

Załącznik nr 1 do uchwały nr 60/2022 Senatu Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza
z dnia 29 września 2022 r.

Program studiów

Technologie wodorowe drugiego stopnia

Profil studiów: ogólnoakademicki



1. Podstawowe informacje o kierunku

Nazwa kierunku studiów	Technologie wodorowe
Poziom studiów	drugiego stopnia
Profil studiów	ogólnoakademicki

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
inżynieria chemiczna	69 %

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
inżynieria środowiska górnictwo i energetyka	19 %
inżynieria mechaniczna	12 %

Liczba semestrów	studia stacjonarne i studia niestacjonarne: 3
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów	90
Łączna liczba godzin zajęć	studia stacjonarne: 1050 studia niestacjonarne: 630
Wymagania wstępne - rekrutacja	wymagania corocznie określone przez Senat PRz
Po ukończeniu studiów absolwent uzyskuje tytuł zawodowy	magister inżynier
Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia	<p>Absolwent studiów posiada pogłębioną, interdyscyplinarną wiedzę z zakresu inżynierii chemicznej, inżynierii materiałowej oraz wybranych aspektów energetyki i inżynierii mechanicznej. Zna scentralizowane i rozproszone technologie wytwarzania wodoru, sposoby jego magazynowania w różnych stanach skupienia, systemy dystrybucji z wykorzystaniem sieci przesyłowej oraz dedykowanych form transportu. Posiada poszerzoną wiedzę w zakresie wykorzystania wodoru oraz jego pochodnych w różnych gałęziach gospodarki – transporcie, energetyce, ciepłownictwie, a przede wszystkim w przemyśle chemicznym i petrochemicznym.</p> <p>Zna zaawansowane metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich z zakresu studiowanego kierunku, w szczególności zasady doboru, projektowania i optymalizacji urządzeń i systemów wykorzystywanych do produkcji, oczyszczania i separacji wodoru, a także techniki obliczeniowe i symulacyjne niezbędne do modelowania, projektowania, optymalizacji elementów systemu produkcji, przesyłu i dystrybucji wodoru. Absolwent potrafi planować i prowadzić badania oraz interpretować uzyskane wyniki, umie korzystać z literatury fachowej i baz danych. Ma pogłębioną wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań prawnych i regulacyjnych gospodarki wodorowej.</p> <p>Absolwent posiada umiejętności językowe na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Rady Europy oraz umie posługiwać się językiem angielskim w stopniu niezbędnym do posługiwania się specjalistyczną literaturą fachową. Absolwent studiów drugiego stopnia ma wpojone nawyki ustawicznego uczenia się oraz jest przygotowany do podjęcia kształcenia w szkołach doktorskich lub na studiach podyplomowych.</p> <p>Absolwent jest przygotowany do podjęcia pracy zawodowej na stanowiskach analitycznych, specjalistycznych i kierowniczych w przedsiębiorstwach produkcyjnych z sektorów energochłonnych wykorzystujących wodór na skalę przemysłową, w przedsiębiorstwach zajmujących się projektowaniem, przygotowaniem, wykonawstwem, eksploatacją systemów, instalacji i obiektów do produkcji wodoru i jego pochodnych metodami konwencjonalnymi oraz z niskoemisyjnymi źródłami, procesami i technologiami, w przedsiębiorstwach zajmujących się magazynowaniem i dystrybucją wodoru z wykorzystaniem stosownej infrastruktury przesyłowej i transportowej, infrastruktury tankowania, w przedsiębiorstwach produkujących i wykorzystujących ogniwa paliwowe m.in. w energetyce, ciepłownictwie, transporcie i innych sektorach gospodarki, w tym przemyśle chemicznym i petrochemicznym. Absolwent może znaleźć zatrudnienie w firmach konsultingowych i doradczych opracowujących projekty związane z rozwojem i wdrażaniem technologii wodorowych. Jest przygotowany do pracy w jednostkach badawczych zajmujących się rozwojem i integracją technologii, działaniami innowacyjnymi, w tym prototypowaniem, testowaniem, wdrażaniem i walidacją technologii wodorowych.</p>

2. Efekty uczenia się

Symbol	Treść	Odniesienia do PRK
K_W01	zna technologie otrzymywania wodoru i ocenia je pod kątem dostępności, dojrzałości technologicznej, możliwości i ograniczeń produkcyjnych oraz doбира odpowiednie technologie uwzględniając zapotrzebowanie na wodór w różnych zastosowaniach i sektorach gospodarki oraz możliwości budowania łańcucha dostaw i dystrybucji	P7S_WG
K_W02	w pogłębionym stopniu zna i rozumie zasady działania, budowę i eksploatację urządzeń i systemów wykorzystywanych do produkcji wodoru i procesy zachodzące w cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych	P7S_WG
K_W03	zna sposoby magazynowania wodoru w formie sprężonej, skroplonej i stałej, w tym związanego chemicznie lub zaadsorbowanego a także zasady doboru, projektowania i optymalizacji odpowiednich urządzeń	P7S_WG
K_W04	posiada uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę na temat procesów oczyszczania i separacji wodoru otrzymywanego z różnych źródeł oraz projektowania i eksploatacji stosowanej aparatury	P7S_WG
K_W05	zna zasady projektowania i eksploatacji wodorowych sieci przesyłowych	P7S_WG
K_W06	zna metody oceny sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technologicznych i aparaturowych, po kątem podniesienia efektywności energetycznej, ich optymalizacji oraz bezpieczeństwa technicznego	P7S_WG
K_W07	posiada wiedzę o najnowszych materiałach i rozwiązaniach inżynierskich wykorzystywanych w zaawansowanych technologiach wodorowych oraz zna aktualne trendy ich rozwoju	P7S_WG
K_W08	zna możliwości i uwarunkowania zastosowania wodoru w różnych gałęziach gospodarki, w szczególności jako nośnika energii odnawialnej z możliwością magazynowania na wielką skalę oraz jako surowca w technologiach przemysłowych	P7S_WG
K_W09	posiada pogłębioną wiedzę o procesach spalania wodoru i jego związków w celu wytwarzania energii, a także wiedzę o elektrochemicznej konwersji wodoru do energii elektrycznej, zna zasady projektowania i doboru odpowiednich urządzeń technicznych	P7S_WG
K_W10	zna ekonomiczne, prawne, etyczne i inne uwarunkowania różnych rodzajów działalności zawodowej związanej z kierunkiem studiów, w tym zasady ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego	P7S_WK
K_W11	zna zaawansowane zasady tworzenia i rozwoju różnych form przedsiębiorczości, w tym w zakresie zarządzania	P7S_WK
K_U01	formułuje i rozwiązuje złożone, typowe i nietypowe zadania inżynierskie wykorzystując pogłębioną wiedzę z inżynierii chemicznej, mechanicznej, materiałowej, ochrony środowiska i energetyki stosując zaawansowane metody, techniki, narzędzia i materiały	P7S_UW
K_U02	wyszukuje, wybiera i krytycznie analizuje dostępne źródła informacji, również w języku obcym; dokonuje ich syntezy i twórczej interpretacji, w tym umiejętnie przetwarza informacje zawarte w literaturze, bazach danych i innych źródłach związanych z inżynierią chemiczną, mechaniczną, materiałową, ochroną środowiska i energetyką	P7S_UW
K_U03	posługuje się zaawansowanymi narzędziami informatycznymi wspomagającymi projektowanie, modelowanie, symulowanie i optymalizację procesów przemysłowych, obliczenia i inne zadania inżynierskie	P7S_UW
K_U04	planuje i przeprowadza badania eksperymentalne korzystając z odpowiednich narzędzi i technik, wykonuje obliczenia oraz interpretuje zebrane wyniki	P7S_UW
K_U05	ocenia przydatność, wybiera i stosuje właściwe metody i techniki do oceny jakości surowców i produktów, kontroli przebiegu procesów	P7S_UW
K_U06	projektuje podstawowe aparaty, operacje jednostkowe i procesy z uwzględnieniem zasad inżynierskich i bezpieczeństwa procesowego	P7S_UW
K_U07	dokonuje krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych, w szczególności systemów, procesów, usług, urządzeń i obiektów na potrzeby określonych procesów i operacji przemysłowych	P7S_UW
K_U08	przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich integruje zdobytą wiedzę z zakresu inżynierii chemicznej i procesowej, inżynierii mechanicznej, inżynierii materiałowej, ochrony środowiska i energetyki	P7S_UW
K_U09	przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich - dostrzega aspekty pozatechniczne, w tym środowiskowe, organizacyjne, ekonomiczne i prawne	P7S_UW
K_U10	posługuje się językiem obcym na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz specjalistyczną terminologią w zakresie studiowanego kierunku	P7S_UK
K_U11	potrafi kierować pracą zespołową, współdziałać z innymi osobami w ramach prac zespołowych i podejmować wiodącą rolę w zespołach oraz samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie i ukierunkowywać innych w tym zakresie	P7S_UO P7S_UU
K_K01	rozumie potrzebę aktualizacji swojej wiedzy i podnoszenia kwalifikacji oraz zna możliwości rozwoju kompetencji zawodowych i interpersonalnych	P7S_KK
K_K02	jest odpowiedzialny za pracę własną i skutki podejmowanych decyzji; potrafi podporządkować się zasadom pracy w grupie w różnych rolach; jest odpowiedzialny za wspólnie realizowane zadania, potrafi działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	P7S_KO
K_K03	potrafi prawidłowo zdefiniować priorytety służące realizacji określonych, przez siebie lub innych, zadań oraz zadbać o terminowość ich wykonania	P7S_KR
K_K04	potrafi prawidłowo identyfikować i rozstrzygać dylematy związane z wykonywaniem zawodu inżyniera m.in.: zachowania się w sposób profesjonalny, przestrzegania zasad etyki zawodowej i kultury osobistej	P7S_KR

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/kórych 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. Karty modułów zajęć stanowią integralną część programu studiów.

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

3.1 Przedmioty wspólne dla kierunku, niezależne od wyboru studentów

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
1	CX	Angielska terminologia techniczna	0	30	0	0	30	2	N	
1	CF	Elektrochemiczne metody konwersji energii	30	30	30	0	90	6	T	
1	BT	Geologiczne magazynowanie wodoru	15	0	15	0	30	2	N	
1	MC	Magazynowanie wodoru w ciałach stałych	15	0	15	0	30	2	N	
1	ZP	Ochrona własności intelektualnej	15	0	0	0	15	1	N	
1	CI	Podstawy gospodarki wodorowej	30	0	0	0	30	2	N	
1	CI	Procesy separacji i oczyszczania wodoru	30	15	30	0	75	5	T	
1	CX	Produkcja wodoru z surowców kopalnych i odnawialnych	30	0	10	5	45	3	N	
1	CI	Projektowanie zbiorników do magazynowania wodoru	15	0	0	30	45	3	N	
1	CI	Symulacja i projektowanie systemów przesyłu i dystrybucji wodoru	15	0	0	30	45	3	N	
1	ZE	Uwarunkowania prawne i regulacyjne gospodarki wodorowej	15	0	0	0	15	1	N	
2	MD	Efektywność energetyczna	15	0	0	15	30	2	N	
2	CX	Moduł obieralny 2.1	15	0	15	0	30	2	N	
2	CX	Moduł obieralny 2.2	15	0	15	0	30	2	N	
2	MD	Odnawialne źródła energii w produkcji wodoru	30	0	15	0	45	3	N	
2	CM	Ogniwa paliwowe	30	0	15	0	45	3	N	
2	CI	Optymalizacja systemów technologicznych	15	0	15	0	30	2	N	
2	CI	Symulacja procesów spalania wodoru	15	0	30	0	45	3	N	
2	ML	Systemy wodorowych ogniw paliwowych w transporcie	30	0	15	0	45	3	N	
2	BD	Technologie wodorowe w ogrzewnictwie i ciepłownictwie	10	0	20	0	30	2	N	
2	CM	Technologie wodorowe w przemyśle	30	0	30	0	60	4	T	
2	MK	Wodorowe zespoły napędowe w transporcie	30	0	15	15	60	4	T	
3	CI	Bezpieczeństwo procesowe instalacji wodorowych	15	0	0	15	30	2	N	
3	ZX	Moduł obieralny 3.1	0	0	0	30	30	2	N	
3	BX	Moduł obieralny 3.2	15	0	15	0	30	2	N	
3	BR	Woda do celów energetyki wodorowej	10	10	10	0	30	2	N	
3	ZO	Zarządzanie jakością i produktami chemicznymi	15	0	0	0	15	1	N	

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 Wykaz bloków tematycznych do wyboru- studia stacjonarne

- Technologie wodorowe

3.2.1. Blok tematyczny: Technologie wodorowe

Przedmioty realizowane po wyborze bloku tematycznego

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
3	CX	Praca dyplomowa	0	0	0	0	0	20	N	
3	CX	Seminarium dyplomowe	0	15	0	0	15	1	N	

Przedmioty dodatkowo wybierane w ramach programu studiów zarówno w zakresie przedmiotów wspólnych dla kierunku jak i bloku tematycznego, w tym języki obce.

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
---------	-------	-------------	--------	------------------------	--------------	------------------------	----------------	-------------	---------	--------

2	CX	Elektrochemiczne metody zabezpieczeń antykorozyjnych	15	0	15	0	30	2	N	
2	CK	Specjalistyczne materiały kompozytowe w technologiach wodorowych	15	0	15	0	30	2	N	
2	CS	Technologie zabezpieczeń antykorozyjnych instalacji wodorowych	15	0	15	0	30	2	N	
2	CK	Wysokotemperaturowe materiały polimerowe w technologiach wodorowych	15	0	15	0	30	2	N	
3	BI	Modelowanie infrastruktury przesyłowej i instalacji wodorowych	10	0	15	0	25	2	N	
3	BI	Technologie budowy, monitoringu i rehabilitacji sieci przesyłowych	15	0	0	15	30	2	N	
3	ZO	Zarządzanie ekoinnowacjami	0	0	0	30	30	2	N	
3	ZB	Zarządzanie projektami wodorowymi	0	0	0	30	30	2	N	

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.	64 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.	29 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	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	0
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	7
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	134
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	25
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	23
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej	5
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych)	26
Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	17
Liczba laboratoriów, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	8
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	51
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	74
Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu	17
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych	84

3.3 Treści programowe- studia stacjonarne

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.

Angielska terminologia techniczna	K_W10, K_U10, K_K01, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Czytanie katalogów odczynników, sprzęty laboratoryjnego oraz chemikaliów i materiałów specjalnych • Zapoznanie się ze sposobami publikowania informacji naukowej i technicznej, na przykładzie wybranej publikacji naukowej lub opisu patentowego oraz pozyskiwanie informacji z kompendiów nomenklaturowych • Analiza krótkich filmów popularyzatorskich lub reklamowych na temat związanych ze studiowanym kierunkiem studiów • Czytanie i analiza tekstów zawartych w przepisach preparatywnych publikacji naukowych lub opisów patentowych - zapoznanie się ze słownictwem zawartym w tych opisach • Próby tłumaczenia polskich tekstów technicznych na j. angielski • Zapoznanie z zasadami przygotowywania prezentacji naukowych lub ustnych wystąpień konferencyjnych 	
Bezpieczeństwo procesowe instalacji wodorowych	K_W06, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowa terminologia i obowiązujące prawo z zakresu bezpieczeństwa procesowego • Toksykologia substancji niebezpiecznych - wpływ szkodliwych substancji na organizm człowieka i środowisko • Analiza przyczyn i skutków awarii, które wydarzyły się w rzeczywistości • Ocena ryzyka wystąpienia awarii oraz zasięgu jej skutków • Nieszczelności jako podstawowa przyczyna awarii w przemyśle chemicznym • Położenie i zabezpieczenia przeciwpożarowe budynków • Pożary i wybuchy - metody zapobiegania oraz minimalizacji ich skutków • Wpływ szkodliwych substancji na organizm człowieka i środowisko • Ocena przebiegu potencjalnego pożaru • Matematyczny opis wybranych typów awarii • Modele rozpraszania substancji • Metody analizy ryzyka awarii 	
Efektywność energetyczna	K_W06, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Audyting energetyczny -podstawowe określenia: definicja audytingu, audyting pełny, rozszerzony. Sposoby podejścia podczas realizacji audytingu. Cel audytingu, przygotowanie i gromadzenie informacji, pomiary, zestawienie bilansu energetycznego • Nakłady i efekty w przedsięwzięciach usprawniających użytkowanie energii. Charakterystyka efektów spowodowanych realizacją przedsięwzięć. Sposoby wskazywania środków finansowych na modernizację. Zmniejszenie kosztów energii. Obliczanie sumarycznych efektów modernizacji • Analiza opłacalności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych instalacji przemysłowych. Obliczanie wskaźników opłacalności. Przepływy pieniężne dla określonych przychodów i wydatków. Stopa dyskontowa i współczynnik dyskontujący. Rzeczywista stopa procentowa. Przepływy finansowe przy finansowaniu ze środków własnych. Przepływy pieniężne przy finansowaniu z udziałem kredytu bankowego. • Badanie opłacalności przedsięwzięć. Metody dyskontowe. Proste metody oceny opłacalności. Wartość bieżąca netto. Wewnętrzna stopa zwrotu. Okres zwrotu nakładów. Koszt wytworzenia jednostki energii • Analiza wrażliwości kosztów i efektów. Niepewność wynikająca z nakładów inwestycyjnych. Metody uwzględniania ryzyka-jednoparametrowa analiza wrażliwości. Przykłady oceny opłacalności -obliczanie wartości bieżącej netto przy znanych przepływach pieniężnych. Zastosowanie okresu zwrotu nakładów • Potencjał oszczędności energii. Charakterystyka budynków: stropodachy, dachy, ściany zewnętrzne, drzwi, systemy grzewcze i wentylacyjne. Przyczyny strat ciepła • 7. Elementy fizyki budowli. Mikroklimat pomieszczeń, temperatura obliczeniowa otoczenia budynku, przepływ ciepła przez przegrody. Przenikanie ciepła przez przegrody budowlane. Straty ciepła przez przegrody. Kondensacja pary. Wymiana powietrza w budynku. Bilans cieplny budynku. Systemy ogrzewania • Cel i zakres audytingu. Metodyka. Kryteria oceny. Podstawowe dane techniczne. Opis konstrukcji budynku. Instalacje grzewcze, wentylacyjne -inwentaryzacja. Ocena aktualnego stanu technicznego. Określenie zapotrzebowania na moc grzewczą i sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania. Określenia zapotrzebowania energii dla cwu. Opłaty za ogrzewanie i cwu. Propozycje przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii. Określanie nakładów inwestycyjnych. Wyniki analizy opłacalności • Ocena stanu technicznego i inwentaryzacja. Sporządzenie opisu konstrukcji. System grzewczy budynku • Obliczanie zapotrzebowania na moc grzewczą oraz kosztów ogrzewania • System wentylacyjny budynku-określenie zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego • Bilans energetyczny wybranego obiektu. Propozycje przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii • Analiza opłacalności przedsięwzięć. Nakłady inwestycyjne 	
Elektrochemiczne metody konwersji energii	K_W01, K_W02, K_W07, K_W09, K_U01, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Elementy termodynamiki ogniw elektrochemicznych. Rodzaje półogniw. Ogniwa pierwotne i wtórne. Baterie wysokiego napięcia, ogniwa rezerwowe. Ogniwa paliwowe i hybrydowe. Materiały elektrodowe, elektrolity, separatory. Podstawowe parametry charakteryzujące ogniwa elektrochemiczne. Korozja ogniw. Elektrochemiczne metody badania właściwości ogniw. Czynniki wpływające na sprawność ogniw. Recykling. Termodynamika ogniwa paliwowego. Kinetyka ogniwa paliwowego. Budowa ogniw paliwowych i ich klasyfikacja: alkaliczne ogniwo paliwowe (AFC), membranowe ogniwo paliwowe z elektrolitem polimerowym (PEMFC), ogniwo paliwowe z kwasem fosforowym (PAFC), ogniwo paliwowe ze stopionym węglanem (MCFC), ogniwo paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem (DMFC), ogniwo paliwowe ze stałym tlenkiem (SOFC), ogniwa paliwowe - rozwiązania alternatywne (elektrolity, elektrody, paliwa). Stos ogniw paliwowych, płyta bipolarna. kanały przepływu gazów. Systemy generacji energii oparte na ogniwach paliwowych i zastosowania ogniw paliwowych. Zastosowanie elektrolizy do konwersji energii. Elektrochemiczne metody wytwarzania wodoru. Technologiczne aspekty procesu elektrodowego. Aparatura do elektrolizy wodoru. Aktualne trendy rozwoju produkcji wodoru metodą elektrolizy wody. Ogniwa fotowoltaiczne jako źródło prądu do zasilania elektrod. Problem korozji aparatury w energetyce wodorowej. • Ilościowe i jakościowe obliczenia dotyczące procesów elektrodowych. Parametry techniczno-ekonomiczne ogniw. Kinetyka reakcji elektrodowych - równanie Butlera-Volmera i równanie Tafela. Obliczenia elektrochemiczne związane z elektrolizą roztworów, wydajnością procesu oraz procesami korozji elektrod. • Badanie katalizatorów reakcji zachodzących w ogniwach paliwowych. Badanie procesów korozji metodą EIS. Badanie kinetyki procesów zachodzących w bateriach i ogniwach paliwowych. Badanie procesów elektrolizy na przykładzie elektrolizy wodorotlenku sodu w elektrolizerze Hofmanna). Charakterystyka procesu wydzielania wodoru i tlenu, otrzymywanie i zastosowanie powłok aktywnych na elektrodach do elektrolizy wody, analiza sprawności procesu elektrolizy, a także badania trwałości powłok i ich odporności na korozję. Magazynowanie energii. Energia wiatrowa. Fotowoltaika. 	
Geologiczne magazynowanie wodoru	K_W03, K_W07, K_U01, K_U02, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wykłady: 1.Podstawowe wiadomości z geologii złóż (3 h) 2.Złoża węglowodorów w Polsce i na świecie (2h) 3.Budowa i rodzaje złóż węglowodorów na tle regionalnej budowy geologicznej (2h) 4.Magazynowanie wodoru w obiektach geologicznych (2h) 5.Geologia formacji solnych w aspekcie magazynowania wodoru (2 h) 6.Charakterystyka skał macierzystych, zbiornikowych i uszczelniających (3h). 7.Petrofizyka ośrodków skalnych (1h) • Laboratorium: 1. Wstęp do przedmiotu: podstawowe definicje, rozpoznawanie cech fizycznych minerałów (2h) 2. Elementy mineralogii (2h) 3. Charakterystyka głównych skał macierzystych, zbiornikowych, uszczelniających (2h) 4. Petrografia skał zbiornikowych -rozpoznawanie (2h) 5. Własności petrofizyczne skał zbiornikowych (2h) 6. Typy budowy geologicznej/tektonika złożowa/ podziemne magazynowanie (3h) 	
Magazynowanie wodoru w ciałach stałych	K_W03, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wodór jako alternatywne źródło energii • Produkcja wodoru • Parametry magazynowania wodoru • Sposoby magazynowania wodoru • Budowa i właściwości materiałów do magazynowania wodoru • Wyznaczanie powierzchni właściwej, całkowitej objętości porów i rozkładu wielkości porów ciał stałych w zakresie od ultramikroporów do makroporów z zastosowaniem analizatora sorpcji par i gazów • Badania przemian fazowych materiałów z wykorzystaniem różnicowego kalorymetru skaningowego. • Metody wytwarzania materiałów przy zastosowaniu nośnika wodorowego 	
Ochrona własności intelektualnej	K_W10, K_U09, K_K01, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Autoplagiat - Konstytucyjna gwarancja swobody tworzenia a zarzut autoplagiatu, Autoplagiat w działalności naukowej, Analiza porównawcza autoplagiatu i plagiatu na gruncie polskiego prawa, Konsekwencje prawne autoplagiatu • Prawo cytatu w praktyce - warunki prawidłowego cytowania, cytaty w różnych rodzajach działalności twórczej • Aspekty handlowe prawa własności przemysłowej i ochrona międzynarodowa wynalazku - procedura krajowa, zgłoszenie międzynarodowe, patent europejski • Międzynarodowe aspekty prawa własności intelektualnej - umowa TRIPS, umowa i spór wokół ACTA • Dochodzenie roszczeń z tytułu naruszenia przepisów prawa chroniącego własność intelektualną • Odpowiedzialność karna z tytułu naruszenia praw 	

własności intelektualnej • Zaliczenie	
Odnawialne źródła energii w produkcji wodoru	K_W01, K_W07, K_W08, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<p>• Rodzaje i postaci energii, przemiany energii pierwotnej w energię wtórną i jednostki energii. Zasoby energii w świecie i Polsce. Struktura zużycia pierwotnych źródeł energii. Definicja oraz rodzaje odnawialnych źródeł energii. Nośniki energii. Niskotemperaturowe źródła energii. Charakterystyka zasobów energii geotermicznej. Charakterystyka zasobów energii spadku wód. • Charakterystyka zasobów energii słonecznej i wiatrowej. • Charakterystyki przepływowo i energetyczne wiatru. Wiatr jako zjawisko fizyczne. źródła powstawania wiatru. Podstawowe charakterystyki wiatru. Rozkłady prędkości wiatru w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu oraz szorstkości terenu. Rozkład gęstości mocy strumienia powietrza w funkcji wysokości. Porywy wiatru, turbulencja atmosferyczna. Średnioroczna prędkość wiatru i jej rozkład. Rozkład Weibula i Rayleigh'a. Średnioroczny potencjał energetyczny wiatru. Zasoby energii słonecznej: zasoby energii słonecznej na świecie i w Europie, zasoby energii słonecznej w Polsce i na Podkarpaciu, sezonowa i terytorialna zmienność warunków solarnych, przebiegi dobowe nasłonecznienia i usłonecznienia, optymalizacja ustawienia kolektora w warunkach Podkarpacia, zmienność klimatyczna warunków solarnych, zasoby techniczne energii słonecznej, wpływ parametrów instalacji na zasoby techniczne • Niskotemperaturowa konwersja fototermiczna: metody wykorzystania energii promieniowania słonecznego, konwersja fototermiczna - zasada działania, własności promieniste absorbera, pokrycia selektywne, pokrycia. Kolektory cieczowe: bilans energetyczny kolektora, współczynnik transmisyjno-absorpcyjny, transmisja energii w układzie otoczenie-pokrycie-absorber, współczynnik transmisyjno-absorpcyjny dla promieniowania bezpośredniego i rozproszonego, współczynnik odprowadzenia ciepła, straty cieplne kolektora, sprawność kolektora, wpływ parametrów kolektora na sprawność, badania kolektorów transparentne - działanie i rodzaje, izolacja termiczna absorberów, rodzaje i budowa kolektorów niskotemperaturowych. Systemy kolektorów cieczowych: podstawowe elementy układów, rodzaje kolektorów, kolektory płaskie, kolektory próżniowe, ciecze robocze, przekazywanie i magazynowanie energii cieplnej, zbiorniki buforowe, zbiorniki warstwowe, systemy pasywne i aktywne, układy CWU, układy CWU/CO, układy wieloźródłowe i wieloodbiornikowe, współpraca kolektorów słonecznych z pompami ciepła i innymi źródłami ciepła. • Pompy ciepła: zasada działania, podział i zastosowanie pomp ciepła, efektywność pompy ciepła, sprężarkowe pompy ciepła - zasada działania, obieg termodynamiczny i czynniki robocze, sorpcyjne pompy ciepła - obieg termodynamiczny, mieszaniny robocze - właściwości i zakresy pracy, schematy technologiczne, elementy układów z pompami ciepła, wykresy Stankey'a, elementy pomp ciepła, dolne i górne źródło ciepła - wpływ na właściwości pompy, dolne źródła ciepła - rodzaje i właściwości, przybliżone obliczanie dolnego i górnego źródła, charakterystyki pomp ciepła, praca pompy ciepła w systemach ciepłych. • Konwersja fotowoltaiczna: fizyka efektu fotowoltaicznego, budowa ogniw słonecznych, rodzaje ogniw fotowoltaicznych, materiały i sprawność ogniw, charakterystyki elektryczne i temperaturowe, zastosowanie koncentratorów, zastosowania ogniw fotowoltaicznych, wpływ zacienienia, hybryda kolektor słoneczny - ogniwo fotowoltaiczne, energetyka fotowoltaiczna prosumencka i zawodowa - stan aktualny i perspektywy. Instalacje fotowoltaiczne: rodzaje systemów fotowoltaicznych, systemy autonomiczne - zastosowanie i elementy składowe, systemy grid connected - rodzaje i budowa, elektrownie fotowoltaiczne, szacowanie zapotrzebowania energetycznego, schematy technologiczne instalacji, współpraca elementów instalacji, obliczenia energetyczne instalacji, zabezpieczanie instalacji, wymiarowanie urządzeń generujących, przetwarzają • Energia geotermalna: mechanizm generacji, gradient geotermalny, natura i rodzaje źródeł geotermalnych, baseny hydrotermalne, możliwości wykorzystania ciepła geotermalnego, geotermia na świecie, europejskie i polskie zasoby geotermalne, polskie instalacje geotermalne, organizacja odbioru ciepła, charakterystyka nośnika ciepła, wymagania materiałowe, elektrownie i ciepłownie geotermalne - podstawowe schematy technologiczne. Energia termiczna otoczenia: charakterystyka zasobów, realizacja techniczna konwersji na energię elektryczną. • Układy konstrukcyjne turbin wiatrowych: o osi poziomej, i pionowej: Savoniusa i Darriusa. Turbiny otwarte i z otunelowaniem typu "wind-lens" Energetyczna wydajność elektrowni wiatrowej w funkcji prędkości średniorocznej wiatru i wysokości osi wirnika. Przybliżona ocena zasobów energii wiatru w Polsce oraz jej zmiany sezonowe. Wpływ parametrów atmosferycznych powietrza na wydajność energetyczną EW. Czynniki wpływające na możliwości wykorzystania energii wiatru. Pomiar podstawowych parametrów wiatru dla potrzeb energetyki wiatrowej. 4. Podstawowe parametry i charakterystyki turbin wiatrowych o osi poziomej i pionowej. Przegląd dotychczasowych konstrukcji. Stosowane rozwiązania podstawowych zespołów. Eksperymentalne metody badawcze w energetyce wiatrowej. Zarys teorii podobieństwa w badaniach modelowych. Tunele aerodynamiczne. Metody pomiaru prędkości z uwzględnieniem analizy dokładności pomiaru. Pomiary Badania modelowe turbiny wiatrowej . 6. Teoretyczne metody badawcze w energetyce wiatrowej. Przepływy potencjalne. Zarys teorii profilu. Charakterystyki profili lotniczych, siła nośna i oporu opływu. Warstwa przyścienna. Teoria strumieniowa turbiny wiatrowej. Granica Betza. Dyskusja nad twierdzeniem Betza. Modyfikowana metoda Witoszyńskiego dla turbiny z osią poziomą. Metoda Wilsona dla turbiny o pionowej osi obrotu. • Zjawiska towarzyszące pracy elektrowni wodnych. Przepływy w kanałach otwartych: profil prędkości w kanale otwartym. Przelewy miernicze. Jednowymiarowy model ruchu równomiernego w kanale otwartym. Równanie Bernoulliego dla kanałów otwartych. Spadek niwelacyjny i hydrauliczny koryta. Promień hydrauliczny. Ruch podkrytyczny (spokojny) i nadkrytyczny (rwący). Głębokość krytyczna. Wydatek krytyczny. Krytyczna liczba Froude'a. Zjawisko odskoku hydraulicznego Bidone'a i jego zastosowania: (walka z erozją dna) Przepływy zewnętrzne i wpływ łopaty Uderzenie hydrauliczne w rurociągu: uderzenie prost i nieproste, wzór Żukowskiego. Kawitacja i pseudokawitacja: warunki powstawania, liczba kawitacyjna. kawitacja lokalna i superkawitacja wir z jądrem kawitacyjnym; szum kawitacyjny, mechanizm erozji kawitacyjnej. • lektrownie wodne: Typologia turbin wodnych, turbiny śmigłowe, Kaplana, Francisa, Deriazia, Banki-MichellaStellera, Peltona, Gilkesa. Moc i wyróżnik szybkości. Zakresy stosowności poszczególnych rozwiązań. Sprawność turbiny wodnej. Równanie Eulera dla turbiny wodnej. Rury ssawne. Typy elektrowni wodnych: przyzaporowe, z derywacją kanałową i derywacją rurociągową, przepływowe. Elementy konstrukcyjne elektrowni. Obliczenia optymalnego wydatku i mocy dla zadanej konfiguracji elektrowni z rurociągiem ciśnieniowym. Obliczenia geometrii turbiny Kaplana. Ocena zagrożenia uderzeniem hydraulicznym w rurociągu ciśnieniowym. Obliczenia optymalnego wydatku i mocy dla zadanej konfiguracji elektrowni z rurociągiem ciśnieniowym. Ocena zagrożenia uderzeniem hydraulicznym. Prognozowanie powstawania kawitacji na profilu łopaty turbiny Kaplana • Wpływ ustawienia powierzchni płaskiej na moc absorbowanego promieniowania słonecznego • Wyznaczenie charakterystyki cieczowego kolektora niskotemperaturowego • Zależność współczynnika efektywności oraz sprawności pracy pompy ciepła od parametrów dolnego i górnego źródła ciepła. • Charakterystyka elektryczna ogniwa fotowoltaicznego. • Wpływ temperatury pracy ogniwa na sprawność konwersji fotowoltaicznej</p>	
Ogniwa paliwowe	K_W07, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<p>• Zasada działania ogniw paliwowych, historia i współczesność. Rodzaje ogniw paliwowych • Typy ogniw paliwowych • Reakcje elektrodowe w ogniwach paliwowych. • Budowa i zasada działania stałotlenkowych ogniw paliwowych. • Mechanizm transportu defektów jonowych i elektronowych w elektrolicie stałym. • Materiały anodowe i katodowe w stałotlenkowych ogniwach paliwowych. • Interkonektory metaliczne i wymagania stawiane materiałom na interkonektory. Zastosowanie stałotlenkowych ogniw paliwowych we współczesnym przemyśle (energetyka, motoryzacja, lotnictwo, militaria itp.). • Badanie właściwości fizykochemicznych elektrolitu stałego • Termodynamika ogniwa paliwowego. • Zastosowania innych niż stałotlenkowe ogniw paliwowych. • Katalizatory reakcji elektrodowych w ogniwach paliwowych.</p>	
Optymalizacja systemów technologicznych	K_W06, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_K02, K_K03
<p>• Podstawowe pojęcia z zakresu optymalizacji matematycznej • Metody optymalizacji matematycznej, ich zastosowanie oraz wady i zalety • Kryteria optymalności • Struktura modeli procesów technologii chemicznej • Modele systemów technologicznych - budowa oraz sposoby rozwiązania</p>	
Podstawy gospodarki wodorowej	K_W01, K_W08, K_U02, K_U08, K_K01
<p>• Strategiczne cele gospodarki wodorowej Unii Europejskiej • Podstawowe, wprowadzające informacje dotyczące bezpieczeństwa, wytwarzania, transportu, magazynowania oraz wykorzystania wodoru. • Własności fizyczne i termodynamiczne wodoru w aspekcie efektywności magazynowania i transportu wodoru. (SW) • Perspektywy rozwoju niskoemisyjnych systemów wytwarzania wodoru: OZE, energetyka jądrowa - HTR, systemy kogeneracyjne) SW</p>	

Praca dyplomowa	K_U01, K_U02, K_U04, K_U07, K_U08, K_U10, K_U11, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Gromadzenie i analiza literatury przedmiotowej związanej z tematem pracy. Opracowanie koncepcji i sposobu rozwiązania problemu badawczego postawionego w temacie pracy dyplomowej a także opracowanie planu realizacji pracy. Rozwiązanie problemu badawczego postawionego w temacie pracy dyplomowej. Opracowanie uzyskanych wyników rozwiązania i ich krytyczna analiza. Opracowanie wniosków końcowych. Przygotowanie pracy dyplomowej • Obrona pracy dyplomowej 	
Procesy separacji i oczyszczania wodoru	K_W04, K_W07, K_U01, K_U02, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Zaawansowane operacje jednostkowe służące do separacji i/lub oczyszczania mieszanin gazowych (ze szczególnym uwzględnieniem wodoru). Procesy absorpcyjne, adsorpcyjne, membranowe, itp. Opis termodynamiczny procesów, zasady projektowania, aparatura. Treść ćwiczeń oraz laboratoriów związana z tematyką wykładów. 	
Produkcja wodoru z surowców kopalnych i odnawialnych	K_W01, K_W02, K_W07, K_U03, K_U04, K_U05, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Surowce do produkcji wodoru. Wytwarzanie wodoru z surowców kopalnych – stałych, ciekłych, gazowych - wiadomości wstępne. Zgazowanie węgla w ruchomym złożu fluidalnym i w złożu pyłowym. Rozwój metod zgazowania węgla. Zgazowanie pozostałości z przeróbki ropy naftowej. Wodór z reformingu katalitycznego benzyn. Reforming autotermiczny, parowy i kombinowany gazu ziemnego. Półspalanie gazu ziemnego. Biotechnologiczna produkcja wodoru • Biomasa jako źródło wodoru - przygotowanie biomasy do procesów wytwarzania wodoru. Fermentacja metanowa, Przygotowanie układów katalitycznych stosowanych w procesach wytwarzania wodoru. Reforming parowy gazu ziemnego - wykorzystanie symulatora procesowego Aspen Plus do analizy wpływu warunków procesu i zakłóceń składu surowca na selektywność i wydajność wytwarzania wodoru. 	
Projektowanie zbiorników do magazynowania wodoru	K_W03, K_W07, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Normy i przepisy prawne dotyczące projektowania i konstruowania aparatury ciśnieniowej Materiały konstrukcyjne stosowane do budowy zbiorników ciśnieniowych wraz z kryteriami ich doboru Elementy aparatury chemicznej związane z magazynowaniem wodoru Rozwiązania stosowane do magazynowania wodoru w stanie gazowym, ciekłym i nadkrytycznym, a także inne technologie magazynowania wodoru Oprogramowanie wspomagające obliczenia projektowe 	
Seminarium dyplomowe	K_W07, K_U02, K_U03, K_U04, K_U07, K_U08, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Różnice między realizacją pracy inżynierskiej i magisterskiej. Przypomnienie zasad pisania pracy dyplomowej i przygotowania prezentacji multimedialnej. Cykliczne spotkania ze studentami w celu przedstawiania wyników swoich badań i dyskusja z udziałem studentów i moderatora po prezentacji wyników. 	
Symulacja i projektowanie systemów przesyłu i dystrybucji wodoru	K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U03, K_U06, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Właściwości termodynamiczne wodoru i jego mieszanin z węglowodorami, równania stanu dla wodoru, przemiany termodynamiczne wodoru efekt Joule'a-Thomsona. Sprężanie i rozprężanie wodoru i jego zatłaczanie w transporcie rurociągowym na duże odległości, do dużych zbiorników magazynujących, do kavern solnych, przy ładowaniu do rurociągów gazu ziemnego, przy ładowaniu stacji tankowania. Modelowanie sprężania i rozprężania wodoru i jego mieszanin. Koszty eksploatacyjne sprężania wodoru. Obliczanie optymalnej średnicy rurociągu i spadków ciśnienia w transporcie rurociągowym, optymalne rozmieszczenie tłoczni gazu. Termodynamiczne i przepływowe aspekty ładowania i wyładowywania zbiorników wodoru. Dynamika ładowania i rozładowywania zbiorników wodoru. Modelowanie dynamiki napełniania i opróżniania magazynów wodoru. Przegląd i zasady doboru sprzężarek oraz armatury pomocniczej i pomiarowej stosowanych w sieciach i instalacjach wodorowych. Aspekty bezpieczeństwa związane z uwalnianiem się wodoru w pomieszczeniach zamkniętych i w przestrzeni otwartej. Instalacje skraplania wodoru. 	
Symulacja procesów spalania wodoru	K_W09, K_U03, K_U05, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Kinetyka reakcji spalania wodoru i innych paliw gazowych. Szczegółowe mechanizmy reakcji spalania. Mechanizmy spalania: spalanie kinetyczne, dyfuzyjne Modelowanie przepływów turbulentnych i wymiany ciepła przez promieniowanie Modelowanie CFD reakcji spalania w programie Ansys Fluent. Modelowanie procesów spalania w programach Chemkin/Aspen Plus. 	
Systemy wodorowych ogniw paliwowych w transporcie	K_W01, K_W08, K_W09, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Podstawy fizyczne i termodynamika elektrochemicznej konwersji energii i ogniw paliwowych. Kinetyka reakcji ogniwa paliwowego i transport ładunku. Charakterystyka pracy i sprawność ogniw paliwowych oraz czynniki na nie wpływające. Modelowanie ogniw paliwowych, krzywe polaryzacji i techniki pomiaru ogniw paliwowych. Wodór jako paliwo i jego charakterystyka, przechowywanie i użytkowanie oraz aspekty bezpieczeństwa. Systemy i zastosowania ogniw paliwowych w transporcie. Pomiary charakterystyk pracy ogniw paliwowych wodorowych oraz zespołów napędowych wykorzystujących wodorowe ogniwa paliwowe. 	
Technologie wodorowe w ogrzewnictwie i ciepłownictwie	K_W01, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U06, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Wprowadzenie do technologii wodorowych w systemach grzewczych i ciepłowniczych Celowość centralizacji zaopatrzenia w ciepło z zastosowaniem technologii wodorowych. Systemy centralnego zaopatrzenia w ciepło. Obliczenia wartości projektowego obciążenia cieplnego dla dzielnic, osiedla lub miasta, pod kątem zastosowania technologii wodorowych w procesie produkcji ciepła Ogólna charakterystyka scenariuszy zastosowania oraz zwiększenia roli wodoru w gospodarce. Koncepcja wybranego systemu ciepłowniczego w oparciu o wykorzystanie technologii wodorowych. 	
Technologie wodorowe w przemyśle	K_W01, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Terminologia i systematyka procesów wodorowych. Podstawy teoretyczne procesów wodorowych. Rola wodoru w procesach rafineryjnych i petrochemicznych. Procesy hydorafinacji produktów naftowych, hydrokrakowania olejów, hydrodealkilowania węglowodorów alkiloaromatycznych. Procesy uwodornienia związków nienasyconych, aromatycznych oraz innych związków organicznych w celu wytworzenia wielkotonażowych produktów. Reakcje uwodornienia w produkcji specjalistycznych chemikaliów. Chemiczne metody magazynowania wodoru. Generowanie wodoru in situ. Wodór w chromatografii gazowej, 	
Uwarunkowania prawne i regulacyjne gospodarki wodorowej	K_W10, K_U09, K_K01, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Uwarunkowania prawne polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej Uwarunkowania prawne gospodarki wodorowej Unii Europejskiej Bariery rozwoju gospodarki wodorowej Wspólny rynek wodorowy - uwarunkowania regulacyjne Wspólny rynek wodoru UE - współpraca czy rywalizacja geoeconomiczna Uwarunkowania prawne polskiej gospodarki wodorowej Instrumenty regulacyjne polskiej gospodarki wodorowej 	
Woda do celów energetyki wodorowej	K_W01, K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Podstawowy zaopatrzenia w wodę. Ujęcia wody. Sieć wodociągowa i pompownie. Bilans zużycia wody. Pozwolenia wodnoprawne. Dywersyfikacja zasobów wody. Możliwości rozbudowy istniejących systemów zaopatrzenia w wodę o instalację do produkcji wodoru. Obliczenia zapotrzebowania na wodę. Bilans zużycia wody. Obliczenia wskaźników dywersyfikacji zasobów wody. Charakterystyka procesów jednostkowych w układach technologicznych stacji uzdatniania wody do celów energetyki wodorowej. Klasyfikacja elementów i urządzeń stacji. Analiza układów technologicznych stacji uzdatniania wody. Jonitowa demineralizacja wody. Membranowa demineralizacja wody. Analiza pracy stacji dwustopniowej demineralizacji wody 	

wodociągowej.	
Wodorowe zespoły napędowe w transporcie	K_W07, K_W08, K_W09, K_U04, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> System transportowy - charakterystyka, uwarunkowania, oddziaływanie środowiskowe, perspektywy rozwoju Zespołu napędowe i paliwa stosowane w transporcie Wodór jako paliwo przyszłości Wodorowe zespoły napędowe w transporcie Silniki bezpośrednio spalające wodór Silniki wodorowe w transporcie lotniczym Silniki wodorowe w transporcie samochodowym Silniki wodorowe w innych gałęziach transportu Technologie i materiały stosowane w silnikach wodorowych Oddziaływanie środowiskowe wodorowych zespołów napędowych Charakterystyki silników zasilanych wodorem Analiza procesów fizycznych w silnikach zasilanych wodorem 	
Zarządzanie jakością i produktami chemicznymi	K_W10, K_W11, K_U09, K_K01, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> Poziom jakości, elementy i modele systemów jakości. Działania techniczne, organizacyjne, ekonomiczne i motywacyjne w procesie produkcyjnym w zakresie jakości. Jakość w zarządzaniu produkcją. Odpowiedzialność producenta za pełny cykl życia produktu. Regulacje prawne w zakresie zarządzania chemikaliami (karta bezpieczeństwa substancji, recykling, utylizacja chemikaliów) – programy realizowane przez przemysł chemiczny w tym zakresie. Zasady bezpieczeństwa w zakresie transportu i przechowywania chemikaliów. 	
Elektrochemiczne metody zabezpieczeń antykorozyjnych	K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Ogólne wiadomości o strukturze metali i stopów. Struktura polikrystaliczna i granica ziarn. Żelazo, stале węglowe i stopowe. Wykres fazowy układu żelazo-węgiel. Stal uspokojona i nieuspokojona. Tworzenie się austenitu w stalach węglowych i przemiany austenitu w procesie oziębienia. Obróbka cieplna i hartowanie stali. Stale stopowe (nierdzewne). Struktura i właściwości wybranych metali stosowanych w technice (Al, Cu, Ni, Ti, Cr, Mo). Korozja elektrochemiczna. Granica faz metal-roztwór. Istota i pochodzenie potencjału elektrodowego. Układ potencjałów standardowych. Pozostałe nietermodynamiczne systemy potencjałów elektrodowych. Reakcje przeniesienia ładunku i pary redoks jako źródło niestabilności metali. Obszary generujące elektrony (anodowe) i pobierające elektrony (katodowe) w procesach korozji. Wykresy Evansa. Krzywe polaryzacyjne jako przykład zależności prąd-potencjał. Parametry kinetyczne określające szybkość korozji. Korozja z depolaryzacją tlenową, redukcja tlenu. Korozja z depolaryzacją wodorową, Parametry wpływające na szybkość korozji. Mechanizmy redukcji jonów wodorowych. Kruchość wodorowa stali. Wewnętrzne i zewnętrzne czynniki mające wpływ na szybkość korozji. Czynniki niestabilności powierzchni metali. Stan powierzchni, struktura metalu, ogniwa krótko zwarte i heteroogniwa w metalach i stopach. Katodowe i anodowe powłoki metalowe na metalach jako źródło par galwanicznych. Wizualizacja typowych postaci korozji. Wypieranie metali (powlekanie przez zanurzenie). Termodynamiczna stabilność metali. Zależności potencjał-pH i wykresy Pourbaix. Linie wydzielenia wodoru i tlenu. Wykresy potencjał-pH dla metali i układów ważnych technologicznie. Ogniwa paliwowe wodorowo-tlenowe. Korozja naprężeniowa, zmęczeniowa i pękanie korozyjne. Korozja międzykrystaliczna. Wysokotemperaturowa i gazowa korozja metali i stopów. Termodynamika procesu. Warstwy tlenków i ich właściwości. Wpływ temperatury i atmosfery gazowej na kinetykę procesu korozji. Wpływ temperatury i składu atmosfery na kinetykę tworzenia warstw tlenkowych. Dyfuzja warstw tlenkowych. Zależność Pillinga - Bedforda. Właściwości mechaniczne i odporność stali na korozję w wysokiej temperaturze. Ochrona przed korozją w fazie gazowej. Stopy żaroodporne i powłoki na metalach. Metody ochrony przed korozją. Pokrycia metaliczne: Zn, Ni, Cr, Al, Sn i inne. Pokrycia nieorganiczne: powłoki konwersyjne: chromianowe, fosforanowe, tlenkowe. Obróbka anodowa metali. Inhibitory i pasywatory. Podstawy i zastosowanie katodowej i anodowej ochrony metali. Protektory metaliczne (roztwarzalne anody), teoria i zastosowanie. Testy korozyjne. Testy laboratoryjne. Testy polowe i serwisowe. Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna w badaniach korozyjnych. 	
Modelowanie infrastruktury przesyłowej i instalacji wodorowych	K_W05, K_W07, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Wprowadzenie do technologii BIM. Przygotowanie przestrzennego modelu obiektu budowlanego. Podstawy modelowania instalacji. Wykonanie projektu instalacji, analiza kolizji, zestawienia materiałów, wymiarowanie elementów. Wprowadzenie do technologii CIM. Przygotowanie przestrzennego modelu terenu. Podstawy modelowania sieci przesyłowych. Wykonanie projektu sieci przesyłowej, analiza kolizji, zestawienia materiałów, wymiarowanie elementów. Technologia BIM - Podstawy, BIM - wymiana informacji, Technologia CIM - Podstawy, BIM - wymiana informacji, Modelowanie informacji w eksploatacji instalacji i systemów przesyłowych Projektowanie instalacji i systemów przesyłowych z wykorzystaniem wybranych narzędzi softwarowych 	
Specjalistyczne materiały kompozytowe w technologiach wodorowych	K_W07, K_U01, K_U04, K_U07, K_U08, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Definicja kompozytów, kompozyty konstrukcyjne i funkcjonalne stosowane w technologiach wodorowych. Polimery stosowane jako osnowa w kompozytach polimerowych. Rodzaje i charakterystyka włókien stosowanych do wzmocnienia w kompozytach. Kompozyty polimerowe: włókniste, proszkowe, warstwowe i hybrydowe, wybrane metody wytwarzania kompozytów polimerowych w skali jednostkowej i wielkoseryjnej. Zasady projektowania materiałów kompozytowych stosowanych w technologiach wodorowych. 1. Otrzymywanie kompozytów hybrydowych wzmocnionych wytypowanymi tkaninami (szklanymi, węglowymi i aramidowymi) na osnowie żywicy chemoutwardzalnej. 2. Modyfikacja hybrydowych kompozytów na osnowie polimerów termoplastycznych pod kątem poprawy właściwości barierowych. 3. Charakterystyka właściwości funkcjonalnych otrzymanych kompozytów pod stosowania w technologiach wodorowych. 	
Technologie budowy, monitoringu i rehabilitacji sieci przesyłowych	K_W05, K_W07, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Bezwykopowe metody budowy infrastruktury sieciowej. Przeciskanie i wbijanie udarowe. Horyzontalne przewiertki sterowane. Mikrotuneling. Analiza ekonomiczna metod wykopowej i bezwykopowej budowy sieci. Technologie bezwykopowej renowacji infrastruktury sieciowej. Wkłady wślizgiwane (sliplining, rura w rurę). Wkłady ściśle pasowane. Renowacje natryskiem. Metody utwardzonego rękawa (CIPP). Inspekcje telewizyjne infrastruktury sieciowej. Inspekcje rurociągów tłokami inteligentnymi. Układanie nowych rurociągów i kabli w gruncie metodą płużenia. Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe rurociągów z rur podatnych. Obliczenia bloków oporowych rurociągów ciśnieniowych. Relining. Horyzontalne przewiertki sterowane. 	
Technologie zabezpieczeń antykorozyjnych instalacji wodorowych	K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Definicja i rodzaje korozji, korozja chemiczna, elektrochemiczna. Podstawowe metody ochrony przed korozją. Metody oczyszczania i zabezpieczania podkładowego powierzchni instalacji, powłoki konwersyjne i pasywacyjne. Specyfika problemów korozyjnych instalacji wodorowych, nadzór nad pracami antykorozyjnymi, warunki prowadzenia prac antykorozyjnych, normy i przepisy dotyczące zabezpieczeń antykorozyjnych. Materiały powłokotwórcze wykorzystywane w technologiach zabezpieczeń antykorozyjnych. Klasy korozyjności środowiska. Projektowanie systemów zabezpieczeń antykorozyjnych. Metody badań procesów korozji. Metody oceny jakości materiałów powłokotwórczych i skuteczności zabezpieczeń antykorozyjnych. Procesy starzenia się zabezpieczeń antykorozyjnych i metody zapobiegania tym procesom. 1. Wytwarzanie zabezpieczeń antykorozyjnych konwersyjnych i podkładowych 2. Otrzymywanie materiałów powłokotwórczych nawierzchniowych 3. Badania jakości zabezpieczeń antykorozyjnych 	
Wysokotemperaturowe materiały polimerowe w technologiach wodorowych	K_W07, K_U01, K_U04, K_U07, K_U08, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> Polimery arylenowe, poliamidy aromatyczne, polimery ciekłokrystaliczne, polimery heterocykliczne, polimery epoksydowe, polimery fluorowe, polimery krzemooorganiczne. Metody modyfikacji materiałów polimerowych pod kątem zastosowania w technologiach hybrydowych. Technologie otrzymywania elementów instalacji wodorowych z wykorzystaniem wysokotemperaturowych polimerów. 1. Optymalizacja parametrów wtrysku wysokotemperaturowych tworzyw polimerowych stosowanych w technologiach wodorowych. 2. Analiza właściwości użytkowych materiałów polimerowych pod kątem zastosowania w instalacjach wodorowych. 3. Modyfikacja materiałów polimerowych pod kątem poprawy właściwości 	

barierowych.	
Zarządzanie ekoinnowacjami	K_W10, K_U09, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> Istota i rodzaje innowacji. Źródła innowacji, innowacyjność. Procesy innowacyjne i modele innowacyjne. Determinanty rozwoju ekoinnowacji w przedsiębiorstwach. Źródła i metody finansowania innowacji. Ekonomiczne uwarunkowania działalności innowacyjnej. Dyfuzja innowacji. Współpraca przedsiębiorstw oraz innych organizacji w rozprzestrzenianiu się innowacji. Innowacyjność polskich przedsiębiorstw na tle Europy i świata. Polityka ekoinnowacyjna w wybranych krajach Unii Europejskiej. Modele polityki innowacyjnej w Unii Europejskiej. Doświadczenia w budowaniu regionalnych strategii innowacji. Wskaźniki innowacyjności. Foresight jako metoda wyboru innowacyjnych technologii. Klastry jako organizacyjny i ekonomiczny stimulator innowacyjności. Ochrona własności intelektualnej i przemysłowej. Opracowanie projektu wybranego systemu innowacyjnego (dla państwa, regionu lub przedsiębiorstwa) Prezentacja i modyfikacja projektów 	
Zarządzanie projektami wodorowymi	K_W10, K_U09, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> Wprowadzenie do zarządzania projektami wodorowymi Model fazowy projektu wodorowego Techniki inicjowania projektów wodorowych Techniki planowania projektów wodorowych Techniki controllingu i kontroli projektów wodorowych Kształtowanie organizacji projektowej 	

4. Wykaz zajęć, parametry programu studiów, metody weryfikacji efektów uczenia się oraz treści programowe- studia niestacjonarne

4.1 Przedmioty wspólne dla kierunku, niezależne od wyboru studentów

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
1	CX	Angielska terminologia techniczna	0	18	0	0	18	2	N	
1	CF	Elektrochemiczne metody konwersji energii	18	18	18	0	54	6	T	
1	BT	Geologiczne magazynowanie wodoru	9	0	9	0	18	2	N	
1	MC	Magazynowanie wodoru w ciałach stałych	9	0	9	0	18	2	N	
1	ZP	Ochrona własności intelektualnej	9	0	0	0	9	1	N	
1	CI	Podstawy gospodarki wodorowej	18	0	0	0	18	2	N	
1	CI	Procesy separacji i oczyszczania wodoru	18	9	18	0	45	5	T	
1	CX	Produkcja wodoru z surowców kopalnych i odnawialnych	18	0	6	3	27	3	N	
1	CI	Projektowanie zbiorników do magazynowania wodoru	9	0	0	18	27	3	N	
1	CI	Symulacja i projektowanie systemów przesyłu i dystrybucji wodoru	9	0	0	18	27	3	N	
1	ZE	Uwarunkowania prawne i regulacyjne gospodarki wodorowej	9	0	0	0	9	1	N	
2	MD	Efektywność energetyczna	9	0	0	9	18	2	N	
2	CX	Moduł obieralny 2.1	9	0	9	0	18	2	N	
2	CX	Moduł obieralny 2.2	9	0	9	0	18	2	N	
2	MD	Odnawialne źródła energii w produkcji wodoru	18	0	9	0	27	3	N	
2	CM	Ogniwa paliwowe	18	0	9	0	27	3	N	
2	CI	Optymalizacja systemów technologicznych	9	0	9	0	18	2	N	
2	CI	Symulacja procesów spalania wodoru	9	0	18	0	27	3	N	
2	ML	Systemy wodorowych ogniw paliwowych w transporcie	18	0	9	0	27	3	N	
2	BD	Technologie wodorowe w ogrzewnictwie i ciepłownictwie	6	0	12	0	18	2	N	
2	CM	Technologie wodorowe w przemyśle	18	0	18	0	36	4	T	
2	MK	Wodorowe zespoły napędowe w transporcie	18	0	9	9	36	4	T	
3	CI	Bezpieczeństwo procesowe instalacji wodorowych	9	0	0	9	18	2	N	
3	ZX	Moduł obieralny 3.1	0	0	0	18	18	2	N	
3	BX	Moduł obieralny 3.2	9	0	9	0	18	2	N	
3	BR	Woda do celów energetyki wodorowej	6	6	6	0	18	2	N	
3	ZO	Zarządzanie jakością i produktami chemicznymi	9	0	0	0	9	1	N	

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.

4.2 Wykaz bloków tematycznych do wyboru- studia niestacjonarne

- Technologie wodorowe

4.2.1. Blok tematyczny: Technologie wodorowe

Przedmioty realizowane po wyborze bloku tematycznego

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
3	CX	Praca dyplomowa	0	0	0	0	0	20	N	
3	CX	Seminarium dyplomowe	0	9	0	0	9	1	N	

Przedmioty dodatkowo wybierane w ramach programu studiów zarówno w zakresie przedmiotów wspólnych dla kierunku jak i bloku tematycznego, w tym języki obce.

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
2	CX	Elektrochemiczne metody zabezpieczeń antykorozyjnych	9	0	9	0	18	2	N	
2	CK	Specjalistyczne materiały kompozytowe w technologiach wodorowych	9	0	9	0	18	2	N	
2	CS	Technologie zabezpieczeń antykorozyjnych instalacji wodorowych	9	0	9	0	18	2	N	
2	CK	Wysokotemperaturowe materiały polimerowe w technologiach wodorowych	9	0	9	0	18	2	N	
3	BI	Modelowanie infrastruktury przesyłowej i instalacji wodorowych	6	0	9	0	15	2	N	
3	BI	Technologie budowy, monitoringu i rehabilitacji sieci przesyłowych	9	0	0	9	18	2	N	
3	ZO	Zarządzanie ekoinnowacjami	0	0	0	18	18	2	N	
3	ZB	Zarządzanie projektami wodorowymi	0	0	0	18	18	2	N	

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.	29 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.	67 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.	29 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	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	0
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	7
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	135
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	25
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	18
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej	5
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych)	31
Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	17
Liczba laboratoriów, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	9
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	59

Liczba zajęć projektowych, w których osiągane 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	53
Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu	18
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych	101

4.3 Treści programowe- studia niestacjonarne

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.

Angielska terminologia techniczna	K_W10, K_U10, K_K01, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Czytanie katalogów odczynników, sprzęty laboratoryjnego oraz chemikaliów i materiałów specjalnych • Zapoznanie się ze sposobami publikowania informacji naukowej i technicznej, na przykładzie wybranej publikacji naukowej lub opisu patentowego oraz pozyskiwanie informacji z kompendiów nomenklaturowych • Analiza krótkich filmów popularyzatorskich lub reklamowych na temat związanych ze studiowanym kierunkiem studiów • Czytanie i analiza tekstów zawartych w przepisach preparatywnych publikacji naukowych lub opisów patentowych - zapoznawanie się ze słownictwem zawartym w tych opisach • Próby tłumaczenia polskich tekstów technicznych na j. angielski • Zapoznanie z zasadami przygotowywania prezentacji naukowych lub ustnych wystąpień konferencyjnych 	
Bezpieczeństwo procesowe instalacji wodorowych	K_W06, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowa terminologia i obowiązujące prawo z zakresu bezpieczeństwa procesowego • Toksykologia substancji niebezpiecznych - wpływ szkodliwych substancji na organizm człowieka i środowisko • Analiza przyczyn i skutków awarii, które wydarzyły się w rzeczywistości • Ocena ryzyka wystąpienia awarii oraz zasięgu jej skutków • Nieszczelności jako podstawowa przyczyna awarii w przemyśle chemicznym • Położenie i zabezpieczenia przeciwpożarowe budynków • Pożary i wybuchy – metody zapobiegania oraz minimalizacji ich skutków • Wpływ szkodliwych substancji na organizm człowieka i środowisko • Ocena przebiegu potencjalnego pożaru • Matematyczny opis wybranych typów awarii • Modele rozpraszania substancji • Metody analizy ryzyka awarii 	
Efektywność energetyczna	K_W06, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Audytyng energetyczny -podstawowe określenia: definicja audytingu, audyting pełny, rozszerzony. Sposoby podejścia podczas realizacji audytingu. Cel audytingu, przygotowanie i gromadzenie informacji, pomiary, zestawienie bilansu energetycznego • Nakłady i efekty w przedsięwzięciach usprawniających użytkowanie energii. Charakterystyka efektów spowodowanych realizacją przedsięwzięć. Sposoby wskazywania środków finansowych na modernizację. Zmniejszenie kosztów energii. Obliczanie sumarycznych efektów modernizacji • Analiza opłacalności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych instalacji przemysłowych. Obliczanie wskaźników opłacalności. Przepływy pieniężne dla określonych przychodów i wydatków. Stopa dyskontowa i współczynnik dyskontujący. Rzeczywista stopa procentowa. Przepływy finansowe przy finansowaniu ze środków własnych. Przepływy pieniężne przy finansowaniu z udziałem kredytu bankowego. • Badanie opłacalności przedsięwzięć. Metody dyskontowe. Proste metody oceny opłacalności. Wartość bieżąca netto. Wewnętrzna stopa zwrotu. Okres zwrotu nakładów. Koszt wytworzenia jednostki energii • Analiza wrażliwości kosztów i efektów. Niepewność wynikająca z nakładów inwestycyjnych. Metody uwzględniania ryzyka-jednoparametrowa analiza wrażliwości. Przykłady oceny opłacalności –obliczanie wartości bieżącej netto przy znanych przepływach pieniężnych. Zastosowanie okresu zwrotu nakładów • Potencjał oszczędności energii. Charakterystyka budynków: stropodachy, dachy, ściany zewnętrzne, drzwi, systemy grzewcze i wentylacyjne. Przyczyny strat ciepła • 7. Elementy fizyki budowli. Mikroklimat pomieszczeń, temperatura obliczeniowa otoczenia budynku, przepływ ciepła przez przegrody. Przenikanie ciepła przez przegrody budowlane. Straty ciepła przez przegrody. Kondensacja pary. Wymiana powietrza w budynku. Bilans cieplny budynku. Systemy ogrzewania • Cel i zakres audytingu. Metodyka. Kryteria oceny. Podstawowe dane techniczne. Opis konstrukcji budynku. Instalacje grzewcze –inwentaryzacja. Ocena aktualnego stanu technicznego. Określenie zapotrzebowania na moc grzewczą i sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania. Określenia zapotrzebowania energii dla cwu. Opłaty za ogrzewanie i cwu. Propozycje przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii. Określanie nakładów inwestycyjnych. Wyniki analizy opłacalności • Ocena stanu technicznego i inwentaryzacja. Sporządzenie opisu konstrukcji. System grzewczy budynku • Obliczanie zapotrzebowania na moc grzewczą oraz kosztów ogrzewania • System wentylacyjny budynku-określenie zapotrzebowania powietrza wentylacyjnego • Bilans energetyczny wybranego obiektu. Propozycje przedsięwzięć usprawniających użytkowanie energii • Analiza opłacalności przedsięwzięć. Nakłady inwestycyjne 	
Elektrochemiczne metody konwersji energii	K_W01, K_W02, K_W07, K_W09, K_U01, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Elementy termodynamiki ogniw elektrochemicznych. Rodzaje półogniw. Ogniwa pierwotne i wtórne. Baterie wysokiego napięcia, ogniwa rezerwowe. Ogniwa paliwowe i hybrydowe. Materiały elektrodowe, elektrolity, separatory. Podstawowe parametry charakteryzujące ogniwa elektrochemiczne. Korozja ogniw. Elektrochemiczne metody badania właściwości ogniw. Czynniki wpływające na sprawność ogniw. Recykling. Termodynamika ogniwa paliwowego. Kinetyka ogniwa paliwowego. Budowa ogniw paliwowych i ich klasyfikacja: alkaliczne ogniwo paliwowe (AFC), membranowe ogniwo paliwowe z elektrolitem polimerowym (PEMFC), ogniwo paliwowe z kwasem fosforowym (PAFC), ogniwo paliwowe ze stopionym węglanem (MCFC), ogniwo paliwowe zasilane bezpośrednio metanolem (DMFC), ogniwo paliwowe ze stałym tlenkiem (SOFC), ogniwa paliwowe - rozwiązania alternatywne (elektrolity, elektrody, paliwa). Stos ogniw paliwowych, płyta bipolarna. kanały przepływu gazów. Systemy generacji energii oparte na ogniwach paliwowych i zastosowania ogniw paliwowych. Zastosowanie elektrolizy do konwersji energii. Elektrochemiczne metody wytwarzania wodoru. Technologiczne aspekty procesu elektrodowego. Aparatura do elektrolitycznego otrzymywania wodoru. Aktualne trendy rozwoju produkcji wodoru metodą elektrolizy wody. Ogniwa fotowoltaiczne jako źródło prądu do zasilania elektrod. Problem korozji aparatury w energetyce wodorowej. • Ilościowe i jakościowe obliczenia dotyczące procesów elektrodowych. Parametry techniczno-ekonomiczne ogniw. Kinetyka reakcji elektrodowych - równanie Butlera-Volmera i równanie Tafela. Obliczenia elektrochemiczne związane z elektrolizą roztworów, wydajnością procesu oraz procesami korozji elektrod. • Badanie katalizatorów reakcji zachodzących w ogniwach paliwowych. Badanie procesów korozji metodą EIS. Badanie kinetyki procesów zachodzących w bateriach i ogniwach paliwowych. Badanie procesów elektrolizy na przykładzie elektrolizy wodorotlenku sodu w elektrolizerze Hofmanna). Charakterystyka procesu wydzielania wodoru i tlenu, otrzymywanie i zastosowanie powłok aktywnych na elektrodach do elektrolizy wody, analiza sprawności procesu elektrolizy, a także badania trwałości powłok i ich odporności na korozję. Magazynowanie energii. Energia wiatrowa. Fotowoltaika. 	
Geologiczne magazynowanie wodoru	K_W03, K_W07, K_U01, K_U02, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wykłady: 1.Podstawowe wiadomości z geologii złóż i petrografii skał zbiornikowych (3 h) 2.Budowa i rodzaje złóż węglowodorów w Polsce (2h) 3.Magazynowanie wodoru w obiektach geologicznych (2h) 4.Geologia formacji solnych w aspekcie magazynowania wodoru (2 h) • Laboratorium: 1. Wstęp do przedmiotu: podstawowe definicje, rozpoznawanie cech fizycznych minerałów (2h) 2. Petrografia skał zbiornikowych -rozpoznawanie (2h) 3. Własności petrofizyczne skał zbiornikowych (2h) 4. 	

Typy budowy geologicznej/tektonika złożowa/ podziemne kolektory (2h)	
Magazynowanie wodoru w ciałach stałych	K_W03, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wodór jako alternatywne źródło energii • Produkcja wodoru • Parametry magazynowania wodoru • Sposoby magazynowania wodoru • Budowa i właściwości materiałów do magazynowania wodoru • Wyznaczanie powierzchni właściwej, całkowitej objętości porów i rozkładu wielkości porów ciał stałych w zakresie od ultramikroporów do makroporów z zastosowaniem analizatora sorpcji par i gazów • Badania przemian fazowych materiałów z wykorzystaniem różnicowego kalorymetru skaningowego. • Metody wytwarzania materiałów przy zastosowaniu nośnika wodorowego 	
Ochrona własności intelektualnej	K_W10, K_U09, K_K01, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Autoplagiat - Konstytucyjna gwarancja swobody tworzenia a zarzut autoplagiatu, Autoplagiat w działalności naukowej, Analiza porównawcza autoplagiatu i plagiatu na gruncie polskiego prawa, Konsekwencje prawne autoplagiatu • Prawo cytatu w praktyce • warunki prawidłowego cytowania, cytaty w różnych rodzajach działalności twórczej • Aspekty handlowe prawa własności przemysłowej i ochrona międzynarodowa wynalazku - procedura krajowa, zgłoszenie międzynarodowe, patent europejski • Międzynarodowe aspekty prawa własności intelektualnej - umowa TRIPS, umowa i spór wokół ACTA • Dochodzenie roszczeń z tytułu naruszenia przepisów prawa chroniącego własność intelektualną • Odpowiedzialność karna z tytułu naruszenia praw własności intelektualnej • Zaliczenie 	
Odnawialne źródła energii w produkcji wodoru	K_W01, K_W07, K_W08, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Rodzaje i postacie energii, przemiany energii pierwotnej w energię wtórną i jednostki energii. Zasoby energii w świecie i Polsce. Struktura zużycia pierwotnych źródeł energii. Definicja oraz rodzaje odnawialnych źródeł energii. Nośniki energii. Niskotemperaturowe źródła energii. Charakterystyka zasobów energii geotermicznej. Charakterystyka zasobów energii spadku wód. Charakterystyka zasobów energii słonecznej i wiatrowej. • Charakterystyki przepływowo i energetyczne wiatru. Wiatr jako zjawisko fizyczne. Źródła powstawania wiatru. Podstawowe charakterystyki wiatru. Rozkłady prędkości wiatru w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu oraz szorstkości terenu. Rozkład gęstości masy strumienia powietrza w funkcji wysokości. Porywy wiatru, turbulencja atmosferyczna. Średnioroczna prędkość wiatru i jej rozkład. Rozkład Weibula i Rayleigh'a. Średnioroczny potencjał energetyczny wiatru. Zasoby energii słonecznej: zasoby energii słonecznej na świecie i w Europie, zasoby energii słonecznej w Polsce i na Podkarpaciu, sezonowa i terytorialna zmienność warunków solarnych, przebiegi dobowe nasłonecznienia i usłonecznienia, optymalizacja ustawienia kolektora w warunkach Podkarpacia, zmienność klimatyczna warunków solarnych, zasoby techniczne energii słonecznej, wpływ parametrów instalacji na zasoby techniczne • Niskotemperaturowa konwersja fototermiczna: metody wykorzystania energii promieniowania słonecznego, konwersja fototermiczna - zasada działania, własności promieniste absorbera, pokrycia selektywne, pokrycia. Kolektory cieczowe: bilans energetyczny kolektora, współczynnik transmisyjno-absorpcyjny, transmisja energii w układzie otoczenie-pokrycie-absorber, współczynnik transmisyjno-absorpcyjny dla promieniowania bezpośredniego i rozproszonego, współczynnik odprowadzenia ciepła, straty cieplne kolektora, sprawność kolektora, wpływ parametrów kolektora na sprawność, badania kolektorów transparentne - działanie i rodzaje, izolacja termiczna absorberów, rodzaje i budowa kolektorów niskotemperaturowych. Systemy kolektorów cieczowych: podstawowe elementy układów, rodzaje kolektorów, kolektory płaskie, kolektory próżniowe, cieple robocze, przekazywanie i magazynowanie energii cieplnej, zbiorniki buforowe, zbiorniki warstwowe, systemy pasywne i aktywne, układy CWU, układy CWU/CO, układy wieloźródłowe i wieloodbiornikowe, współpraca kolektorów słonecznych z pompami ciepła i innymi źródłami ciepła. • Pompy ciepła: zasada działania, podział i zastosowanie pomp ciepła, efektywność pompy ciepła, sprzężarkowe pompy ciepła - zasada działania, obieg termodynamiczny i czynniki robocze, sorpcyjne pompy ciepła - obieg termodynamiczny, mieszaniny robocze - właściwości i zakresy pracy, schematy technologiczne, elementy układów z pompami ciepła, wykresy Stankey'a, elementy pomp ciepła, dolne i górne źródło ciepła - wpływ na właściwości pompy, dolne źródła ciepła - rodzaje i właściwości, przybliżone obliczanie dolnego i górnego źródła, charakterystyki pomp ciepła, praca pompy ciepła w systemach cieplnych. • Konwersja fotowoltaiczna: fizyka efektu fotowoltaicznego, budowa ogniw słonecznych, rodzaje ogniw fotowoltaicznych, materiały i sprawność ogniw, charakterystyki elektryczne i temperaturowe, zastosowanie koncentratorów, zastosowania ogniw fotowoltaicznych, wpływ zacienienia, hybryda kolektor słoneczny - ogniwo fotowoltaiczne, energetyka fotowoltaiczna prosumencka i zawodowa - stan aktualny i perspektywy. Instalacje fotowoltaiczne: rodzaje systemów fotowoltaicznych, systemy autonomiczne - zastosowanie i elementy składowe, systemy grid connected - rodzaje i budowa, elektrownie fotowoltaiczne, szacowanie zapotrzebowania energetycznego, schematy technologiczne instalacji, współpraca elementów instalacji, obliczenia energetyczne instalacji, zabezpieczanie instalacji, wymiarowanie urządzeń generujących, przetwarzają • Energia geotermalna: mechanizm generacji, gradient geotermalny, natura i rodzaje źródeł geotermalnych, baseny hydrotermalne, możliwości wykorzystania ciepła geotermalnego, geotermia na świecie, europejskie i polskie zasoby geotermalne, polskie instalacje geotermalne, organizacja odbioru ciepła, charakterystyka nośnika ciepła, wymagania materiałowe, elektrownie i ciepłownie geotermalne - podstawowe schematy technologiczne. Energia termiczna otoczenia: charakterystyka zasobów, realizacja techniczna konwersji na energię elektryczną. • Układy konstrukcyjne turbin wiatrowych: o osi poziomej, i pionowej: Savoniusa i Darriusa. Turbiny otwarte i z otunelowaniem typu "wind-lens" Energetyczna wydajność elektrowni wiatrowej w funkcji prędkości średniorocznej wiatru i wysokości osi wirnika. Przybliżona ocena zasobów energii wiatru w Polsce oraz jej zmiany sezonowe. Wpływ parametrów atmosferycznych powietrza na wydajność energetyczną EW. Czynniki wpływające na możliwości wykorzystania energii wiatru. Pomiar podstawowych parametrów wiatru dla potrzeb energetyki wiatrowej. 4. Podstawowe parametry i charakterystyki turbin wiatrowych o osi poziomej i pionowej. Przegląd dotychczasowych konstrukcji. Stosowane rozwiązania podstawowych zespołów. Eksperymentalne metody badawcze w energetyce wiatrowej. Zarys teorii podobieństwa w badaniach modelowych. Tunele aerodynamiczne. Metody pomiaru prędkości z uwzględnieniem analizy dokładności pomiaru. Pomiar Badania modelowe turbiny wiatrowej . 6. Teoretyczne metody badawcze w energetyce wiatrowej. Przepływy potencjalne. Zarys teorii profilu. Charakterystyki profili lotniczych, siła nośna i oporu opływu. Warstwa przyścienna. Teoria strumieniowa turbiny wiatrowej. Granica Betza. Dyskusja nad twierdzeniem Betza. Modyfikowana metoda Witoszyńskiego dla turbiny z osią poziomą. Metoda Wilsona dla turbiny o pionowej osi obrotu. • Zjawiska towarzyszące pracy elektrowni wodnych. Przepływy w kanałach otwartych: profil prędkości w kanale otwartym. Przelewy miernicze. Jednowymiarowy model ruchu równomiernego w kanale otwartym. Równanie Bernoulliego dla kanałów otwartych. Spadek niwelacyjny i hydrauliczny koryta. Promień hydrauliczny. Ruch podkrytyczny (spokojny) i nadkrytyczny (rwący). Głębokość krytyczna. Wydatek krytyczny. Krytyczna liczba Froude'a. Zjawisko odsłoku hydraulicznego Bidone'a i jego zastosowania: (walka z erozją dna) Przepływy zewnętrzne i opływ łopaty Uderzenie hydrauliczne w rurociągu: uderzenie prost i nieproste, wzór Żukowskiego. Kawitacja i pseudokawitacja: warunki powstawania, liczba kawitacyjna. kawitacja lokalna i superkawitacja wir z jądrem kawitacyjnym; szum kawitacyjny, mechanizm erozji kawitacyjnej. • elektrownie wodne: Typologia turbin wodnych, turbiny śmigłowe, Kaplana, Francisa, Deriazia, Banki-MichellaStellera, Peltona, Gilkesa. Moc i wyróżnik szybkobieżności. Zakresy stosowalności poszczególnych rozwiązań. Sprawność turbiny wodnej. Równanie Eulera dla turbiny wodnej. Rury ssawne. Typy elektrowni wodnych: przyzaporowe, z derywacją kanałową i derywacją rurociągową, przepływowo. Elementy konstrukcyjne elektrowni. Obliczenia optymalnego wydatku i mocy dla zadanej konfiguracji elektrowni z rurociągiem ciśnieniowym. Obliczenia geometrii turbiny Kaplana. Ocena zagrożenia uderzeniem hydraulicznym w rurociągu ciśnieniowym. Obliczenia optymalnego wydatku i mocy dla zadanej konfiguracji elektrowni z rurociągiem ciśnieniowym. Ocena zagrożenia uderzeniem hydraulicznym. Prognozowanie powstawania kawitacji na profilu łopaty turbiny Kaplana • Wpływ ustawienia powierzchni płaskiej na moc absorbowanego promieniowania słonecznego • Wyznaczanie charakterystyki cieczowego kolektora niskotemperaturowego • Zależność współczynnika efektywności oraz sprawności pracy pompy ciepła od parametrów dolnego i górnego źródła ciepła. • Charakterystyka elektryczna ogniwa fotowoltaicznego. • Wpływ temperatury pracy ogniwa na sprawność konwersji fotowoltaicznej 	
Ogniwa paliwowe	K_W07, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03

<ul style="list-style-type: none"> • Zasada działania ogniw paliwowych, historia i współczesność. Rodzaje ogniw paliwowych • Typy ogniw paliwowych • Reakcje elektrodowe w ogniwach paliwowych. • Budowa i zasada działania stałotlenkowych ogniw paliwowych. • Mechanizm transportu defektów jonowych i elektronowych w elektrolicie stałym. • Materiały anodowe i katodowe w stałotlenkowych ogniwach paliwowych. • Interkonektory metaliczne i wymagania stawiane materiałom na interkonektory. Zastosowanie stałotlenkowych ogniw paliwowych we współczesnym przemyśle (energetyka, motoryzacja, lotnictwo, militaria itp.). • Badanie właściwości fizykochemicznych elektrolitu stałego • Termodynamika ogniwa paliwowego. • Zastosowania innych niż stałotlenkowe ogniw paliwowych. • Katalizatory reakcji elektrodowych w ogniwach paliwowych. 	
Optymalizacja systemów technologicznych	K_W06, K_U03, K_U04, K_U05, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowe pojęcia z zakresu optymalizacji matematycznej • Metody optymalizacji matematycznej, ich zastosowanie oraz wady i zalety • Kryteria optymalności • Struktura modeli procesów technologii chemicznej • Modele systemów technologicznych - budowa oraz sposoby rozwiązania 	
Podstawy gospodarki wodorowej	K_W01, K_W08, K_U02, K_U08, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> • Strategiczne cele gospodarki wodorowej Unii Europejskiej • Podstawowe, wprowadzające informacje dotyczące bezpieczeństwa, wytwarzania, transportu, magazynowania oraz wykorzystania wodoru. • Własności fizyczne i termodynamiczne wodoru w aspekcie efektywności magazynowania i transportu wodoru. (SW) • Perspektywy rozwoju niskoemisyjnych systemów wytwarzania wodoru: OZE, energetyka jądrowa - HTR, systemy kogeneracyjne) SW 	
Praca dyplomowa	K_U01, K_U02, K_U04, K_U07, K_U08, K_U10, K_U11, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Gromadzenie i analiza literatury przedmiotowej związanej z tematem pracy. Opracowanie koncepcji i sposobu rozwiązania problemu badawczego postawionego w temacie pracy dyplomowej a także opracowanie planu realizacji pracy. Rozwiązanie problemu badawczego postawionego w temacie pracy dyplomowej. Opracowanie uzyskanych wyników rozwiązania i ich krytyczna analiza. Opracowanie wniosków końcowych. • Przygotowanie pracy dyplomowej • Obrona pracy dyplomowej 	
Procesy separacji i oczyszczania wodoru	K_W04, K_W07, K_U01, K_U02, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Zaawansowane operacje jednostkowe służące do separacji i/lub oczyszczania mieszanin gazowych (ze szczególnym uwzględnieniem wodoru). Procesy absorpcyjne, adsorpcyjne, membranowe, itp. Opis termodynamiczny procesów, zasady projektowania, aparatura. Treść ćwiczeń oraz laboratoriów związana z tematyką wykładów. 	
Produkcja wodoru z surowców kopalnych i odnawialnych	K_W01, K_W02, K_W07, K_U03, K_U04, K_U05, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Surowce do produkcji wodoru. • Wytwarzanie wodoru z surowców kopalnych – stałych, ciekłych, gazowych - wiadomości wstępne. • Zgazowanie węgla w ruchomym złożu fluidalnym i w złożu pyłowym. Rozwój metod zgazowania węgla. • Zgazowanie pozostałości z przeróbki ropy naftowej. Wodór z reformingu katalitycznego benzyn. • Reforming autotermiczny, parowy i kombinowany gazu ziemnego. Półspalanie gazu ziemnego. • Biomasa jako źródło wodoru - przygotowanie biomasy do procesów wytwarzania wodoru. Fermentacja metanowa, Przygotowanie układów katalitycznych stosowanych w procesach wytwarzania wodoru. 	
Seminarium dyplomowe	K_W07, K_U02, K_U03, K_U04, K_U07, K_U08, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Różnice między realizacją pracy inżynierskiej i magisterskiej. Przypomnienie zasad pisania pracy dyplomowej i przygotowania prezentacji multimedialnej. Cykliczne spotkania ze studentami w celu przedstawiania wyników swoich badań i dyskusja z udziałem studentów i moderatora po prezentacji wyników. 	
Symulacja i projektowanie systemów przesyłu i dystrybucji wodoru	K_W04, K_W05, K_W07, K_U01, K_U03, K_U06, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Właściwości termodynamiczne wodoru i jego mieszanin z węglowodorami, równania stanu dla wodoru, przemiany termodynamiczne wodoru efekt Joule'a-Thomsona. • Sprężanie i rozprężanie wodoru i jego zatłaczanie w transporcie rurociągowym na duże odległości, do dużych zbiorników magazynujących, do kavern solnych, przy ładowaniu do rurociągów gazu ziemnego, przy ładowaniu stacji tankowania. Modelowanie sprężania i rozprężania wodoru i jego mieszanin. Koszty eksploatacyjne sprężania wodoru. • Obliczanie optymalnej średnicy rurociągu i spadków ciśnienia w transporcie rurociągowym, optymalne rozmieszczenie tłoczni gazu. • Termodynamiczne i przepływowe aspekty ładowania i wyładowywania zbiorników wodoru. Dynamika ładowania i rozładowywania zbiorników wodoru. Modelowanie dynamiki napełniania o opróżniania magazynów wodoru. • Przegląd i zasady doboru sprężarek oraz armatury pomocniczej i pomiarowej stosowanych w sieciach i instalacjach wodorowych. • Aspekty bezpieczeństwa związane z uwalnianiem się wodoru w pomieszczeniach zamkniętych i w przestrzeni otwartej. • Instalacje skraplania wodoru. 	
Symulacja procesów spalania wodoru	K_W09, K_U03, K_U05, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Kinetyka reakcji spalania wodoru i innych paliw gazowych. Szczegółowe mechanizmy reakcji spalania. • Mechanizmy spalania: spalanie kinetyczne, dyfuzyjne • Modelowanie przepływów turbulentnych i wymiany ciepła przez promieniowanie • Modelowanie CFD reakcji spalania w programie Ansys Fluent. Modelowanie procesów spalania w programach Chemkin/Aspen Plus. 	
Systemy wodorowych ogniw paliwowych w transporcie	K_W01, K_W08, K_W09, K_U07, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Podstawy fizyczne i termodynamika elektrochemicznej konwersji energii i ogniw paliwowych. Kinetyka reakcji ogniwa paliwowego i transport ładunku. Charakterystyka pracy i sprawności ogniw paliwowych oraz czynniki na nie wpływające. Modelowanie ogniw paliwowych, krzywe polaryzacji i techniki pomiaru ogniw paliwowych. Wodór jako paliwo i jego charakterystyka, przechowywanie i użytkowanie oraz aspekty bezpieczeństwa. Systemy i zastosowania ogniw paliwowych w transporcie. • Pomiar charakterystyk pracy ogniw paliwowych wodorowych oraz zespołów napędowych wykorzystujących wodorowe ogniwa paliwowe. 	
Technologie wodorowe w ogrzewnictwie i ciepłownictwie	K_W01, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U06, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wprowadzenie do technologii wodorowych w systemach grzewczych i ciepłowniczych • Celowość centralizacji zaopatrzenia w ciepło z zastosowaniem technologii wodorowych. Systemy centralnego zaopatrzenia w ciepło. • Obliczenia wartości projektowego obciążenia cieplnego dla dzielnic, osiedla lub miasta, pod kątem zastosowania technologii wodorowych w procesie produkcji ciepła • Ogólna charakterystyka scenariuszy zastosowania oraz zwiększenia roli wodoru w gospodarce. • Koncepcja wybranego systemu ciepłowniczego w oparciu o wykorzystanie technologii wodorowych. 	
Technologie wodorowe w przemyśle	K_W01, K_W08, K_W09, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Terminologia i systematyka procesów wodorowych. • Podstawy teoretyczne procesów wodorowych. • Rola wodoru w procesach rafineryjnych i petrochemicznych. Procesy hydrotorafinacji produktów naftowych, hydrokrakowania olejów, hydrodealkilowania węglowodorów alkiloaromatycznych. • Procesy uwodornienia związków nienasyconych, aromatycznych oraz innych związków organicznych w celu wytworzenia wielkotonażowych produktów. • Reakcje uwodornienia w produkcji specjalistycznych chemikaliów. • Chemiczne metody magazynowania wodoru. • Generowanie wodoru in situ. Wodór w chromatografii gazowej, 	
Uwarunkowania prawne i regulacyjne gospodarki wodorowej	K_W10, K_U09, K_K01, K_K04

<ul style="list-style-type: none"> • Uwarunkowania prawne polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej • Uwarunkowania prawne gospodarki wodorowej Unii Europejskiej • Bariery rozwoju gospodarki wodorowej • Wspólny rynek wodorowy - uwarunkowania regulacyjne • Wspólny rynek wodoru UE - współpraca czy rywalizacja geoeconomiczna • Uwarunkowania prawne polskiej gospodarki wodorowej • Instrumenty regulacyjne polskiej gospodarki wodorowej 	
Woda do celów energetyki wodorowej	K_W01, K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowy zaopatrzenia w wodę. Ujęcia wody. Sieć wodociągowa i pompownie. Bilans zużycia wody. Pozwolenia wodnoprawne. Dywersyfikacja zasobów wody. Możliwości rozbudowy istniejących systemów zaopatrzenia w wodę o instalację do produkcji wodoru. • Obliczenia zapotrzebowania na wodę. Bilans zużycia wody. Obliczenia wskaźników dywersyfikacji zasobów wody. • Charakterystyka procesów jednostkowych w układach technologicznych stacji uzdatniania wody do celów energetyki wodorowej. Klasyfikacja elementów i urządzeń stacji. Analiza układów technologicznych stacji uzdatniania wody. • Jonitowa demineralizacja wody. Membranowa demineralizacja wody. Analiza pracy stacji dwustopniowej demineralizacji wody wodociągowej. 	
Wodorowe zespoły napędowe w transporcie	K_W07, K_W08, K_W09, K_U04, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • System transportowy - charakterystyka, uwarunkowania, oddziaływanie środowiskowe, perspektywy rozwoju • Zespołu napędowe i paliwa stosowane w transporcie • Wodór jako paliwo przyszłości • Wodorowe zespoły napędowe w transporcie • Silniki bezpośrednio spalające wodór • Silniki wodorowe w transporcie lotniczym • Silniki wodorowe w transporcie samochodowym • Silniki wodorowe w innych gałęziach transportu • Technologie i materiały stosowane w silnikach wodorowych • Oddziaływanie środowiskowe wodorowych zespołów napędowych • Charakterystyki silników zasilanych wodorem • Analiza procesów fizycznych w silnikach zsilanych wodorem 	
Zarządzanie jakością i produktami chemicznymi	K_W10, K_W11, K_U09, K_K01, K_K04
<ul style="list-style-type: none"> • Poziom jakości, elementy i modele systemów jakości. • Działania techniczne, organizacyjne, ekonomiczne i motywacyjne w procesie produkcyjnym w zakresie jakości. • Jakość w zarządzaniu produkcją. • Odpowiedzialność producenta za pełny cykl życia produktu. • Regulacje prawne w zakresie zarządzania chemikaliami (karta bezpieczeństwa substancji, recykling, utylizacja chemikaliów) - programy realizowane przez przemysł chemiczny w tym zakresie. • Zasady bezpieczeństwa w zakresie transportu i przechowywania chemikaliów. 	
Elektrochemiczne metody zabezpieczeń antykorozyjnych	K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Ogólne wiadomości o strukturze metali i stopów. Struktura polikrystaliczna i granica ziarn. Żelazo, stале węglowe i stopowe. Wykres fazowy układu żelazo-węgiel. Stal uspokojona i nieuspokojona. Tworzenie się austenitu w stalach węglowych i przemiany austenitu w procesie oziębiania. Obróbka cieplna i hartowanie stali. Stale stopowe (nierdzewne). Struktura i właściwości wybranych metali stosowanych w technice (Al, Cu, Ni, Ti, Cr, Mo). • Korozja elektrochemiczna. Granica faz metal-roztwór. Istota i pochodzenie potencjału elektrodowego. Układ potencjałów standardowych. Pozostałe nietermodynamiczne systemy potencjałów elektrodowych. Reakcje przeniesienia ładunku i pary redoks jako źródło niestabilności metali. Obszary generujące elektrony (anodowe) i pobierające elektrony (katodowe) w procesach korozji. Wykresy Evansa. Krzywe polaryzacyjne jako przykład zależności prąd-potencjał. Parametry kinetyczne określające szybkość korozji. Korozja z depolaryzacją tlenową, redukcja tlenu. Korozja z depolaryzacją wodorową, Parametry wpływające na szybkość korozji. Mechanizmy redukcji jonów wodorowych. Kruchość wodorowa stali. Wewnętrzne i zewnętrzne czynniki mające wpływ na szybkość korozji. Czynniki niestabilności powierzchni metali. Stan powierzchni, struktura metalu, ogniwa krótko zwarte i heteroogniwa w metalach i stopach. Katodowe i anodowe powłoki metalowe na metalach jako źródło par galwanicznych. Wizualizacja typowych postaci korozji. Wypieranie metali (powlekanie przez zanurzenie). • Termodynamiczna stabilność metali. Zależności potencjał-pH i wykresy Pourbaix. Linie wydzielenia wodoru i tlenu. Wykresy potencjał-pH dla metali i układów ważnych technologicznie. Ogniwa paliwowe wodorowo-tlenowe. Korozja naprężeniowa, zmęczeniowa i pękanie korozyjne. Korozja międzykrystaliczna. • Wysokotemperaturowa i gazowa korozja metali i stopów. Termodynamika procesu. Warstwy tlenków i ich właściwości. Wpływ temperatury i atmosfery gazowej na kinetykę procesu korozji. Wpływ temperatury i składu atmosfery na kinetykę tworzenia warstw tlenkowych. Dyfuzja warstw tlenkowych. Zależność Pillinga - Bedforda. Właściwości mechaniczne i odporność stali na korozję w wysokiej temperaturze. Ochrona przed korozją w fazie gazowej. Stopy żaroodporne i powłoki na metalach. • Metody ochrony przed korozją. Pokrycia metaliczne: Zn, Ni, Cr, Al, Sn i inne. Pokrycia nieorganiczne: powłoki konwersyjne: chromianowe, fosforanowe, tlenkowe. Obróbka anodowa metali. Inhibitory i pasywatory. Podstawy i zastosowanie katodowej i anodowej ochrony metali. Protektory metaliczne (roztwarzalne anody), teoria i zastosowanie. Testy korozyjne. Testy laboratoryjne. Testy polowe i serwisowe. • Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna w badaniach korozyjnych. 	
Modelowanie infrastruktury przesyłowej i instalacji wodorowych	K_W05, K_W07, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Wprowadzenie do technologii BIM. Przygotowanie przestrzennego modelu obiektu budowlanego. Podstawy modelowania instalacji . Wykonanie projektu instalacji, analiza kolizji, zestawienia materiałów, wymiarowanie elementów. • Wprowadzenie do technologii CIM. Przygotowanie przestrzennego modelu terenu. Podstawy modelowania sieci przesyłowych. Wykonanie projektu sieci przesyłowej, analiza kolizji, zestawienia materiałów, wymiarowanie elementów. • Technologia BIM - Podstawy, BIM - wymiana informacji, • Technologia CIM - Podstawy, BIM - wymiana informacji, Modelowanie informacji w eksploatacji instalacji i systemów przesyłowych • Projektowanie instalacji i systemów przesyłowych z wykorzystaniem wybranych narzędzi softwarowych 	
Specjalistyczne materiały kompozytowe w technologiach wodorowych	K_W07, K_U01, K_U04, K_U07, K_U08, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Definicja kompozytów, kompozyty konstrukcyjne i funkcjonalne stosowane w technologiach wodorowych. Polimery stosowane jako osnowa w kompozytach polimerowych. Rodzaje i charakterystyka włókien stosowanych do wzmocnienia w kompozytach. Kompozyty polimerowe: włókniste, proszkowe, warstwowe i hybrydowe, wybrane metody wytwarzania kompozytów polimerowych w skali jednostkowej i wielkoseryjnej. Zasady projektowania materiałów kompozytowych stosowanych w technologiach wodorowych. • 1. Otrzymywanie kompozytów hybrydowych wzmocnionych wytypowanymi tkaninami (szklanymi, węglowymi i aramidowymi) na osnowie żywicy chemoutwardzalnej. 2. Modyfikacja hybrydowych kompozytów na osnowie polimerów termoplastycznych pod kątem poprawy właściwości barierowych. 3. Charakterystyka właściwości funkcjonalnych otrzymanych kompozytów pod stosowania w technologiach wodorowych. 	
Technologie budowy, monitoringu i rehabilitacji sieci przesyłowych	K_W05, K_W07, K_U03, K_U06, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Bezwykopowe metody budowy infrastruktury sieciowej. Przeciskanie i wbijanie udarowe. Horyzontalne przewierty sterowane. Mikrotuneling. Analiza ekonomiczna metod wykopowej i bezwykopowej budowy sieci. Technologie bezwykopowej renowacji infrastruktury sieciowej. Wkłady wślizgiwane (sliplining, rura w rurę). Wkłady ściśle pasowane. Renowacja natryskiem. Metody utwardzonego rękawa (CIPP). Inspekcje telewizyjne infrastruktury sieciowej. Inspekcje rurociągów tłokami inteligentnymi. Układanie nowych rurociągów i kabli w gruncie metodą płużenia. • Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe rurociągów z rur podatnych. Obliczenia bloków oporowych rurociągów ciśnieniowych. Relining. Horyzontalne przewierty sterowane. 	
Technologie zabezpieczeń antykorozyjnych instalacji wodorowych	K_W06, K_W07, K_U04, K_U05, K_U07, K_U11, K_K02, K_K03
<ul style="list-style-type: none"> • Definicja i rodzaje korozji, korozja chemiczna, elektrochemiczna. Podstawowe metody ochrony przed korozją. Metody oczyszczania i zabezpieczania podkładowego powierzchni instalacji, powłoki konwersyjne i pasywacyjne. • Specyfika problemów korozyjnych instalacji wodorowych, nadzór nad pracami antykorozyjnymi, warunki prowadzenia prac antykorozyjnych, normy i przepisy dotyczące zabezpieczeń antykorozyjnych. • Materiały powłokotwórcze wykorzystywane w technologiach zabezpieczeń antykorozyjnych. Klasy korozyjności środowiska. Projektowanie systemów zabezpieczeń antykorozyjnych. • Metody badań 	

procesów korozji. Metody oceny jakości materiałów powłokotwórczych i skuteczności zabezpieczeń antykorozyjnych. • Procesy starzenia się zabezpieczeń antykorozyjnych i metody zapobiegania tym procesom. • 1. Wytwarzanie zabezpieczeń antykorozyjnych konwersyjnych i podkładowych 2. Otrzymywanie materiałów powłokotwórczych nawierzchniowych 3. Badania jakości zabezpieczeń antykorozyjnych

Wysokotemperaturowe materiały polimerowe w technologiach wodorowych	K_W07, K_U01, K_U04, K_U07, K_U08, K_U11, K_K02, K_K03
---	--

• Polimery arylenowe, poliamidy aromatyczne, polimery ciekłokrystaliczne, polimery heterocykliczne, polimery epoksydowe, polimery fluorowe, polimery krzemooorganiczne. Metody modyfikacji materiałów polimerowych pod kątem zastosowania w technologiach hybrydowych. Technologie otrzymywania elementów instalacji wodorowych z wykorzystaniem wysokotemperaturowych polimerów. • 1. Optymalizacja parametrów wtrysku wysokotemperaturowych tworzyw polimerowych stosowanych w technologiach wodorowych. 2. Analiza właściwości użytkowych materiałów polimerowych pod kątem zastosowania w instalacjach wodorowych. 3. Modyfikacja materiałów polimerowych pod kątem poprawy właściwości barierowych.

Zarządzanie ekoinnowacjami	K_W10, K_U09, K_K01
----------------------------	---------------------

• Istota i rodzaje innowacji. Źródła innowacji, innowacyjność. • Procesy innowacyjne i modele innowacyjne. • Determinanty rozwoju ekoinnowacji w przedsiębiorstwach. Źródła i metody finansowania innowacji. Ekonomiczne uwarunkowania działalności innowacyjnej. Dyfuzja innowacji. Współpraca przedsiębiorstw oraz innych organizacji w rozprzestrzeleniu się innowacji. • Innowacyjność polskich przedsiębiorstw na tle Europy i świata. Polityka ekoinnowacyjna w wybranych krajach Unii Europejskiej. Modele polityki innowacyjnej w Unii Europejskiej. Doświadczenia w budowaniu regionalnych strategii innowacji. Wskaźniki innowacyjności. • Foresight jako metoda wyboru innowacyjnych technologii. Klastry jako organizacyjny i ekonomiczny stymulator innowacyjności. Ochrona własności intelektualnej i przemysłowej. • Opracowanie projektu wybranego systemu innowacyjnego (dla państwa, regionu lub przedsiębiorstwa) • Prezentacja i modyfikacja projektów

Zarządzanie projektami wodorowymi	K_W10, K_U09, K_K01
-----------------------------------	---------------------

• Wprowadzenie do zarządzania projektami wodorowymi • Model fazowy projektu wodorowego • Techniki inicjowania projektów wodorowych • Techniki planowania projektów wodorowych • Techniki controllingu i kontroli projektów wodorowych • Kształtowanie organizacji projektowej