



**Łukasiewicz**  
Instytut Elektrotechniki



**Kompetencje**  
w obszarze

**TECHNOLOGII WODOROWYCH**

Centrum Badawcze Technologii Wodorowych  
Łukasiewicz Instytut Elektrotechniki



## **SŁOWO WSTĘPU**

Łukasiewicz – IEL jest wiodącą w kraju placówką naukowo-badawczą zajmującą się problematyką w dziedzinie Elektrotechniki. Działalność Instytutu jest ukierunkowana na rozwój technologii, realizację projektów badawczo-rozwojowych oraz praktyczne zastosowania wyników badań. Prowadzone badania naukowe i prace rozwojowe dotyczą sys-

temów przetwarzania energii elektrycznej, infrastruktury oraz wyposażenia stosowanego w transporcie, aparatury oraz systemów pomiarowych w elektroenergetyce, wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz infrastruktury wodorowej w świetle bezpieczeństwa energetycznego kraju, jak również inżynierii materiałowej i recyklingu.

## SPIS TREŚCI

---

CENTRUM BADAWCZE TECHNOLOGII WODOROWYCH	04
STANOWISKO BADAWCZE BADAŃ ELEKTROCHEMICZNYCH	06
STANOWISKO BADAWCZE CHARAKTERYZACJI FIZYKO-CHEMICZNEJ I SKŁADU FAZOWEGO	08
STANOWISKO BADAWCZE BADAŃ TEMPERATUROWYCH	10
STANOWISKO BADAWCZE WYTWARZANIA I CHARAKTERYZACJI KATALIZATORÓW	12
SZKOLENIA Z TECHNOLOGII WODOROWYCH	14
PORTFOLIO WYBRANYCH PROJEKTÓW	15
KONTAKT	16

CTW

# CENTRUM BADAWCZE TECHNOLOGII WODOROWYCH

**Centrum Badawcze Technologii Wodorowych (CTW)** utworzone w 2023 roku prowadzi prace badawczo-rozwojowe w Grupie Badawczej Pozyskiwania i Przetwarzania Wodoru, Grupie Badawczej Technologii Magazynowania Wodoru oraz w Laboratorium Badawczym Technologii Wodorowych i Katalizy.

Rozwój infrastruktury Centrum jest dofinansowany z subwencji inwestycyjnej Ministerstwa Edukacji i Nauki. Celem inwestycji jest budowa obiektu laboratoryjnego wraz z infrastrukturą badaw-

czą, laboratoryjną i demonstracyjną, które będą stanowić zaplecze badawczo-rozwojowe dla Centrum Kompetencji – Technologie Wodorowe.

Docelowo wybudowana zostanie w pełni funkcjonalna instalacja do produkcji, magazynowania i wykorzystania zielonego wodoru wraz z zapleczem badawczo-rozwojowym, zasila-  
nym z odnawialnych źródeł energii.

Część wyposażenia laboratorium została sfinansowana z środków Krajowego Planu Odbudowy.

GRUPA BADAWCZA

## TECHNOLOGII MAGAZYNOWANIA WODORU

Tematyka badawcza Grupy koncentruje się na technologiach magazynowania wodoru oraz jego mieszanek w zbiornikach stacjonarnych i mobilnych, w formie gazowej oraz ciekłej. W obszarze eksperckim GMW znajdują się: projektowanie, technologia wykonania oraz dobór materiałów na kompozytowe zbiorniki ciśnieniowe oraz skuteczna izolacja termiczna zbiorni-

ków na wodór ciekły. Zakres działalności grupy obejmuje także systemy kompresji wodoru do zastosowania w stacjach tankowania pojazdów wodorowych, a także w rozproszonych systemach wytwarzania wodoru i magazynowania energii. Grupa rozwija tematykę badawczą w zakresie technologii katalitycznej konwersji biogazu (Power-to-gas).

GRUPA BADAWCZA

# POZYSKIWANIA I PRZETWARZANIA WODORU

Grupa prowadzi prace badawcze na pograniczu elektrochemii i inżynierii materiałowej w zakresie produkcji wodoru, szczególnie opartej o alkaliczną elektrolizę wody oraz elektrolizę typu PEM. Szczególnym obszarem zainteresowania GPW są technologie wytwarzania i modyfikacji elektrod oraz aspekty

konstrukcyjne stosu elektrolizera. Celem badań jest redukcja kosztów elektrod oraz membran bazujących na odpowiednio efektywnych oraz trwałych podczas długotrwałej pracy materiałach oraz rozwiązanie innych wyzwań technologicznych związanych ze specyfiką badanych procesów.



Rzeczpospolita  
Polska

Sfinansowane przez  
Unię Europejską  
NextGenerationEU



LABORATORIUM BADAWCZE

# TECHNOLOGII WODOROWYCH I KATALIZY

Laboratorium prowadzi zaawansowane badania nad technologiami wodorowymi i katalizą, koncentrując się na syntezie, osadzaniu, charakterystyce, diagnostyce i optymalizacji materiałów, komponentów oraz systemów z branży technologii wodorowych. Badania obejmują elektrolizę wody, reforming, konwersję katalityczną, magazynowanie wodoru oraz zastosowanie wodo-

ru jako surowca w syntezach chemicznych oraz jako paliwo. Laboratorium dysponuje najnowszą aparaturą z zakresu inżynierii materiałowej, chemii analitycznej i preparatyki. Współpracuje z przemysłem i ośrodkami naukowymi, wspierając rozwój innowacyjnych, zrównoważonych technologii energetycznych poprzez badania w skali laboratoryjnej jak i półprzemysłowej.



## STANOWISKO BADAWCZE

# BADAŃ ELEKTROCHEMICZNYCH

Prowadzimy zaawansowane badania nad procesem elektrolizy wody, oraz nowymi materiałami elektrodowymi. Nasza działalność badawcza obejmuje zagadnienia sprawności katalizatorów pod kątem reakcji HER i OER oraz monitoring degradacji stosowanych materiałów. Zajmujemy się opracowaniem alternatywnych wysokosprawnych, tanich katalizatorów, które nie zawierają metali szlachetnych i o zmniejszonej zawartości materiałów krytycznych (CRM).

Stanowisko umożliwia badania długotrwałych procesów symulujących prace alkalicznego elektrolizera AWE:

- Pojedyncza cela (single cell)
- Stos (short stack)

### Metody badawcze:

- **Woltamperometria: cykliczna (CV), liniowa (LSV)**
- **Chronoamperometria**
- **Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS)**
- **Woltamperometria hydrodynamiczna (wirująca elektroda pierścieniowo-dyskowa, R(R)DE)**



Badania elektrochemiczne dla technologii wodorowych



Stowiska do testowania **ELEKTROLIZERÓW ALKALICZNYCH**

500 W



5 kW

Laboratoryjne stanowisko **BADAŃ ELEKTROCHEMICZNYCH**

Specyfikacje techniczne	
Zakres potencjału	$\pm 8V/\pm 10V$
Zakres prądowy	10 nA do 100 mA / $\pm 30$ nA do 2A (z boosterem do 10A/50A)

**Możliwość prowadzenia testów przy wysokich obciążeniach prądowych, przekraczających możliwości standardowych potencjostatów.**



## STANOWISKO BADAWCZE

# CHARAKTERYZACJI FIZYKO-CHEMICZNEJ I SKŁADU FAZOWEGO

Nowoczesne stanowisko badawcze umożliwia kompleksową analizę właściwości materiałów, obejmującą charakteryzację fizykochemiczną, identyfikację składu fazowego oraz analizę rozkładu wielkości nanocząstek. Wykorzystuje techniki spektroskopowe, takie jak FTIR, mikroskopia Ramana i UV-VIS, a także dyfrakcję rentgenowską oraz skaningową mikroskopię elektronową z analizą EDS (SEM-EDS).

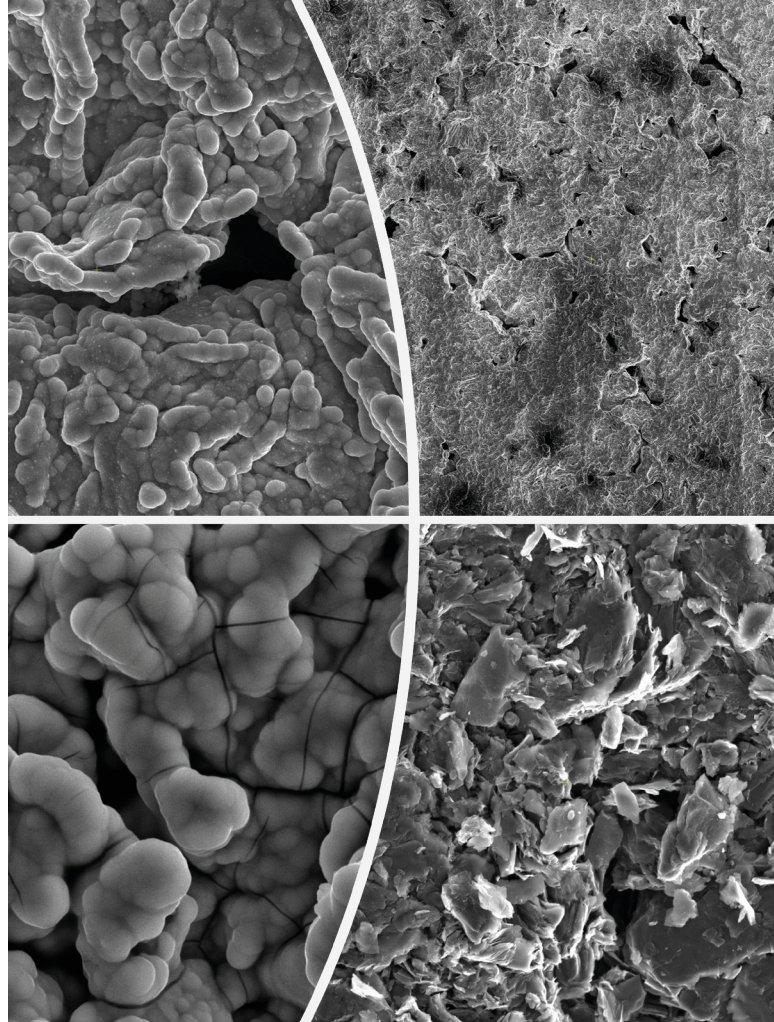
Stanowisko znajduje zastosowanie w badaniach naukowych Centrum oraz w rozwoju nowych technologii dla klientów z przemysłu.

### ***Badania metodami:***

- ***Spektroskopii w zakresie światła widzialnego i ultrafioletu (UV-VIS) – możliwość badania ciekich warstw ciał stałych***
- ***Analiza fazowa metodą dyfrakcji rentgenowskiej, XRD***
- ***Spektroskopia osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni, FTIR***
- ***Mikroskopia Ramana***
- ***Analiza rozkładu wielkości nanocząstek (Nanoparticle Tracking Analysis, NTA)***
- ***Skaningowa mikroskopia elektronowa z analizą EDS (SEM-EDS).***



# Kompleksowe badania fizyko-chemiczne materiałów



KRAJOWY  
PLAN  
ODBUDOWY



Rzeczpospolita  
Polska

Sfinansowane przez  
Unię Europejską  
NextGenerationEU



SEM-EDS	Powiększenie maksymalne: 2 000 000 x. Detektory: SE, BSE, EDS. Napięcie przyspieszające do 30 kV. Praca w trybie wysokiej i niskiej próżni (10 – 500 Pa). Badania topografii powierzchni oraz analiza składu chemicznego.
XRD	Ceramiczna lampa rentgenowska z anodą Cu, moc generatora 600W. Dokładność kąтова $\pm 0,01^\circ$ 2 Theta. Konfiguracja goniometru: Pionowy Theta / Theta.
Mikroskop Ramana	Zakres spektralny 50 - 3550 $\text{cm}^{-1}$ , laser 532 nm, obiektyw o powiększeniu 10x i 50x. Rozdzielczość przestrzenna: 1 $\mu\text{m}$ , rozdzielczość konfokalna: 2 $\mu\text{m}$ , rozdzielczość spektralna 2 $\text{cm}^{-1}$ (na piksel). Cela elektrochemiczna do pomiarów in-situ – analiza cykli ładowania – rozładowania elektrody, tworzenie map spektralnych z dużych obszarów próbek.
FTIR	Zakres spektralny: 8000-350 $\text{cm}^{-1}$ . Przystawka wysokociśnieniowa jednodobiciowa z kryształem diamentowym do pomiarów IR ciał stałych w postaci proszków, folii, miękkich wyprasek, a także do past i cieczy. Przystawka Grazing angle ATR z półsferycznym kryształem Ge do ultra cienkich warstw i filmów. Kąt padania regulowany w zakresie 60-65°. Zakres spektralny: 5000 – 650 $\text{cm}^{-1}$ .
NTA	Zakres pomiarowy rozmiarów cząstek: 10 nm – 15 $\mu\text{m}$ Zakres pomiarowy stężenia: $10^5$ – $10^9$ cząstek/mL 3 lasery: 132, 153, 178 nm, Min. ilość próbki: 350 $\mu\text{L}$ , Temperatura: 10° C do 50° C Analiza wielkości cząstek, badania kinetyki procesów
UV-VIS	Spektrofotometr dwuwiązkowy, Zakres długości fali 190-1100 nm, lampa ksenonowa, Spektralna szerokość wiązki 1 nm Pomiary transmisyjne cieczy u kuwetach o długości drogi optycznej do 10 mm, pomiary transmisyjne cienkich warstw/płytek/folii



## STANOWISKO BADAWCZE

# BADAŃ TEMPERATUROWYCH

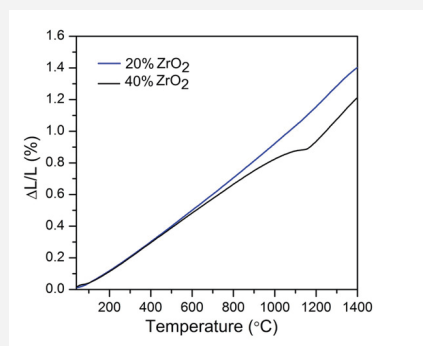
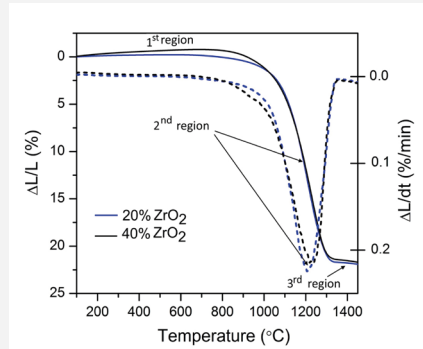
Stanowisko badawcze badań temperaturowych zajmuje się badaniem właściwości materiałów przy ekspozycji na wysoką temperaturę oraz atmosferę gazów inertnych oraz wodoru. Laboratorium dysponuje metodą jednoczesnej kalorymetrii skaningowej wraz z termogravimetrią i spektrometrem QMS (DSC-TGA-QMS, z unikalną na skalę kraju możliwością badań w atmosferze wodoru) oraz metodą dylatometrii.

- *Badania stabilności termicznej, analiza przemian fazowych: topnienia/kryształizacji, przejścia ciało stałe-ciało stałe polimorfizm, stabilność oksydacyjna.*
- *Określanie czystości substancji.*
- *Badania kinetyki reakcji, zachowanie podczas reakcji utleniania/redukcji i procesów rozkładu.*
- *Wyznaczanie właściwości fizykochemicznych próbki jak pojemność cieplna właściwa, entalpia reakcji, temperatura rozkładu, stopień zeszklenia czy utwardzania (reakcje sieciowania), stopień krystaliczności, zawartość wilgoci.*
- *Analiza zmian wymiarów materiałów pod wpływem zmiany temperatury, w tym wyznaczanie współczynnika liniowej rozszerzalności cieplnej i rozszerzalności objętościowej.*



Dedykowane stanowisko do specjalistycznych badań temperaturowych w atmosferze wodoru

## Dylatometria



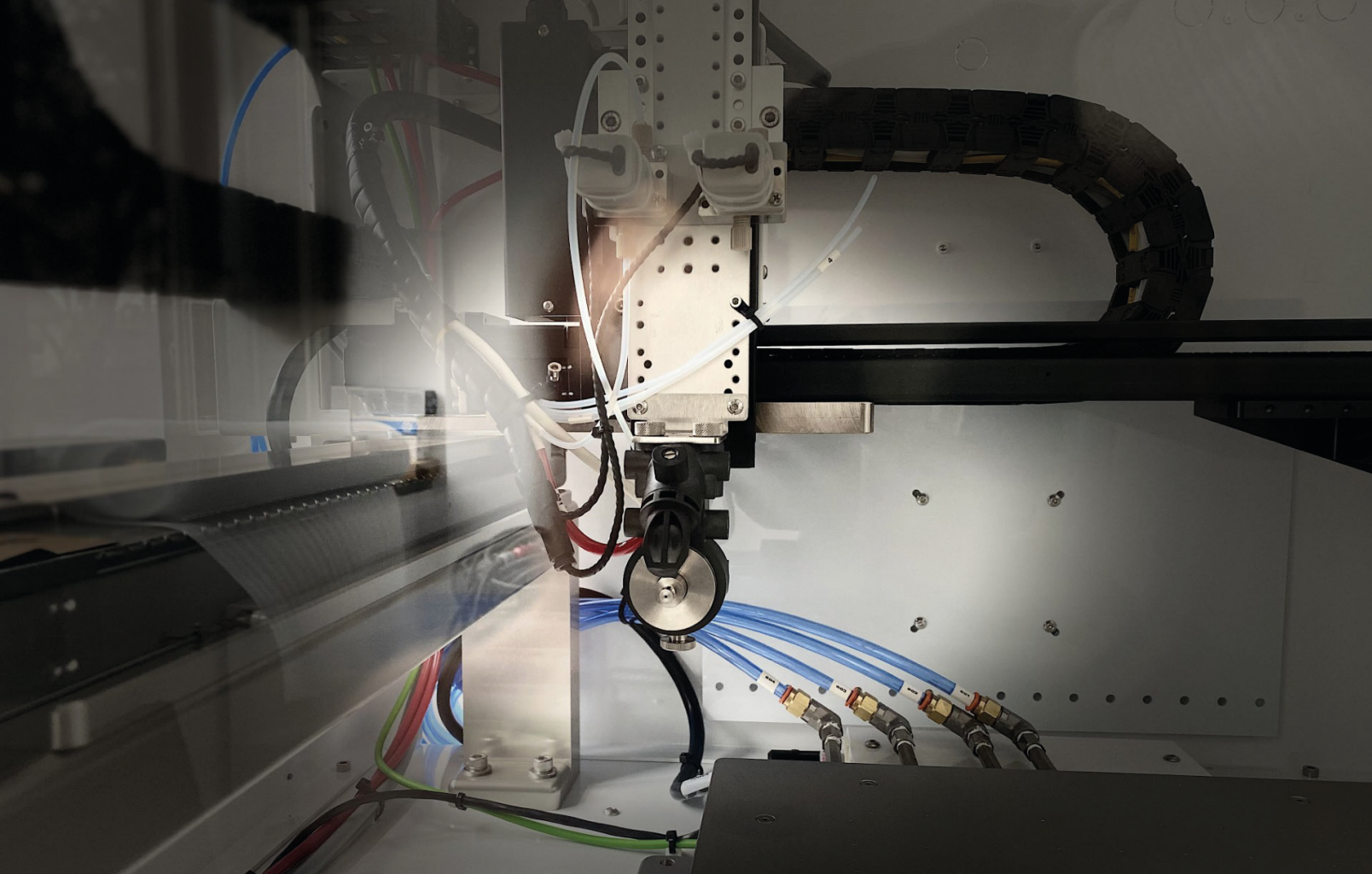
Źródło: Koltsov, I et al., Materials 2018, 11, 829.  
<https://doi.org/10.3390/ma11050829>

## Jednoczesna analiza termiczna DSC-TGA QMS

Zakres temperatur: RT do 1400°C/1000°C (H<sub>2</sub>)  
Piec SiC  
Rozdzielczość wagi: 0.1 μg  
Gazy: H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar, He  
Zakres mas: 1u - 300u

## Dylatometria DIL

Piec SiC:  
Zakres temperatur: -180°C do 500°C  
Wymiary próbki: długość do 52 mm, Ø 12 mm  
Zakres siły: 0,01N-3N w krokach 0,2 mN  
Zakres pomiarowy: ± 10000 μm - ± 25000 μm



## STANOWISKO BADAWCZE

# WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA KATALIZATORÓW

Stanowisko umożliwia syntezę, modyfikację, nakładanie oraz kompleksową ocenę katalizatorów stosowanych w procesach niskoemisyjnych. W ramach stanowiska specjaliści CTW przeprowadzają optymalizację składu, struktury i właściwości katalitycznych w celu zwiększenia efektywności procesów. Nowoczesne wyposażenie stanowiska obejmuje reaktor przepływowy z modułem charakteryzacji in-situ (TPR/TPD/TPO, pulsowa chemisorpcja), zintegrowany system analizy produktów online GC-MS, piec rurowy do procesów w atmosferze wodoru, układ poboru i dozowania próbek gazowych oraz napyłarkę ultradźwiękową, co pozwala prowadzić zarówno szczegółowe badania aktywności, stabilności oraz mechanizmów reakcji katalitycznych w warunkach rzeczywistych jak i precyzyjne osadzanie warstw katalitycznych na obiektach 2D i 3D.

- ***Powlekanie ultradźwiękowe, pow. robocza 400x400mm***
- ***Optymalizacja mieszanin i warunków osadzania***
- ***Opracowanie technologii katalitycznych***
- ***Preparatyka: piece wysokotemperaturowe, reaktory***



## Kompleksowa platforma syntezy i testowania katalizatorów



Rzeczpospolita  
Polska

Sfinansowane przez  
Unię Europejską  
NextGenerationEU



### Napylanie ultradźwiękowe

Precyzyjne powlekanie ultradźwiękowe obiektów 2D i 3D w warunkach:

- Przestrzeń robocza: 400 x 400 x 100mm
- Częstotliwość rozpylania 48 kHz i 120 kHz
- Mieszanie magnetyczne
- Temperatura płyty grzewczej 150°C

### Reaktor przepływowy z analizą GC-MS online

Zintegrowane stanowisko łączące reaktor przepływowy z modułem charakteryzacji katalizatora i analizatorem GC-MS online umożliwia prowadzenie precyzyjnie kontrolowanych reakcji katalitycznych (temperatura, ciśnienie, przepływy gazów) z bieżącą analizą składu produktów, śledzeniem zmian aktywności i stanu katalizatora oraz rejestracją pełnych profili TPR/TPD/TPO i chemisorpcji w warunkach operacyjnych.

SZKOLENIA

# TECHNOLOGIE WODOROWE

Prowadzimy wyspecjalizowane szkolenia dotyczące zagadnień: gospodarki wodorowej, produkcji i wykorzystania wodoru, a także problematyki magazynowania i dystrybucji wodoru wraz z otoczeniem prawnym implementacji technologii wodorowych w gospodarce.

Szkolenia skierowane są do specjalistów i managerów, którzy pracują z technologiami wodorowymi bądź chcą je wprowadzić w swojej organizacji, pracowników działów B+R, inżynierów, pracowników biogazowni, administracji publicznej, stowarzyszeń oraz uczelni.

## PRZYKŁADOWE TEMATY SZKOLEŃ

Nasze szkolenia składają się z 5 modułów tematycznych, a zakres przekazywanych w ramach modułów informacji może być dostosowany do potrzeb klienta.

- Wytwarzanie, dystrybucja i zastosowanie zielonego wodoru
- Elektroliza PEM, AEM i AWE bez tajemnic - różnice, ograniczenia i nowe technologie w elektrolizie wody
- Technologie magazynowania wodoru/ wodoru i biometanu
- Nowe technologie wytwarzania wodoru z biometanu
- Technologie oczyszczania i separacji CO<sub>2</sub> z biogazu
- Identyfikacja przemian zachodzących podczas ogrzewania materiałów przystosowanych do przechowywania wodoru. Wyzwania w interpretacji wyników badań
- Kataliza heterogeniczna i jej zastosowania w technologiach przetwarzania biometanu

# WYBRANE PROJEKTY

Produkcja zielonego amoniaku z wodorem 4D (decentralizacja, dekarbonizacja, derywacja i cyfryzacja)

## 4D Hydrogen

Zastosowanie rozwiązań do produkcji, magazynowania i tankowania wodoru do pojazdów szynowych na przykładzie prototypowej stacji tankowania. **RAIL4EARTH**

Optymalizacja efektywności, trwałości i kosztów elektrolizerów alkalicznych poprzez zastosowanie zaawansowanych materiałów i BoP

Opracowanie technologii produkcji kompozytowych zbiorników gazowego wodoru.

## H2Tank

Wysokosprawne elektrody do alkalicznej elektrolizy wody oparte na materiałach węglowych i metalach przejściowych.

## C-Based Electrolysis

System pomiaru i predykcji naprężeń w oplocie kompozytowym zbiornika wodoru typu III oraz zapewnienie odpowiedniego poziomu adhezji oplotu kompozytowego.

System zamykania obiegu wody w wodorowej instalacji energetycznej

## WodoWo

Optymalizacja procesu konwersji biometanu w procesie pirolizy plazmowej w asyście katalizatora

Należymy do partnerstwa **Hydrogen Europe Research**, w którym reprezentujemy europejskie środowisko naukowe zaangażowane w rozwój nowego, przemysłowego ekosystemu opartego na wodorze oraz promocję przejścia na zeroemisyjną gospodarkę o obiegu zamkniętym. W ramach międzynarodowej sieci instytucji jesteśmy zaangażowani w działania związane z międzynarodowymi projektami badawczo-rozwojowymi w ramach programu Horyzont Europa, wymianę wiedzy oraz współtworzenie strategii i standardów dla technologii wodorowych w Europie.



INNOWACJE DLA  
**ZRÓWNOWAŻONEJ  
PRZYSZŁOŚCI**

Tworzymy rozwiązania, które łączą nowoczesne technologie z odpowiedzialnością ekologiczną. Budujemy lepszy świat, krok po kroku, razem z Tobą.



**SKONTAKTUJ SIĘ**

**Adres**

---

ul. Mieczysława Pożaryskiego 28  
04-703 Warszawa, Polska

**Dział obsługi klienta**

---

tel: +48 22 11 25 225

email: [bok@iel.lukasiewicz.gov.pl](mailto:bok@iel.lukasiewicz.gov.pl)

