

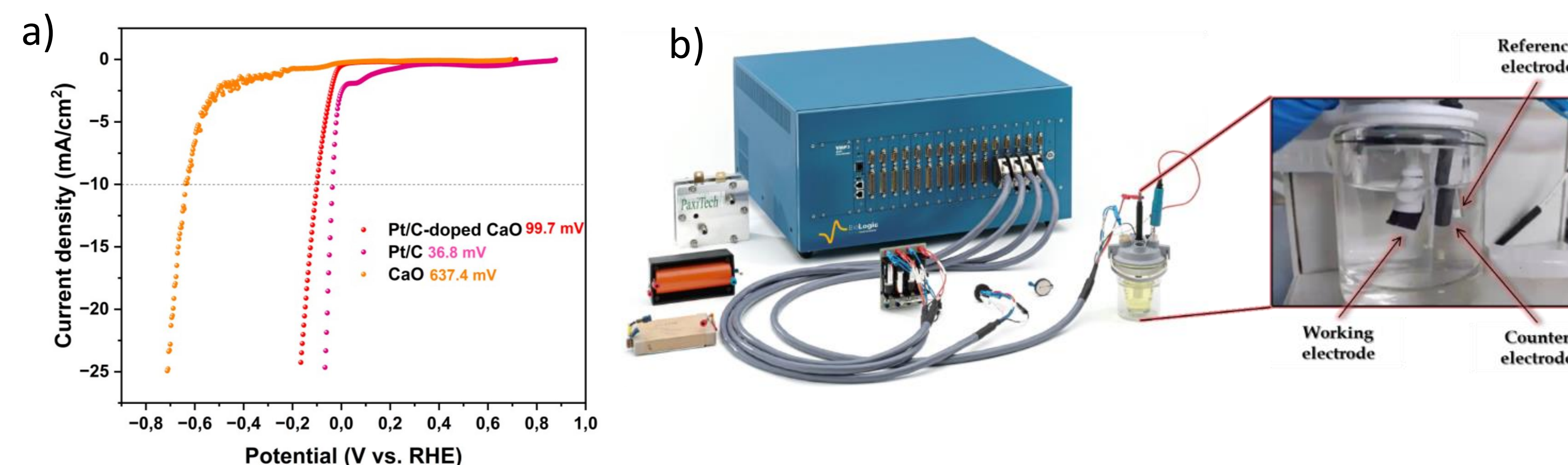
Mijowska E.\*, Zielinkiewicz K.\*, Środa B.\*, Mozga Ł\*\*, Pawełko P.\*\*

\*  Wydział  
 Technologii i Inżynierii  
 Chemicznej

Celem badań było opracowanie dedykowanego materiału katalitycznego dla reakcji wydzielania wodoru (ang. Hydrogen Evolution Reaction), z przeznaczeniem do zastosowania w opracowanym przez zespół elektrolizerze PEM (ang. Proton-Exchange Membrane) noszący nazwę **ZUT-olizer**.

Sytuacja geopolityczna stawia rozwój elektrolizerów typu PEM przed poważnym wyzwaniem związanym z ograniczoną dostępnością pierwiastków krytycznych, niezbędnych do produkcji elektrokatalizatorów stanowiących „serce” każdego elektrolizera. Dodatkowo wahania cen materiałów takich jak platyna czy iryd dodatkowo podnoszą już i tak wysokie koszty wytwarzania tego typu urządzeń.

W 2024 roku zespół **ZUT-olizera** zaprezentował wyniki badań nad zastosowaniem kompozytu powstałego z odpadowej celulozy (pochodzącej z papieru) oraz odpadowego **FeSO<sub>4</sub>**. Materiał ten znakomicie sprawdził się zarówno jako anoda, jak i katoda. **W toku dalszych prac zespół opracował nowy materiał opartym na odpadowym tlenku wapnia (CaO) domieszkowany 0,2 wt% komercyjną platyną na węglu (Pt/C). Opracowane podejście pozwoliło otrzymać wysoce efektywny elektrokatalizator dla katodowej reakcji wydzielania wodoru, który wykazał ponad dwukrotnie lepszą aktywność w porównaniu z materiałem C-FeSO<sub>4</sub>.** Połączenie obu opracowanych materiałów elektrokatalitycznych czyni prezentowane rozwiązanie całkowicie autorskim w skali światowej, a co najważniejsze – znacząco ogranicza zapotrzebowanie na pierwiastki krytyczne. Zawartość platyny nie przekracza 1% w stosunku do komercyjnych rozwiązań.



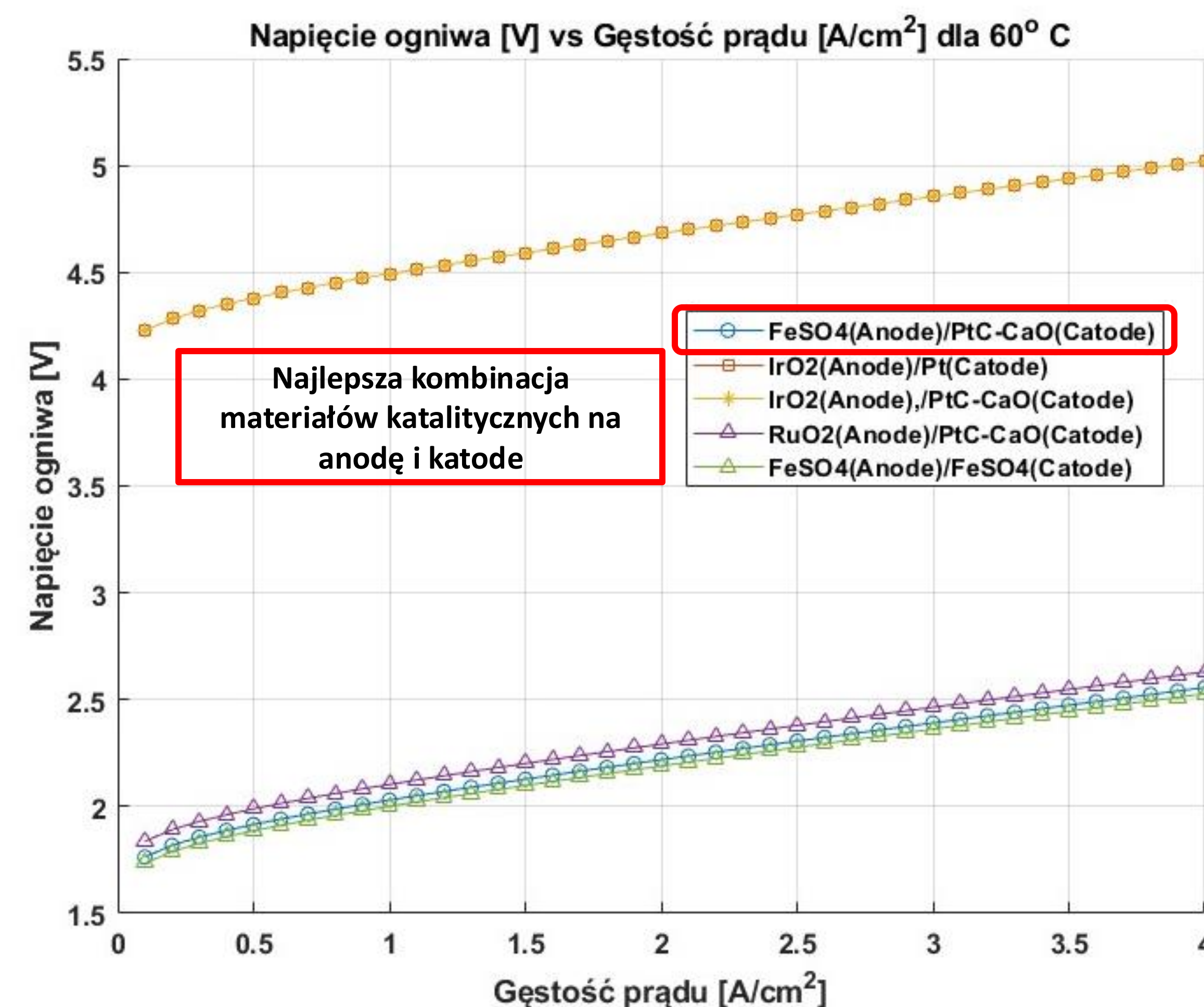
**Rys. 1. a)** Krzywe LSV: Pt/C -doped CaO (100:1) vs. Komercyjny Pt/C i CaO, odniesione do RHE

**b)** Potencjostat Bio-Logic VMP-3 oraz reaktor elektrokatalityczny z CaO:Pt/C

**ZUT-olizer**  
**BIO-elektrolizer PEM**  
 (biomasa i niekonwencjonalne dodatki katalityczne z niską zawartością metali)

Elektrokatalizator	$i_{sa}$ [mA/cm <sup>2</sup> ]	$i_{sc}$ [mA/cm <sup>2</sup> ]	Nadpotencjal OER [mV]	Nadpotencjal HER [mV]
C/FeSO <sub>4</sub>	$5.06 \times 10^{-2}$	$1.38 \times 10^{-12}$	186	202
Katoda Pt Komercyjny	-	$1.02 \times 10^{-2}$	-	158
Anoda IrO <sub>2</sub> Komercyjny	$2.74 \times 10^{-39}$	-	395	-
RuO <sub>2</sub>	$3.93 \times 10^{-3}$	-	-	-
PtC doped CaO 100:1	-	$5.01187 \times 10^{-12}$	-	99.72

**Rys. 3.** Podsumowane właściwości elektrochemiczne dla C/FeSO<sub>4</sub>, Pt, IrO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub> oraz mieszanka 100:1 CaO - PtC



**Rys. 4.** Symulacja zwalidowanego modelu matematycznego ZUT-olizera. Napięcie ogniwa w stosunku do gęstości prądu w zależności od zastosowanych materiałów katalitycznych

\*\*  Wydział  
 Inżynierii Mechanicznej  
 i Mechatroniki

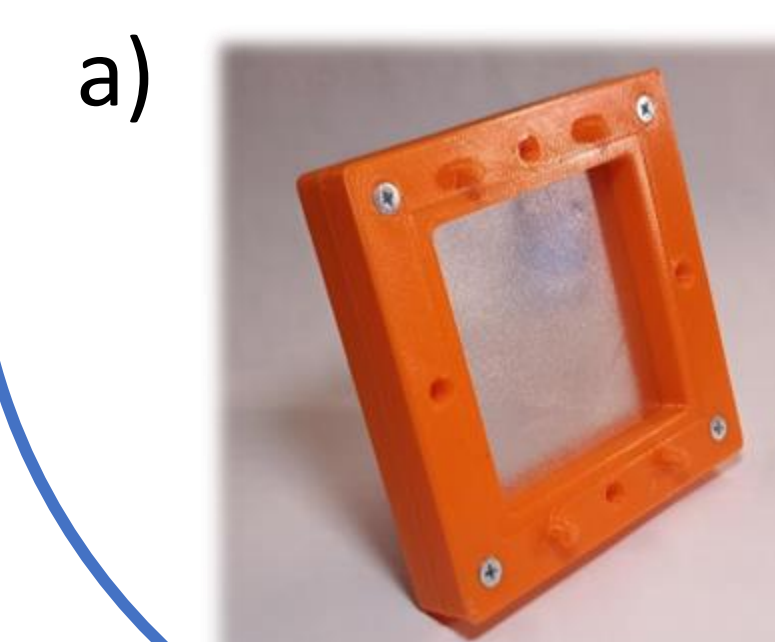
Celem badań jest optymalizacja technologii nanoszenia autorskich materiałów katalitycznych opracowanych przez naukowców Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej oraz wykonanie symulacji komputerowej elektrolizera typu PEM, wraz z walidacją wyników na autorskim stanowisku badawczym PEM.

W trakcie prac związanych z nanoszeniem materiałów katalitycznych na membranę Nafion® potwierdzono występowanie problemów adhezyjnych wynikających zarówno ze struktury wierzchniej membrany, jak i z właściwości mieszaniny płynnego katalizatora, które prowadziły do deformacji membrany. Dodatkowo zauważono, że aktywacja powierzchni za pomocą wiązki laserowej jest procesem mocno inwazyjnym, a parametry wiązki wymagają każdorazowej, indywidualnej optymalizacji pod kątem konkretnej serii materiału Nafion®.

W celu usprawnienia procesu nanoszenia i zminimalizowania deformacji membrany zespół naukowców **WIMiM** opracował:

- **mechaniczną metodę wstępnego przygotowania powierzchni**, poprawiającą adhezję,
- **dobór optymalnej mieszaniny na bazie izopropanolu**, zapewniającej najlepszą dyspersję katalizatora oraz ograniczającą deformację membrany podczas nanoszenia,
- **projekt formy dla membrany Nafion®**, ograniczającej zjawisko odkształceń podczas procesu zespalania katalizatora z membraną,
- **optymalizacja parametrów procesu technologicznego utrwalania katalizatora na membranie PEM** przy wykorzystaniu autorskiej komory ciśnieniowej.

Zespół specjalistów **WIMiM** opracował również zwalidowany model matematyczny autorskiego elektrolizera PEM, umożliwiający wstępną weryfikację opracowanych materiałów katalitycznych przed ich finalnym nanoszeniem na membranę. Takie podejście znacząco optymalizuje proces oceny laboratoryjnych materiałów katalitycznych przed wbudowaniem ich w układ ZUT-olizer'a.



**Rys.2. a)** Autorska forma do membrany PEM

**b)** Autorskie stanowisko badawcze ZUTolizer'a

