

SVILUPPO DI STACK DI CELLE A COMBUSTIBILE DI TIPO PEM DI NUOVA GENERAZIONE AD ALTE PRESTAZIONI MEDIANTE SOLUZIONI INGEGNERISTICHE INNOVATIVE

Andrea Trovò, Massimo Guarnieri

Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università degli studi di Padova
Via Giovanni Gradenigo 6A, 35131 Padova

Si citano nella presente memoria le attività iniziate a valle dell'approvazione al finanziamento del progetto: "Sviluppo di stack di celle a combustibile di tipo PEM di nuova generazione ad alte prestazioni mediante soluzioni ingegneristiche innovative – SCOPERTE; Progetti di ricerca fondamentale per l'idrogeno nell'ambito del PNRR – M2C2 linea di investimento 3.5 Avviso pubblico del 23 marzo 2022 a valere sul decreto del Ministro della Transizione Ecologica del 23 dicembre 2021, articolo 1, comma 5, lettera a). Piano di sviluppo aggiornato a corredo del modulo per la richiesta di prosecuzione dell'iter agevolativo di agevolazioni finanziarie di cui all'art. 1 comma 1 lettera b) del decreto ministeriale 13 dicembre 2024. Durata: 15 mesi. Ammesso al finanziamento di 3.475.000,00 Euro da parte del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (12/02/2025). Unico proponente EESCoLab, Responsabile scientifico: Massimo Guarnieri.

EESCoLab si occupa di analisi computazionali, sviluppo tecnologico, test e caratterizzazione dei sistemi elettrochimici per lo stoccaggio e la conversione dell'energia elettrica sia mobili che stazionari. Il progetto SCOPERTE intende sviluppare stack di celle a combustibile (FC, fuel cell) di tipo Proton-Exchange Membrane (PEM), note con l'acronimo inglese PEMFC, alimentate ad idrogeno, capaci di potenza specifica superiore a quella degli stack oggi disponibili, più flessibili nelle condizioni operative, più efficienti e più duraturi. Gli elementi attivi di una cella a combustibile sono due sottili elettrodi piani con interposto un sottile separatore che permette il passaggio di ioni ma non di elettroni. Nelle PEMFC il separatore è la PEM (proton exchange membrane), una sottile membrana polimerica funzionalizzata a tale fine, e gli elettrodi sono fogli porosi in carbone o grafite in cui avviene la diffusione dei gas di reazione (idrogeno e ossigeno) verso la PEM (per cui detti gas diffusion layer – GDL). I GDL recano nel sottilissimo strato a contatto con la PEM i catalizzatori che promuovono le semireazioni elettrochimiche (per cui detti catalyst layer – CL). Elettrodi e PEM sono assemblati in un singolo elemento stratificato noto come MEA (membrane-electrode assembly). Se da un lato la MEA è il cuore della cella che effettua la conversione energetica, un ruolo fondamentale è anche svolto dalle piastre conduttrici tra cui essa è inserita, che sono dotate di canalizzazioni (flow channel – FC) per l'adduzione efficace ed uniforme dei gas di reazione ai siti di catalisi e per la contemporanea rimozione dei prodotti di reazione in ogni condizione di carico. Dato che le piastre sono in contatto sulle due facce con gli elettrodi di diversa polarità di due MEA successive, essi sono noti come piastre bipolari (bipolar plate – BP). Si veda la figura 1. Questo progetto si focalizza sull'ingegneria dei bipolar plate e sulle logiche di controllo del flusso al loro interno dei reagenti e dei prodotti di reazione, che sono aspetti ancora non sufficientemente studiati, con lo scopo di pervenire ad un design di PEMFC capace di prestazioni nettamente superiori agli standard attuali, a parità di MEA usate.

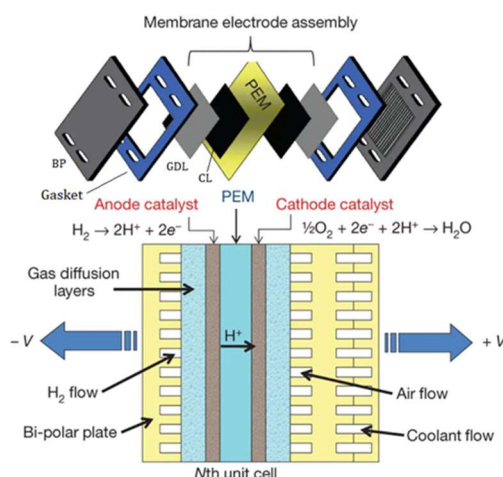


Fig. 1. Struttura di una cella a combustibile di tipo PEM, con evidenziati MEA e bipolar plate dotati di flow channel

Tale obiettivo sarà perseguito arrivando a costruire e collaudare stack di media scala (15 kW) dotati di piastre bipolari con canali di flusso a complesso sviluppo tridimensionale, capaci di generare un campo fluido ad alta componente convettiva. Gli studi svolti a livello internazionale hanno dimostrato sia computazionalmente [1] che sperimentalmente [2] che tali configurazioni possono aumentare fino al 20% la potenza specifica netta scambiata nella singola cella. Per mezzo di test prolungati di compatibilità, saranno selezionati materiali per i componenti capaci di garantire lunga vita allo stack e saranno sviluppati protocolli di gestione dei flussi che, implementati nel fuel cell management system (FCMS), assicureranno il funzionamento ottimale dello stack in ogni condizione di carico. Uno stack siffatto, mai prima d'ora realizzato nel nostro paese, comporterà l'aumento dell'efficienza e la riduzione del costo della tecnologia PEMFC, così da accrescerne la competitività commerciale per impieghi automotive e non solo. Questi risultati saranno perseguiti mediante studi a livello sia computazionale che sperimentale. Per svolgere le attività sperimentali sarà creato uno specifico test rig ad alte prestazioni, che permetterà lo sviluppo di competenze professionali di alto livello sulle prove e i collaudi su stack PEM. Tutto il progetto sarà reso possibile dalle capacità di progettazione, manifattura ed assemblaggio acquisite negli anni dal personale che si è formato nell'EESCoLab (Electrochemical Energy Storage and Conversion Laboratory) dell'Università di Padova, dimostrato dalle precedenti realizzazioni di sistemi sperimentali di grandi dimensioni, riconosciute ed apprezzate internazionalmente, e si concretizzerà in un centro di ricerca accademico di levatura world-class, capace di stimolare la nucleazione di un tessuto industriale volto all'implementazione dell'economia dell'idrogeno nel nostro paese.

References

1. H. Guo, H. Chen, F. Ye, C. F. Ma, Baffle shape effects on mass transfer and power loss of proton exchange membrane fuel cells with different baffled flow channels, *International Journal of Energy Resources*, 2019; 43: 2737– 2755. <https://doi.org/10.1002/er.4328>.
2. Heidary, M. J. Kermani, S. G. Advani, A. K. Prasad, Experimental investigation of in-line and staggered blockages in parallel flowfield channels of PEM fuel cells, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2016, 41: 6885-6893, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.028>.