



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

ORGANIZZATO DA



Bologna: un hub di ricerca per lo sviluppo dell'idrogeno - 9
ottobre 2024

Progettualità nazionale idrogeno: il progetto NoMaH (Novel Materials for Hydrogen Storage)

Ing. Maria Alessandra Ancona

Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIN)

Sistemi e Macchine per l'Energia e l'Ambiente (SMEA)

BolognaFiere 9-11 ottobre

Gruppo di ricerca: DIN – Sistemi e Macchine per l'Energia e l'Ambiente (SMEA)



Prof. Michele Bianchi
Professore ordinario
michele.bianchi@unibo.it



Prof. Antonio Peretto
Professore ordinario
antonio.peretto@unibo.it



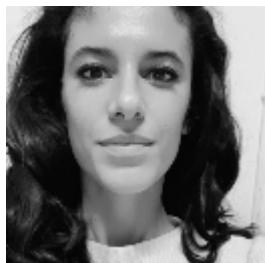
Prof. Andrea De Pascale
Professore associato
andrea.depascale@unibo.it



Prof. Francesco Melino
Professore associato
francesco.melino@unibo.it



Prof.ssa Lisa Branchini
Professoressa associata
lisa.branchini2@unibo.it



Ing. Maria Alessandra Ancona
Ricercatrice a tempo determinato tipo b) (senior)
maria.ancona2@unibo.it



Ing. Saverio Ottaviano
Ricercatore a tempo determinato tipo a) (junior)
saverio.ottaviano2@unibo.it



Competenze e attività in ambito idrogeno verde – Sistemi e Macchine per l'Energia e l'Ambiente

Competenze in ambito idrogeno:

- **Modellazione termodinamica** e termochimica di sistemi convenzionali (a bassa T) e innovativi (ad alta T, co-elettrolizzatori, r-SOC) per la produzione di idrogeno
- Analisi ed ottimizzazione di **sistemi cogenerativi alimentati ad idrogeno** (fuel cell, turbine a gas, motori a combustione interna)
- **Stoccaggio di idrogeno in idruri metallici**: thermal management
- Sviluppo di strategie di gestione ottimizzata di micro-reti e di sistemi integrati con idrogeno (max. efficienza, analisi tecnico-economica)

Collaborazioni con enti di ricerca:

- Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale PTR 22-24: **r-SOC technology for P2G**
 - Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale PTR 22-24: Sistemi ibridi di **micro-cogenerazione** per la valorizzazione di **biogas e idrogeno** finalizzati alla produzione di acqua calda sanitaria nelle piccole isole
- PNRR – NEST SPOKE 4: Clean Hydrogen and Final Use, Task 4.4.4 Systems and Technologies for Final Uses
 - PNRR – NEST SPOKE 5: Energy Conversion, Task 5.3.1 Optimization of innovative fuels in combustion engines
 - PNRR – NEST SPOKE 6: Energy Storage, Task 6.2.2 Chemical energy storage processes



Principali progetti e collaborazioni:



NoMaH - Novel Materials for Hydrogen storage



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

01/2023, 3 y – 3 M€



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Politecnico
di Torino



ZEHTC – Zero Emission Hydrogen Turbine Center



The Joint Programming Platform Smart Energy Systems receives funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the grant agreements no. 646039, 775970 and 883973.

10/2019, 3 y – 6 M€



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

BolognaFiere 9-11 ottobre

Progetto NoMaH – Novel Materials for Hydrogen storage

01/2023, 3 y – 3 M€



Sviluppo di **soluzioni ibride di stoccaggio** dell'idrogeno per comunità energetiche e distretti produttivi ottenute mediante lo sfruttamento di tecnologie di stoccaggio complementari quali **crioadsorbimento, idruri metallici nanostrutturati** (MH) e, per soluzioni di maggiore capacità, **ammoniaca**.

Capofila:



Partner:



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

- Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIN) – Ing. Maria Alessandra Ancona
- Dipartimento di Chimica Industriale (CHIMIND) – Proff. Albonetti, Basile, Rivalta
- Dipartimento di Fisica e Astronomia (DIFA) – Prof. Pasquini

Gli **obiettivi** principali del gruppo **SMEA – DIN** nel progetto sono:

- 1) Sviluppo di un banco prova e **ottimizzazione sperimentale della gestione termica** in fase di accumulo e restituzione per bombole basate su idruri, per pressioni compatibili con quelli dei nuovi elettrolizzatori (**fino a 30 bar**)
- 2) **Modellazione termodinamica** dei sistemi di accumulo di tipo chimico (idruri metallici)



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Politecnico
di Torino



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



BolognaFiere 9-11 ottobre

Progetto NoMaH – Banco prova sperimentale SMEA

Due linee alternative per la fase di accumulo e una linea per la fase di restituzione:

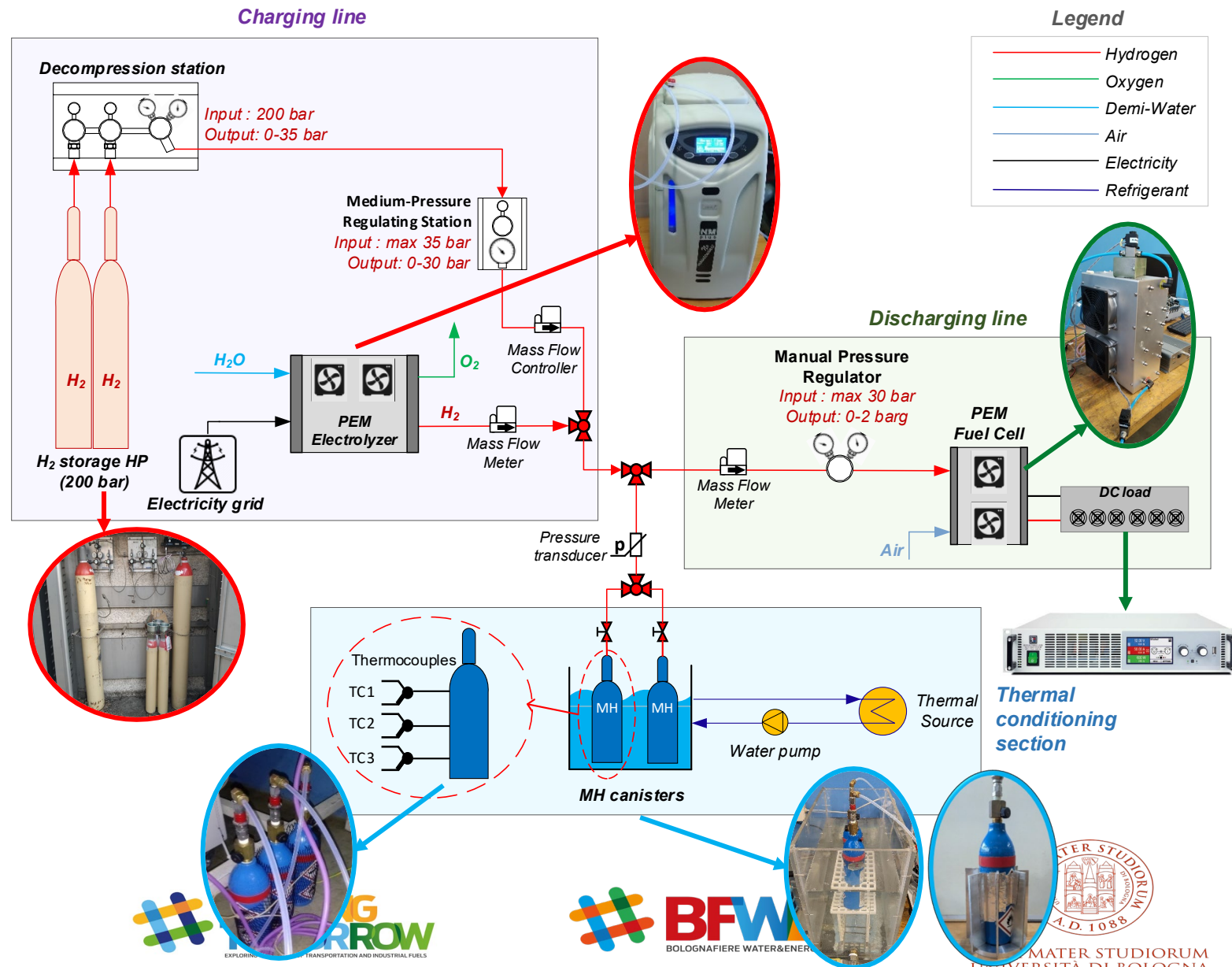
- storage esterno con **idrogeno compresso** a **200 bar**
- **elettrolizzatore PEM** (Proton Exchange Membrane): 27. 59 NL/h (2.46 g/h) a 10.5 bar
- **fuell cell** di tipo PEM da **0.5 kW_e**

Sistema di **stoccaggio dell'idrogeno in idruri metallici** di lega AB₂:

- **3 bombole** ad idruri metallici con capacità di stoccaggio di **16.9 g** ciascuna, **10 bar** massima pressione operativa
- **1 bombola** ad idruri metallici con capacità di stoccaggio di **81 g**, **30 bar** massima pressione operativa
- **1 bombola** ad idruri metallici con capacità di stoccaggio di **54 g**, **30 bar** massima pressione operativa

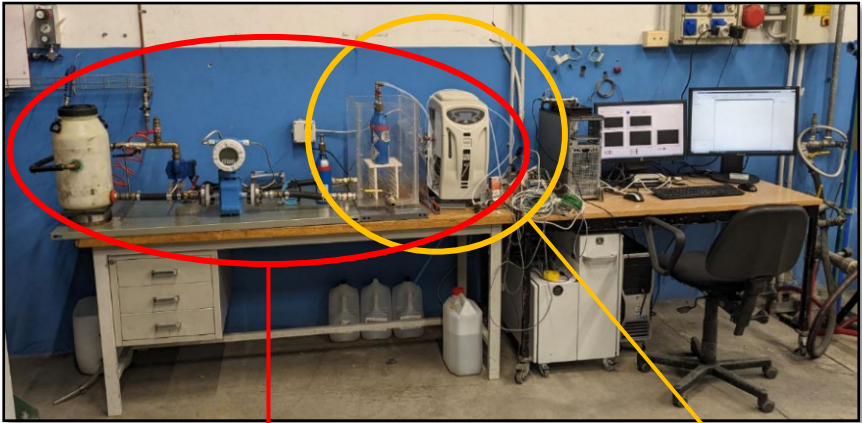
Circuito ad acqua per il condizionamento termico delle bombole ad idruri metallici + sistema di alette per migliorare lo scambio termico

BolognaFiere 9-11 ottobre



Progetto NoMaH – Banco prova sperimentale SMEA

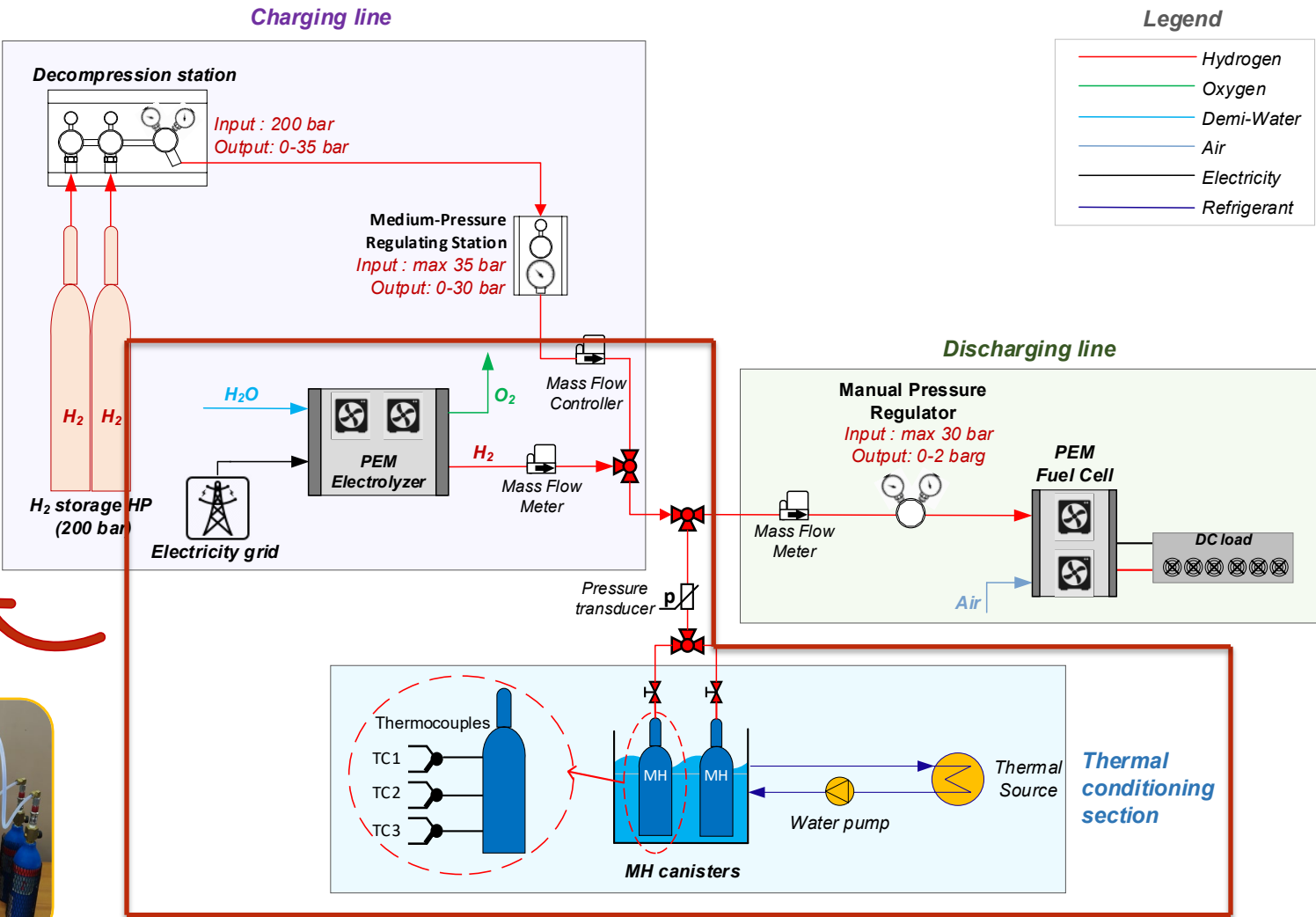
Analisi dell'accoppiamento tra elettrolizzatore e idruri





Circuito di condizionamento termico



Elettrolizzatore PEM e
bombole ad idruri
metallici



Progetto NoMaH – Banco prova sperimentale SMEA



NI-DAQ 9133

NI-9201

NI-9203

NI-9211

NI-9211

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

Physical quantity	Symbol	Unit	Sensor	Accuracy	Measuring range	Output signal
H ₂ delivery pressure (to canisters)	$p_{H_2,del}$	bar	Pressure transducer	± 0.25 FS	0 ÷ 15 bar	0 ÷ 10 V
H ₂ delivery mass flow	$\dot{m}_{H_2,del}$	NL/min	Thermal mass flow meter	± 0.5 % FS	0.1 ÷ 85 NL/min	4 ÷ 20 mA
Ambient temperature	T_{amb}	°C	T-type thermocouple	± 0.5 °C	-20 ÷ 350 °C	TC
Heat-exchanger chamber water temperature	$T_{water-HX}$	°C	T-type thermocouple	± 0.5 °C	-20 ÷ 350 °C	TC
Surface canister temperature (top)	T_{top}	°C	K-type thermocouple	± 0.5 °C	-75 ÷ 250 °C	TC
Surface canister temperature (middle)	T_{middle}	°C	K-type thermocouple	± 0.5 °C	-75 ÷ 250 °C	TC
Surface canister temperature (bottom)	T_{bottom}	°C	K-type thermocouple	± 0.5 °C	-75 ÷ 250 °C	TC
Mechanical strain	ϵ	$\mu m/m$	Optical fiber sensor	± 1 $\mu m/m$	0 ÷ 4000 $\mu m/m$	Digital

DAQs in ambiente *LabVIEW*®

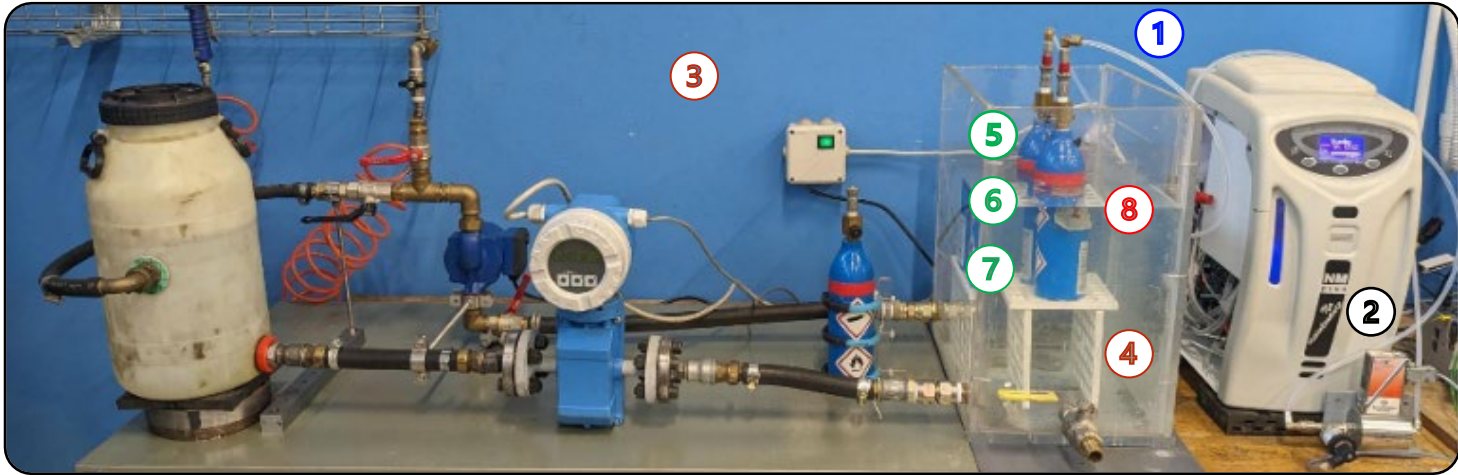


FBG interrogator
(SwitchedGator)



Bilancia elettronica per
misura secondaria
dell'idrogeno prodotto:

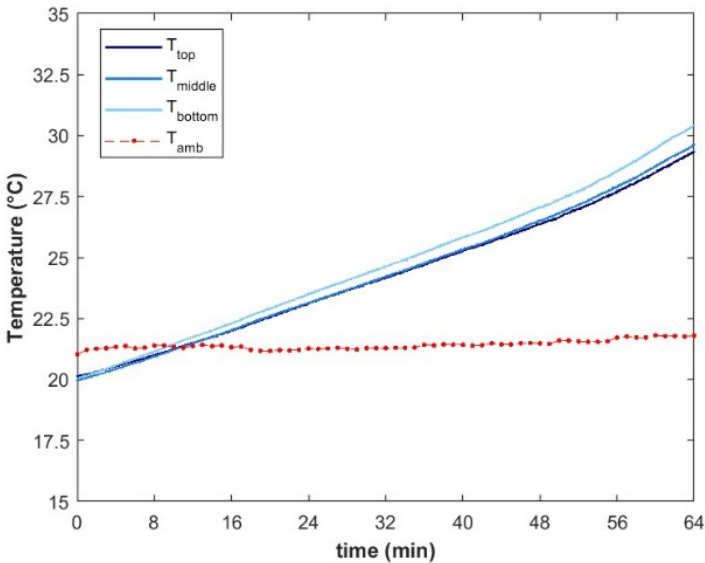
- Range di misura: 0 ÷ 16 kg
- Accuratezza: ± 0.1 g



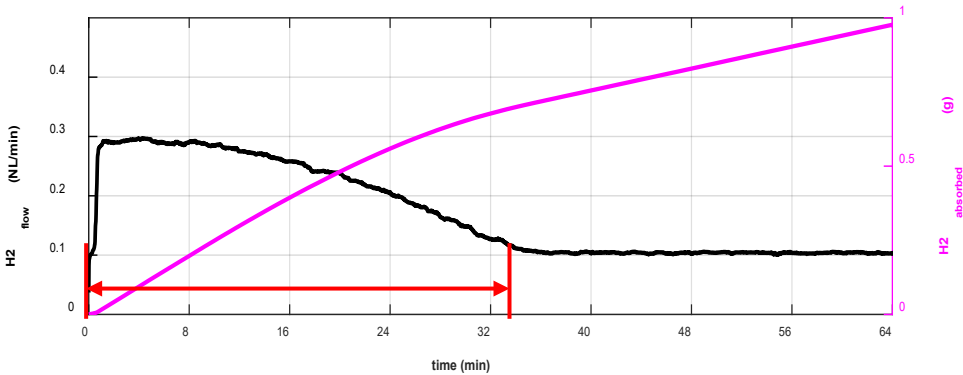
Progetto NoMaH – Banco prova sperimentale SMEA

Tipologia di prove:

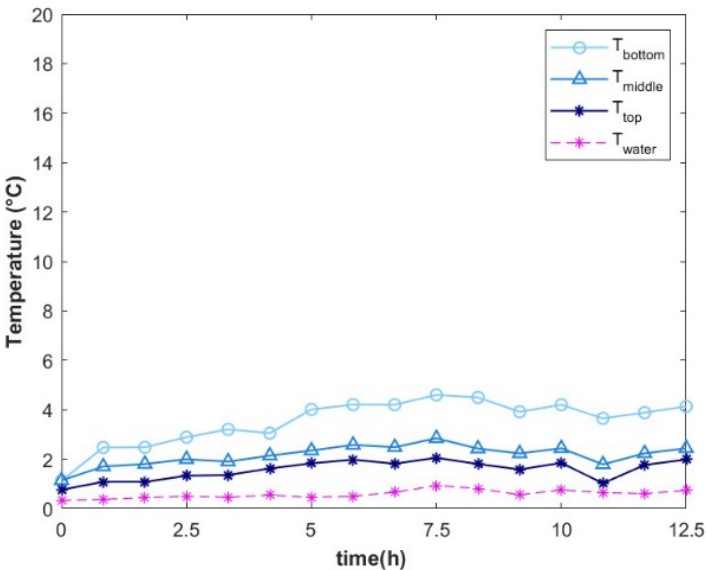
① Aria



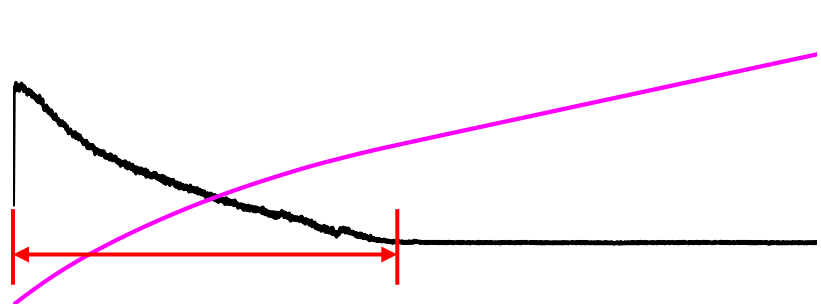
Stabilizzazione alla minima portata dopo 33 minuti



② Acqua e ghiaccio



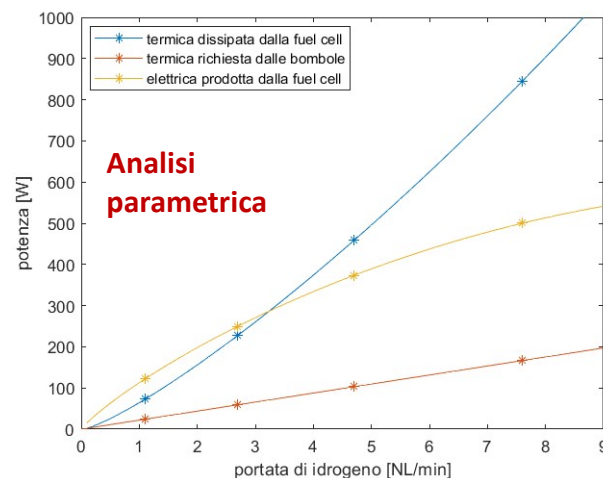
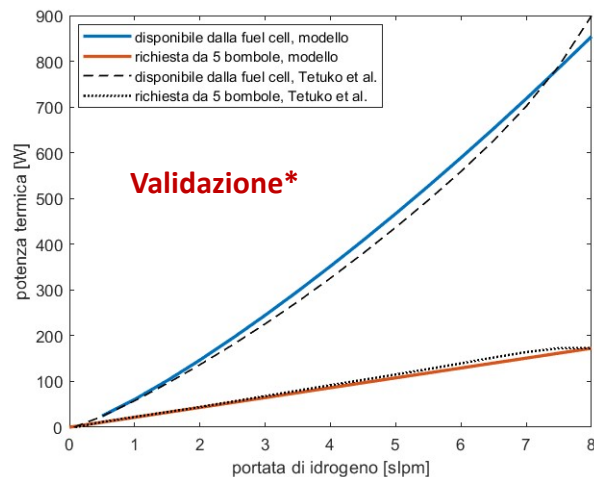
Stabilizzazione alla minima portata dopo 6 ore



Progetto NoMaH – Modellazione termodinamica dei sistemi di accumulo

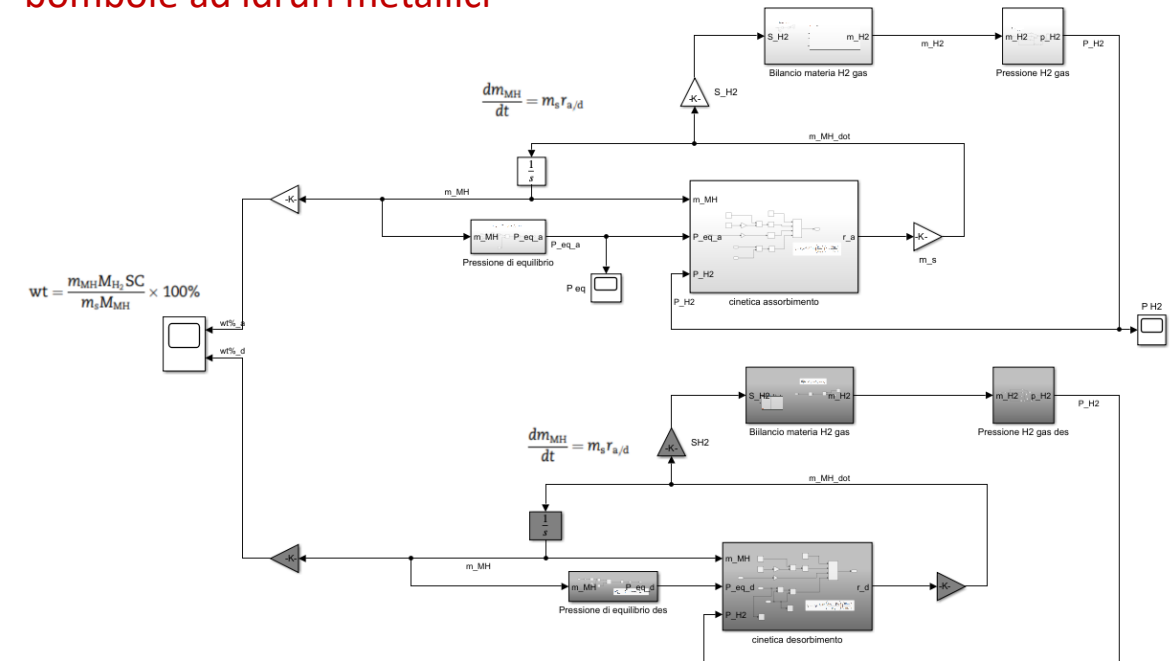
Modellazione termodinamica in ambiente Matlab – integrazione bombole ad idruri metallici e fuel cell

- Modello numerico **zero-dimensionale** e **stazionario**
- Valutazione del carico termico estraibile dalla fuel cell e dell'apporto energetico richiesto dalle bombole ad idruri metallici per il desorbimento dell'idrogeno
- Calcolo dell'**efficienza di scambio termico**



*Tetuko et al., "Thermal coupling of PEM fuel cell and metal hydride hydrogen storage using heat pipes", International Journal of Hydrogen Energy, vol. 41, pp. 4264-4277, 2016

Modellazione Simulink – adsorbimento e desorbimento delle bombole ad idruri metallici



- Modello a **parametri concentrati**, nel quale i fenomeni vengono descritti attraverso **sistemi di equazioni differenziali ordinarie (ODE)**
- Calcolo della **percentuale in peso di idrogeno accumulata o scaricata nel tempo (wt%)**



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Bologna: un hub di ricerca per lo sviluppo dell'idrogeno - 9 ottobre 2024

Grazie per l'attenzione

Ing. Maria Alessandra Ancona

Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIN)
Sistemi e Macchine per l'Energia e l'Ambiente (SMEA)

maria.ancona2@unibo.it

BolognaFiere 9-11 ottobre

www.unibo.it