcji	15	0	0	15	30	2	N	

### 3.2 Parametry programu studiów i metody weryfikacji efektów uczenia się

#### Parametry programu studiów

Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia.	46 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.	61 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne.	5 ECTS

Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana przedmiotom do wyboru.	27 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z języka obcego.	2 ECTS
Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego.	--

### Metody weryfikacji efektów uczenia się

Szczegółowe zasady oraz metody weryfikacji i oceny efektów uczenia się pozwalające na sprawdzenie i ocenę wszystkich efektów uczenia się są opisane w kartach zajęć. W ramach programu weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się jest realizowana w szczególności przy pomocy następujących metod: egzamin cz. pisemna, egzamin cz. praktyczna, egzamin cz. ustna, zaliczenie cz. pisemna, zaliczenie cz. praktyczna, zaliczenie cz. ustna, esej, kolokwium, sprawdzian pisemny, obserwacja wykonawstwa, prezentacja dokonań (portfolio), prezentacja projektu, raport pisemny, referat pisemny, referat ustny, sprawozdanie z projektu, test pisemny. Szczegółowe informacje na temat weryfikacji osiągniętych przez studentów efektów uczenia się znajdują się w kartach zajęć opublikowanych na stronie internetowej wydziału. Parametry wybranych metod weryfikacji efektów uczenia się znajdują się w tabeli poniżej.

Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin	5
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	5
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	0
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	10
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	440
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	18
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	10
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej	3
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych)	10
Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	14
Liczba laboratoriów, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	7
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	62
Liczba zajęć projektowych, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie prezentacji projektu, raportu pisemnego, referatu pisemnego, referatu ustnego lub sprawozdania z projektu	7

Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na wykonanie projektu/dokumentacji/raportu oraz przygotowanie do prezentacji	107
Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu	16
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych	104

### 3.3 Treści programowe

Treści programowe (kształcenia) są zgodne z efektami uczenia się oraz uwzględniają w szczególności aktualny stan wiedzy i metodyki badań w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których jest przyporządkowany kierunek, jak również wyniki działalności naukowej uczelni w tej dyscyplinie lub dyscyplinach. Szczegółowy opis realizowanych treści programowych znajduje się w kartach zajęć, dostępnych na stronie wydziału.

Analiza dokumentacji technicznej	K_U05, K_U06
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza dokumentacji: konstrukcja i zasada działania</li> <li>Analiza dokumentacji: materiały</li> <li>Analiza dokumentacji: wykonanie i montaż</li> <li>Uzupełnienie dokumentacji.</li> </ul>	
Analiza przyczyn uszkodzeń i awarii	K_W01, K_W03, K_W05, K_U03
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wady powstające w procesach metalurgicznych rodzaje, mechanizmy i przyczyny powstawania oraz metody zapobiegania ich powstawaniu. Wady powstające w procesach technologicznych: obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej, przeróbki plastycznej</li> <li>Wady i niezgodności spawalnicze i lutownicze oraz sposoby zapobiegania ich powstawaniu. Mechanizmy korozji, identyfikacja rodzaju korozji oraz znajomość sposobów jej zapobiegania i zwalczania. Przyczyny niszczenia (dekohezji) materiałów inżynierskich powstałe w wyniku eksploatacji pod wpływem naprężeń. Określenie mechanizmu i drogi dekohezji na podstawie badań fraktograficznych.</li> <li>Samodzielna identyfikacja wad w częściach po eksploatacji, interpretacja czynników powodujących ich powstawanie oraz wykonanie analizy i ekspertyzy przy użyciu metod eksperymentalnych.</li> </ul>	
Degradacja materiałów niemetalicznych	K_W05, K_U03, K_U05, K_U09
<ul style="list-style-type: none"> <li>Krucze pękanie i odporność na pękanie (KIC). Subkrytyczny wzrost pęknięć i korozja naprężeniowa. Degradacja hydrotermalna ceramiki (LTD w <math>ZrO_2</math>). Korozja wysokotemperaturowa i utlenianie. Zmęczenie oraz pełzanie materiałów ceramicznych.</li> <li>Badania odporności na pękanie materiałów ceramicznych. Analiza mikrostruktury po procesach degradacyjnych (np. SEM, analiza fazowa). Ocena wpływu środowiska i temperatury na trwałość ceramiki. Badania starzeniowe oraz analiza przypadków awarii elementów ceramicznych.</li> </ul>	
Korozja materiałów lotniczych	K_W05, K_W06, K_U03, K_U05, K_U09
<ul style="list-style-type: none"> <li>Charakterystyka procesu korozji wysokotemperaturowej, teoria korozji gazowej w aspekcie termodynamiki i kinetyki procesu, modele teoretyczne procesu korozji wysokotemperaturowej stopów metali w atmosferach prostych i złożonych.</li> <li>Korozja gazowa wieloskładnikowych stopów metali w atmosferach prostych i złożonych,</li> </ul>	

<p>charakterystyka zgorzelin tlenkowych, optymalizacja składu chemicznego stopów dla zwiększenia ich żaroodporności, stopy o wysokiej entropii. • Charakterystyka warstw i powłok ochronnych stosowanych w lotnictwie dla zwiększenia żaroodporności stopów metali. • Charakterystyka mechanizmów korozji elektrochemicznej stopów metali stosowanych w lotnictwie. • Charakterystyka wybranych metod badawczych stosowanych w celu oceny podatności na korozję stopów metali stosowanych w lotnictwie. • Charakterystyka najważniejszych grup powłok stosowanych w lotnictwie dla ochrony stopów metali przed korozją elektrochemiczną.</p>	
<p>Kształtowanie mikrostruktury i właściwości materiałów metalicznych</p>	<p>K_W01, K_W02, K_U03</p>
<p>• Charakterystyka podstawowych grup materiałów metalicznych. Wpływ składu chemicznego i warunków krystalizacji na skład fazowy mikrostrukturę i właściwości stopów metali. • Mechanizmy powstawania struktury w procesach odlewniczych. Wady odlewnicze i ich wpływ na właściwości. Zmiany mikrostruktury w procesach odkształcenia plastycznego, zdrowienie i rekrytalizacja. • Procesy wyżarzania, hartowania, odpuszczania oraz umacniania wydzieleniowego. Wpływ parametrów obróbki na skład fazowy, mikrostrukturę i właściwości mechaniczne. • Kształtowanie warstwy wierzchniej w procesach obróbki cieplno-chemicznej. Interpretacja zmian mikrostrukturalnych w kontekście odporności na zużycie, pełzanie i zmęczenie materiałów.</p>	
<p>Materiały ceramiczne w lotnictwie</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W04, K_W06, K_U03, K_U05, K_U09</p>
<p>• Klasyfikacja materiałów ceramicznych stosowanych w lotnictwie (tlenkowe, nietlenkowe, CMC) oraz zależności między składem, technologią wytwarzania i właściwościami. Analiza właściwości mechanicznych i cieplnych, mechanizmów degradacji oraz roli mikrostruktury. Zastosowania w powłokach TBC, elementach silników i systemach ochrony termicznej. • Badania mikrostruktury materiałów ceramicznych z wykorzystaniem SEM/EDS oraz analiza ich właściwości. Ocena odporności na szok cieplny i degradację materiałów. Interpretacja wyników badań i ich powiązanie z zastosowaniami w technice lotniczej.</p>	
<p>Materiały dla silników lotniczych</p>	<p>K_W01, K_W02, K_W04, K_W05, K_W06, K_U03, K_U05, K_U09</p>
<p>• Materiały strefy zimnej i pośredniej silnika. Stopy tytanu (<math>\alpha</math>, <math>\alpha+\beta</math>, <math>\beta</math>) – stabilność fazowa, pełzanie w średnich temperaturach, utlenianie. Stopy aluminium i magnezu w komponentach pomocniczych. Stale wysokowytrzymałe w wałach i przekładniach. Mechanizmy zmęczenia w warunkach drgań i zmiennych obciążeń. • Materiały strefy gorącej. Nadstopy na osnowie Ni i Co – projektowanie mikrostruktury (<math>\gamma/\gamma'</math>), stabilność wydzieleni, rafting. Stopy monokrystaliczne i krystalizujące kierunkowo. Materiały umacniane wydzieleniami tlenków (ODS). Mechanizmy degradacji: pełzanie, TMF (thermo-mechanical fatigue), hot corrosion, TGO growth. • Systemy ochronne w silnikach lotniczych: interakcja powłoka–stop–środowisko. Rola powłok w systemie materiałowym silnika lotniczego. Interakcje chemiczne i dyfuzyjne między podłożem (nadstop, TiAl, stal) a warstwą ochronną. Tworzenie i wzrost warstwy tlenkowej (TGO) oraz jej wpływ na trwałość eksploatacyjną. Zjawiska naprężeń własnych i gradientów cieplnych w układzie powłoka–podłoże. Mechanizmy degradacji w warunkach cyklicznego obciążenia cieplnego (TMF), utleniania i korozji wysokotemperaturowej. Zgodność rozszerzalności cieplnej i stabilność fazowa systemu. Wpływ eksploatacji na</p>	

mikrostrukturę i właściwości podłoża pod powłoką (strefy zubożenia, przemiany fazowe, rafting). • Nowoczesne materiały i kierunki rozwoju. Stopy międzymetaliczne (TiAl). Kompozyty CMC. Materiały do addytywnego wytwarzania elementów silników (LPBF nadstopów). Projektowanie materiałów pod kątem redukcji masy i zwiększenia temperatury pracy. • Laboratorium (30 h) 1. Analiza mikrostruktury nadstopów (SEM/EDS /EBSD) 2. Ocena wydzielen  $\gamma$  i ich stabilności 3. Analiza pełzania i interpretacja krzywych creep 4. Badanie zmęczenia w podwyższonej temperaturze 5. Analiza utleniania wysokotemperaturowego 6. Charakterystyka powłok TBC (mikrostruktura, delaminacja) 7. Studium przypadku – analiza uszkodzenia łopatki turbiny 8. Ocena wpływu procesu wytwarzania (casting vs LPBF) na mikrostrukturę

Materiały do konwersji i magazynowania energii	K_W04, K_U02, K_U06, K_U07, K_K02
--	-----------------------------------

• Charakterystyka metod wytwarzania energii i procesów technologicznych materiałów na nośniki energii oraz ich wpływ na środowisko naturalne. • Charakterystyka materiałów stosowanych do pozyskiwania i magazynowania energii ze szczególnym uwzględnieniem materiałów stosowanych w energetyce odnawialnej. • Określenie trwałości materiałów stosowanych do konwersji i magazynowania energii, ze szczególnym uwzględnieniem technologii energetyki odnawialnych.

Materiały kompozytowe dla lotnictwa i kosmonautyki	K_W01, K_W02, K_W04, K_U03, K_U05, K_U09
--	--

• Materiały kompozytowe – klasyfikacja, budowa i właściwości materiałów stosowanych na osnowę i wzmocnienie kompozytów – materiały metaliczne, ceramiczne i polimerowe • Włókna i wyroby z włókien stosowane do zbrojenia kompozytów – struktura, właściwości, metody wytwarzania • Podstawy mechaniki kompozytów. Mechanizmy niszczenia materiałów kompozytowych • Kompozyty o osnowie metalicznej, ceramicznej i polimerowej – metody wytwarzania, właściwości, zastosowanie w lotnictwie i kosmonautyce • Kompozyty warstwowe – laminaty i materiały przekładkowe z rdzeniem o małej gęstości – struktura, właściwości, zastosowania w lotnictwie i kosmonautyce • Projektowanie, wytwarzanie, łączenie i naprawa elementów kompozytowych • Kontrola jakości i metody badań zaawansowanych materiałów kompozytowych w przemyśle lotniczym • Monitorowanie stanu konstrukcji lotniczych – kompozyty samomonitorujące się i samonaprawiające się • Prognozowanie właściwości sprężystych i wytrzymałościowych kompozytów • Badanie wpływu struktury kompozytów włóknistych i warstwowych na właściwości wytrzymałościowe • Zaprojektowanie i wykonanie laminatu o osnowie polimerowej metodą infuzji próżniowej

Planowanie eksperymentu i analiza wyników	K_W03, K_W07, K_U03
---	---------------------

• Istotność planowania badań. • Rodzaje zmiennych. Rozkłady zmiennej losowej. Statystyki opisowe i parametry populacji. • Graficzna prezentacja wyników badań. • Centralne twierdzenie graniczne. Estymacja przedziałowa wartości średniej. • Testowanie hipotez statystycznych. Testy dla jednej średniej. Testy dla dwóch średnich. • Analiza wariancji. • Analiza korelacji. • Analiza regresji. • Zasady planowania eksperymentów. • Klasyfikacja planów eksperymentu i ogólna charakterystyka wybranych planów. • Planowanie eksperymentu w optymalizacji procesów. • Wprowadzenie do pacy w środowisku obliczeniowym zorientowanym na obliczenia statystyczne. • Obiekt badań, czynniki wpływające na obiekt badań. • Przygotowanie danych do pracy w środowisku obliczeniowym. • Analiza danych na podstawie statystyk

<p>opisowych. Graficzna prezentacja wyników badań. • Korzystanie z rozkładu Z i rozkładu t-Studenta. Obliczanie przedziału ufności dla wartości średniej. • Testy dla średnich - dla 1 lub 2 grup. • Przeprowadzania jednoczynnikowej i wieloczynnikowej analiza wariancji i ich nieparametrycznych odpowiedników. Przeprowadzanie testów post-hoc. • Przeprowadzanie analizy korelacji. • Przeprowadzanie analizy regresji jednoczynnikowej i wieloczynnikowej. Ocena jakości opracowanych modeli regresji. • Optymalizacja na podstawie modeli regresji.</p>	
Praca dyplomowa	K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U06, K_U10, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05
<p>• Wymagania formalne i zasady opracowania pracy dyplomowej. • Plan pracy, analiza literatury, opracowanie i prowadzenie prac badawczych i analiza wyników. Sformułowanie wniosków. • Redagowanie pracy dyplomowej, przygotowanie do obrony.</p>	
Przedsiębiorczość i innowacje	K_W10
<p>• Istota przedsiębiorczości – definicje, cechy przedsiębiorcy, postawy przedsiębiorcze. • Rola przedsiębiorczości w gospodarce i rozwoju regionalnym. Proces przedsiębiorczy – od pomysłu do firmy. • Kreatywność i generowanie pomysłów biznesowych (Design Thinking, brainstorming). • Finansowanie działalności gospodarczej: kredyty, VC, aniołowie biznesu, crowdfunding. • Organizacja procesu projektowania innowacji. Źródła innowacji. Proces dyfuzji innowacji. • Rodzaje innowacji, cykl życia innowacji, ery rewolucji technologicznych. • Własność intelektualna, patenty, etyka biznesu. • Społeczna odpowiedzialność biznesu (CSR), AI w biznesie.</p>	
Seminarium dyplomowe	K_U02, K_U06, K_U07, K_U10, K_K01, K_K02, K_K03, K_K05
<p>• Metodologia badań naukowych w inżynierii materiałowej. Formułowanie hipotez badawczych, określanie celu i zakresu pracy magisterskiej, analiza literatury naukowej. • Planowanie i realizacja badań eksperymentalnych lub analiz numerycznych. Opracowanie wyników, analiza statystyczna danych, interpretacja i formułowanie wniosków. • Przygotowanie publikacyjnej struktury pracy magisterskiej. Zasady redagowania tekstu naukowego, przygotowanie prezentacji multimedialnej oraz przygotowanie do obrony pracy.</p>	
Stopy metali lekkich	K_W01, K_W02, K_W04, K_U03, K_U05, K_U09
<p>• Stopy aluminium w lotnictwie. Podział stopów aluminium. Charakterystyka stopów odlewniczych i do przeróbki plastycznej. Charakterystyka stopów serii 2xxx, 6xxx i 7xxx. Umacnianie wydzieleniowe. Wpływ obróbki cieplnej na mikrostrukturę i właściwości. Zagadnienia podatności na korozję naprężeniową i degradację eksploatacyjną. • Stopy magnezu i tytanu – mikrostruktura i zastosowania. Mikrostruktura i właściwości stopów magnezu w kontekście redukcji masy konstrukcji. Stopy tytanu (<math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\alpha+\beta</math>) w elementach silnikowych i konstrukcyjnych. Obróbka cieplna i cieplno-plastyczna, kontrola mikrostruktury lamelarniej i dwufazowej, odporność na pełzanie i zmęczenie. • Technologie addytywne i nowoczesne metody przetwarzania stopów lekkich. Wytwarzanie przyrostowe (LPBF) stopów aluminium i tytanu stosowanych w lotnictwie. Wpływ parametrów druku 3D na mikrostrukturę, porowatość i właściwości mechaniczne. Obróbka po procesie (HIP, wyżarzanie odprężające). Inne nowoczesne metody przetwarzania: szybkie krzepnięcie, obróbka SPD (ECAP, HPT), techniki hybrydowe.</p>	
Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe	K_W07, K_U03

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podstawowe pojęcia z zakresu sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego.</li> <li>• Podstawy uczenia maszynowego i sieci neuronowych, modele i metody ich uczenia.</li> <li>• Teoria i praktyka pozyskiwania i przygotowania danych do analizy.</li> <li>• Wykorzystanie wybranych algorytmów statystycznych na zbiorach danych.</li> <li>• Praktyczna realizacja wykorzystania implementacji programowych metod sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego do analizy danych.</li> </ul>	
Technologie napraw elementów lotniczych	K_W05, K_W08, K_U02, K_U03, K_U05, K_U06, K_U07, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie napraw części lotniczych w procesach natryskiwania cieplnego</li> <li>• Technologie napraw części lotniczych w procesach spawalniczych i pokrewnych</li> <li>• Regeneracja części lotniczych w procesach dyfuzyjnych</li> </ul>	
Technologie obróbki materiałów lotniczych	K_W04, K_W08, K_U03, K_U05
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warstwa wierzchnia - budowa. znaczenie w procesach eksploatacji. Pojęcie technologii. Technologie kluczowe w procesach elementów silników lotniczych</li> <li>• Materiały stosowane na elementy silnika lotniczego. Technologie odlewnicze stosowane w procesach elementów silników lotniczych</li> <li>• Technologie przeróbki plastycznej elementów silników lotniczych. Technologie obróbki ubytkowej elementów silników lotniczych. Technologie obróbki cieplnej.</li> <li>• Technologie powłokowe i przyrostowe w procesach technologicznych elementów silników lotniczych</li> <li>• Technologie łączenia i kontroli w procesach technologicznych silników lotniczych</li> <li>• Czwarta i piąta rewolucja przemysłowa. Technologie produkcji inteligentnej i cyfrowej.</li> <li>• Obrabiarki i oprzyrządowanie technologiczne</li> <li>• Systemy CAD oraz CAM w zastosowaniu do elementu statku powietrznego</li> <li>• Technologie obróbki ubytkowej</li> <li>• Kształtowanie elementów z trudnoobrabialnych stopów lotniczych</li> <li>• Technologie przyrostowe</li> <li>• Technologia monokryształów oraz technologie CVD i PVD</li> <li>• Współczesna inżynieria produkcji</li> <li>• Wybrane technologie cyfryzacji produkcji</li> <li>• Wizyta studyjna w laboratorium badawczym zajmującym problematyką badań elementów/zespołów statków powietrznych</li> <li>• Struktura procesu technologicznego wybranej części statku powietrznego.</li> </ul>	
Technologie przyrostowe	K_W01, K_W02, K_W04, K_U03, K_U05, K_U09
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakterystyka ogólna technologii przyrostowych</li> <li>• Technologie przyrostowe stosowane do wytwarzania materiałów polimerowych. Charakterystyka metod wytwarzania przyrostowego, materiałów do wytwarzania przyrostowego. Zasady projektowania elementów. Właściwości elementów wytwarzanych przyrostowo i metody ich badań. Obróbka wykończeniowa elementów wytworzonych przyrostowo.</li> <li>• Technologie przyrostowe stosowane do wytwarzania materiałów metalicznych. Charakterystyka najważniejszych metod wytwarzania przyrostowego materiałów metalicznych wykorzystujących skoncentrowane źródła ciepła. Warunki technologiczne wytwarzania przyrostowego materiałów metalicznych. Krystalizacja w procesach wytwarzania przyrostowego. Mikrostruktura, właściwości i jakość elementów wytwarzanych przyrostowo ich badania i ocena. Obróbka wykończeniowa elementów wytworzonych przyrostowo.</li> </ul>	
Współczesna technika lotnicza	K_W04, K_U02, K_U06, K_U07, K_U09, K_K01

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozwój i budowa podstawowych rodzajów statków powietrznych</li> <li>• Charakterystyka konstrukcji wybranych elementów statków powietrznych</li> <li>• Charakterystyka konstrukcji napędów lotniczych</li> <li>• Analiza konstrukcji, podstaw koncepcyjnego projektowania oraz technologii produkcji i działania wybranych komponentów statków powietrznych</li> </ul>	
Zarządzanie projektami badawczo-rozwojowymi	K_W09, K_U02, K_U06, K_U07, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie do zarządzania projektami B+R. Projekty badawcze a projekty przemysłowe. Struktura zespołu projektowego i role w projekcie. Zarządzanie ryzykiem i jakością w projekcie. Harmonogram projektu i budżet projektu. Zasoby ludzkie i materialne w projekcie B+R. Kontrola realizacji projektu i raportowanie. Zarządzanie czasem i analiza decyzyjna. Narzędzia informatyczne wspomagające zarządzanie projektem. Ocena efektywności projektu i wskaźniki rezultatu. Projekty przemysłowe i wdrożeniowe. Metodyka PRINCE2 / PMBOK w projektach technicznych. Zarządzanie projektami międzynarodowymi i konsorcjami badawczymi.</li> <li>• Opracowanie koncepcji projektu badawczo-rozwojowego. Struktura WBS. Harmonogram (np. wykres Gantta). Identyfikacja ryzyka. Wskaźniki realizacji projektu. Prezentacja projektu</li> </ul>	
Język obcy - lektorat z języka francuskiego	K_U08
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkcje i zastosowanie urządzeń GPS.</li> <li>• Zastosowanie nowoczesnych technologii - praca z tekstem.</li> <li>• Podkreślenie zalet technicznych urządzeń - czytanie i mówienie:</li> <li>• Upraszczenie skomplikowanych wyjaśnień technicznych. Analiza dłuższych opisów technicznych.</li> <li>• Materiały i ich właściwości - praca z tekstem.</li> <li>• Odzyskiwanie energii podczas hamowania -Czytanie i słuchanie ze zrozumieniem:</li> <li>• Jakość produktu – zwroty i wyrażenia. Części składowe i ich montaż.</li> <li>• Techniki produkcyjne i ich wady i zalety.</li> <li>• Rodzaje łączeń i mocowań. Opis problemów technicznych.</li> <li>• Rysunek techniczny – rodzaje i definicje.</li> <li>• Etapy i procedury projektu. Rozwiązywanie problemów w projekcie budowlanym.</li> <li>• Rodzaje problemów technicznych. Ocena i interpretacja wad urządzeń.</li> <li>• Studium przypadku – wyciek paliwa w samolocie Airbus A 330.</li> </ul>	
Język obcy - lektorat z języka niemieckiego	K_U08
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkcje i zastosowanie urządzeń GPS.</li> <li>• Zastosowanie nowoczesnych technologii - praca z tekstem.</li> <li>• Podkreślenie zalet technicznych urządzeń - czytanie i mówienie:</li> <li>• Upraszczenie skomplikowanych wyjaśnień technicznych. Analiza dłuższych opisów technicznych.</li> <li>• Materiały i ich właściwości - praca z tekstem.</li> <li>• Odzyskiwanie energii podczas hamowania -Czytanie i słuchanie ze zrozumieniem:</li> <li>• Jakość produktu – zwroty i wyrażenia. Części składowe i ich montaż.</li> <li>• Techniki produkcyjne i ich wady i zalety.</li> <li>• Rodzaje łączeń i mocowań. Opis problemów technicznych.</li> <li>• Rysunek techniczny – rodzaje i definicje.</li> <li>• Etapy i procedury projektu. Rozwiązywanie problemów w projekcie budowlanym.</li> <li>• Rodzaje problemów technicznych. Ocena i interpretacja wad urządzeń.</li> <li>• Studium przypadku – wyciek paliwa w samolocie Airbus A 330.</li> </ul>	
Język obcy - lektorat z języka rosyjskiego	K_U08
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkcje i zastosowanie urządzeń GPS.</li> <li>• Zastosowanie nowoczesnych technologii - praca z tekstem.</li> <li>• Podkreślenie zalet technicznych urządzeń - czytanie i mówienie:</li> <li>• Upraszczenie skomplikowanych wyjaśnień technicznych. Analiza dłuższych opisów technicznych.</li> <li>• Materiały i ich właściwości - praca z tekstem.</li> <li>• Odzyskiwanie energii podczas hamowania -Czytanie i słuchanie ze zrozumieniem:</li> <li>• Jakość produktu – zwroty i wyrażenia. Części składowe i ich montaż.</li> <li>• Techniki produkcyjne i ich wady i zalety.</li> <li>• Rodzaje łączeń i mocowań. Opis problemów technicznych.</li> <li>• Rysunek techniczny –</li> </ul>	

rodzaje i definicje. • Etapy i procedury projektu. Rozwiązywanie problemów w projekcie budowlanym. • Rodzaje problemów technicznych. Ocena i interpretacja wad urządzeń. • Studium przypadku – wyciek paliwa w samolocie Airbus A 330.	
Język obcy – lektorat z języka angielskiego	K_U08
• Funkcje i zastosowanie urządzeń GPS. • Zastosowanie nowoczesnych technologii - praca z tekstem. • Podkreślenie zalet technicznych urządzeń - czytanie i mówienie: • Upraszczenie skomplikowanych wyjaśnień technicznych. Analiza dłuższych opisów technicznych. • Materiały i ich właściwości - praca z tekstem. • Odzyskiwanie energii podczas hamowania -Czytanie i słuchanie ze zrozumieniem: • Jakość produktu – zwroty i wyrażenia. Części składowe i ich montaż. • Techniki produkcyjne i ich wady i zalety. • Rodzaje łączności i mocowań. Opis problemów technicznych. • Rysunek techniczny – rodzaje i definicje. • Etapy i procedury projektu. Rozwiązywanie problemów w projekcie budowlanym. • Rodzaje problemów technicznych. Ocena i interpretacja wad urządzeń. • Studium przypadku – wyciek paliwa w samolocie Airbus A 330.	
Metody badań warstw i powłok ochronnych	K_W03, K_U03, K_U09
• Metody badań mikrostrukturalnych i dyfrakcyjnych warstw i powłok. Pogłębiona analiza mikrostruktury, składu fazowego oraz naprężeń własnych z uwzględnieniem ograniczeń i komplementarności technik badawczych (np. SEM, XRD). • Metody mikroanalizy i spektroskopowe w badaniach warstw i powłok. Charakterystyka składu chemicznego, gradientów stężenia oraz interpretacja rozkładów pierwiastków (np. EDS, GD-OES). • Metody badań właściwości mechanicznych i tribologicznych warstw i powłok. Ocena twardości, przyczepności i odporności na zużycie wraz z analizą mechanizmów uszkodzeń oraz zależności struktura–właściwości (np. scratch test, badania tribologiczne). • Metody badań odporności korozyjnej i trwałości eksploatacyjnej warstw i powłok. Analiza procesów degradacji, interpretacja wyników badań elektrochemicznych oraz korelacja wyników strukturalnych, chemicznych i funkcjonalnych (np. utlenianie, EIS).	
Nieniszczące metody badań materiałów	K_W03, K_U03, K_U09
• Charakterystyka wad występujących w materiałach dla przemysłu lotniczego. Czynniki wpływające na powstawanie i wykrywalność wad w materiale. • Zjawiska fizyczne wykorzystywane w badaniach nieniszczących. Charakterystyka, dobór i zakres zastosowań metod badań nieniszczących w badaniach jakości materiałów, między innymi: badania wizualne i endoskopowe, badania penetracyjne, badania magnetyczno-proszkowe, badania prądami wirowymi, badania ultradźwiękowe, badania termograficzne oraz badania radiograficzne. Wyposażenie badawcze, sposoby badań oraz interpretacja badań. Normy techniczne.	
Organizacja pracy laboratorium badań materiałów	K_W09, K_U02, K_U06, K_U07, K_K01
• Systemy jakości w przemyśle lotniczym i badaniach materiałowych. Specyfika jakości w lotnictwie. Wymagania norm ISO 9001 i EN 9100 (AS9100). Identyfikowalność materiałów (traceability). Procesy specjalne (obróbka cieplna, powłoki, spawanie, NDT) i ich kwalifikacja. Walidacja procesów badawczych i aparatury pomiarowej (MSA). Dokumentacja jakościowa w laboratoriach badawczych i produkcyjnych. • Narzędzia jakości w analizie procesów materiałowych. Statystyczne sterowanie procesem (SPC) w produkcji lotniczej. Analiza zdolności procesu (Cp, Cpk) dla parametrów materiałowych (twardość, grubość powłok, wytrzymałość). Analiza przyczyn niezgodności (Ishikawa,	

5Why). FMEA w projektowaniu materiałów i technologii. Zarządzanie ryzykiem w cyklu życia komponentu lotniczego. • Projekt: System zapewnienia jakości w procesie materiałowym. Projekt zespołowy polegający na opracowaniu systemu zapewnienia jakości dla wybranego procesu materiałowego w lotnictwie (np. EB-PVD, obróbka cieplna nadstopów, LPBF, badania zmęczeniowe, NDT).

Organizacja systemów produkcji

K\_W09, K\_U02, K\_U06, K\_U07, K\_K01

• Istota zarządzania produkcją i usługami. Definicje pojęć: zarządzanie, produkcja, usługi. Cele i zadania zarządzania produkcją – jakość, niezawodność, konkurencyjność. Fazy rozwoju zarządzania produkcją i usługami • Charakterystyka systemu produkcyjnego. Definicja systemu. Struktura systemu produkcyjnego. Otoczenie systemu produkcyjnego. Produktywność systemu produkcyjnego. Wskaźniki produktywności. Metody oceny produktywności. • Wektor wejścia i wyjścia systemu produkcyjnego. Charakterystyka czynników produkcji (przedmiotów pracy, środków pracy, zasobów ludzkich, energii) oraz produktów (wytwarzanych, odpadów, wyrobów niezgodnych). • Procesy transformacji zachodzące w systemach produkcyjnych. Proces przygotowania produkcji, proces wytwarzania, proces dystrybucji. • Organizacja przestrzeni produkcyjnej i usługowej. Charakterystyka podstawowych struktur produkcyjnych • Współczesne metody i systemy zarządzania produkcją i usługami. • Systemy MRP/ERP – komputerowe wspomaganie zarządzania produkcją i usługami • Podsumowanie wykładu • Projekt zagregowanego planu produkcji • Projekt rozmieszczenia stanowisk roboczych metodą trójkątów Schmigalli • Projektowanie rozmieszczenia komórek produkcyjnych wyższych stopni metodą analizy grafu sąsiedztwa • Optymalizacja lokalizacji systemów produkcyjnych. • Optymalizacja zapasów produkcji w toku • Planowanie potrzeb materiałowych. Struktura wyrobu • Planowanie potrzeb materiałowych. Plan zapotrzebowania • Podsumowanie projektu