

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: II

Specjalności: Energetyka niekonwencjonalna

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Wykorzystanie wodoru w energetyce         |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Hydrogen in Power Engineering Application |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE EN oIIS C10 23/24                   |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe                     |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                                      |
| SEMESTRY                                | 1                                         |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 1       | 15     | 0         | 0           | 0                               | 15      | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie się z podstawowymi informacjami na temat wodoru jako magazynu energii oraz paliwa w energetyce.

**Cel 2** Zdobywanie wiedzy o sposobach wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych oraz z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.

**Cel 3** Zdobyć wiedzę na temat materiałów, metod i sposobów magazynowania wodoru.

**Cel 4** Zdobyć wiedzę w dziedzinie technologii wodorowych oraz wykorzystania go w energetyce.

#### 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Wiedza z zakresu podstaw termodynamiki.

2 Wiedza z zakresu podstaw fizyki, chemii oraz technologii wytwarzania energii elektrycznej (w tym z OZE).

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Posiada podstawową wiedzę na temat wodoru i wykorzystania go w energetyce.

**EK2 Wiedza** Posiada wiedzę na temat sposobów wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych.

**EK3 Wiedza** Posiada wiedzę wskazania możliwości i ograniczeń różnych metod otrzymywania i magazynowania wodoru.

**EK4 Wiedza** Posiada wiedzę wskazania możliwości i ograniczeń różnych metod wykorzystania wodoru.

**EK5 Umiejętności** Posiada umiejętność sporządzania bilansów masy i energii dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru na potrzeby energetyki.

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                           |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                    | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Właściwości fizyczne i chemiczne wodoru. Znaczenie wodoru w środowisku i przemyśle.                                                                                       | 3                |
| <b>W2</b> | Wytwarzanie wodoru z paliw węglowodorowych: reforming parowy gazu ziemnego, zgazowanie węgla, zgazowanie biomasy i surowców wtórnych, reforming metanu, elektroliza wody. | 3                |
| <b>W3</b> | Charakterystyka metod magazynowania wodoru.                                                                                                                               | 3                |
| <b>W4</b> | Metody konwencjonalne magazynowania wodoru: zbiorniki na ciekły wodór, zbiorniki na wodór gazowy - wymagania stawiane zbiornikom na wodór.                                | 3                |
| <b>W5</b> | Energetyczne wykorzystanie wodoru: ogniwa paliwowe, silniki na wodór, spalanie wodoru w turbinach gazowych. Transport wodoru.                                             | 3                |

| PROJEKT   |                                                                   |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH            | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Projekt instalacji do produkcji i wykorzystania zielonego wodoru. | 15               |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia projektowe

N3 Prezentacje multimedialne

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 30                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 14                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 2                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 4                                                       |
| Opracowanie wyników                                                                              | 2                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 8                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>60</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 2.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Projekt indywidualny

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Szczegółowe wagi podane zostaną na pierwszych zajęciach

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi, w sposób ogólny, wymienić właściwości fizycznych i chemicznych wodoru.                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi, w sposób ogólny, wymienić właściwości fizyczne i chemiczne wodoru.                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi szczegółowo wymienić właściwości fizyczne i chemiczne wodoru oraz ogólnie przedstawić znaczenia wodoru w środowisku i przemyśle.                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi szczegółowo wymienić właściwości fizyczne i chemiczne wodoru oraz szczegółowo przedstawić znaczenia wodoru w środowisku i przemyśle.                                                                                    |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi szczegółowo wymienić właściwości fizyczne i chemiczne wodoru, szczegółowo przedstawić znaczenia wodoru w środowisku i przemyśle oraz w ogólny sposób scharakteryzować scenariusze zwiększenia roli wodoru w energetyce. |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi szczegółowo wymienić właściwości fizyczne i chemiczne wodoru, szczegółowo przedstawić znaczenia wodoru w środowisku i przemyśle oraz w szczegółach scharakteryzować scenariusze zwiększenia roli wodoru w energetyce.   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi, w sposób ogólny, wymienić sposobów wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych.                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi, w sposób ogólny, wymienić sposobów wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych.                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi wymienić sposoby wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych i scharakteryzować szczegółowo 2 wybrane sposoby.                                                                                                           |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi wymienić sposoby wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych i scharakteryzować szczegółowo 3 wybrane sposoby.                                                                                                           |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi wymienić sposoby wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych i scharakteryzować szczegółowo 4 wybrane sposoby.                                                                                                           |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi wymienić sposoby wytwarzania wodoru z paliw węglowodorowych i scharakteryzować szczegółowo wszystkie omawiane sposoby.                                                                                                  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi wskazać, w sposób ogólny, możliwości lub ograniczeń różnych metod wytwarzania wodoru i jego magazynowania.                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi wskazać, w sposób ogólny, możliwości lub ograniczenia różnych metod wytwarzania wodoru i jego magazynowania.                                                                                                            |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości lub ograniczenia wybranej metody wytwarzania wodoru lub jego magazynowania.                                                                                                     |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia wybranej metody wytwarzania wodoru i jego magazynowania.                                                                                                         |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia wszystkich omawianych metod wytwarzania wodoru i jego magazynowania.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia wszystkich omawianych metod wytwarzania wodoru i jego magazynowania oraz omówić wymagania stawiane zbiornikom na wodór.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi wskazać, w sposób ogólny, możliwości lub ograniczeń różnych metod wykorzystania wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi wskazać, w sposób ogólny, możliwości lub ograniczenia różnych metod wykorzystania wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości lub ograniczenia wybranej metody wykorzystania wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia 2 wybranych metod wykorzystania wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia wszystkich omawianych metod wykorzystania wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 5.0        | Student potrafi szczegółowo scharakteryzować możliwości i ograniczenia wszystkich omawianych metod wykorzystania wodoru oraz omówić transport wodoru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie potrafi, z pomocą nauczyciela, sporządzić ogólnego bilansu ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Nie potrafi nazwać poszczególnych części układu i hasłowo opisać ich funkcji. Student nie potrafi, z pomocą nauczyciela, opisać podstawowych założeń dla projektu.                                                                                                                                              |
| NA OCENĘ 3.0        | Student potrafi, z pomocą nauczyciela, sporządzić ogólny bilans ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Potrafi nazwać poszczególne części układu i hasłowo opisać ich funkcje. Student potrafi, z pomocą nauczyciela, opisać podstawowe założenia dla projektu.                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 3.5        | Student potrafi, z pomocą nauczyciela, sporządzić ogólny bilans ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Potrafi nazwać poszczególne części układu i ogólnie opisać ich funkcje. Student potrafi, z pomocą nauczyciela, opisać podstawowe założenia dla projektu.                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.0        | Student potrafi samodzielnie sporządzić ogólny bilans ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Potrafi nazwać poszczególne części układu i opisać ich funkcje w instalacji. Student potrafi, opisać podstawowe założenia dla projektu.                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 4.5        | Student potrafi samodzielnie sporządzić ogólny bilans ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Potrafi nazwać poszczególne części układu i opisać ich funkcje w instalacji. Student potrafi, opisać podstawowe założenia dla projektu, opisać warunki brzegowe dla obliczeń. Student potrafi, z pomocą nauczyciela, przeprowadzić analizę podstawowych parametrów pracy układu oraz prześledzić wpływ ich zmiany na jego prace. |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 5.0 | Student potrafi samodzielnie sporządzić ogólny bilans ciepła i masy dla instalacji produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Potrafi nazwać poszczególne części układu i opisać ich funkcje w instalacji. Student potrafi, opisać podstawowe założenia dla projektu, opisać warunki brzegowe dla obliczeń. Student potrafi samodzielnie przeprowadzić analizę podstawowych parametrów pracy układu, oraz prześledzić wpływ ich zmiany na jego prace. |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU      | TREŚCI PROGRAMOWE    | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K2_W02<br>K2_W10                                                               | Cel 1                | W1 W5                | N1 N3                 | F1 P1         |
| EK2               | K2_W02<br>K2_W10                                                               | Cel 2 Cel 3          | W2                   | N1 N3                 | F1 P1         |
| EK3               | K2_W02<br>K2_W10                                                               | Cel 2 Cel 3          | W2 W3 W4             | N1 N3                 | F1 P1         |
| EK4               | K2_W02<br>K2_W10                                                               | Cel 1 Cel 2<br>Cel 3 | W1 W5                | N1 N3                 | F1 P1         |
| EK5               | K2_U08<br>K2_U20<br>K2_U21<br>K2_U24                                           | Cel 4                | W1 W2 W3 W4<br>W5 P1 | N1 N2                 | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Chmielniak T., Chmielniak T. — *Energetyka wodorowa*, Warszawa, 2020, PWN
- [2] | Surygała J. — *Wodór jako paliwo*, Warszawa, 2008, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Zhang JZ. et al. — *Hydrogen generation, storage, and utilization*, Hoboken, 2014, Wiley/Science Wise Publishing
- [2] | Sankir M. et al. — *Hydrogen production technologies*, Hoboken, 2017, Wiley/Science Wise Publishing

[3 ] Sushant K. — *Clean hydrogen production methods*, Cham, 2015, Springer

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Ewa Kozak-Jagiela (kontakt: ewa.kozak@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr inż. Ewa Kozak-Jagiela (kontakt: ewa.kozak@pk.edu.pl)

2 dr inż. Piotr Cisek (kontakt: piotr.cisek@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....