



Elettorali

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

Richiesta per borsa di studio da attivare ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Il sottoscritto Giacomo Falcucci qualifica Professore Associato afferente al Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini" - Telefono 338 3707127 email giacomo.falcucci@uniroma2.it

CHIEDE

l'attivazione di una borsa di studio di dottorato ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021. A tal fine comunica quanto segue:

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo: IPRI – Ingegneria per la Progettazione e Produzione Industriale

Area per la quale si presenta la richiesta (selezionare solo una delle due):

Innovazione

Green

Tipologia di cofinanziamento (pari ad euro 8000 una tantum):

Nome dell'Ente finanziatore pubblico o privato: Consorzio SCIRE

Persona di Riferimento: Prof. Gino Bella

Telefono 329 9246621

Email gino.bella@gmail.com

Fondi di ricerca dipartimentali

Progetto di Ricerca (massimo 10.000 battute complessive spazi inclusi) che comprenda

Descrizione del Progetto

Analisi Termoeconomica di Sistemi Energetici Integrati per la Produzione di Idrogeno

L'uso delle energie rinnovabili è in continuo aumento in tutto il mondo. Ciò è motivato sia dalla limitatezza delle risorse fossili, sia dall'inquinamento che intrinsecamente causano, dovuto al rilascio in atmosfera di gas serra, incombusti e composti nocivi. La diffusione delle energie rinnovabili, però, richiede modifiche tecniche e infrastrutturali. Uno dei principali problemi con le fonti di energia rinnovabile è dovuto alla loro natura intermittente ed all'incapacità di immagazzinare l'energia prodotta in modo sostenibile. Questo non è un

Elettorali

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

problema con la biomassa poiché i combustibili da essa prodotti come l'etanolo e il biodiesel possono essere facilmente immagazzinati e utilizzati in qualsiasi momento. Tuttavia, l'elettricità prodotta da sistemi solari, dighe idroelettriche, centrali geotermiche e turbine eoliche non può essere *facilmente* immagazzinata per un uso successivo. Le batterie non sono un'opzione praticabile nella tecnologia odierna a causa della loro capacità molto limitata. Una possibile soluzione a questo problema è la produzione di Idrogeno da elettricità rinnovabile mediante l'elettrolisi dell'acqua. Una volta prodotto, l'Idrogeno può essere immagazzinato o ad alta pressione, o con tecnologie criogeniche o -con efficienze gravimetriche addirittura maggiori- negli Idruri Metallici (MH), che permettono un utilizzo immediato di questo gas. L'energia geotermica riveste un ruolo di particolare interesse per la produzione di idrogeno da energie rinnovabili, con un potenziale forte impatto sulla futura economia dell'idrogeno. L'energia geotermica fornisce un metodo economico e pulito per generare elettricità e fornire energia termica, [Yilmaz 2021]. In alcuni paesi, con abbondanti quantità di energia geotermica, l'idrogeno geotermico ha il potenziale per diventare un importante vettore energetico a livello globale.

L'integrazione delle diverse fonti rinnovabili per la produzione di Idrogeno verde può essere convenientemente affiancata a quella della produzione di Idrogeno “blu”, ossia prodotto tramite reforming da idrocarburi, ma con cattura e sequestro della CO₂ generata dalla conversione. La realizzazione di miscele (blend) di Idrogeno blu e verde, in diverse proporzioni, a secondo del sito e della tecnologia che deve sfruttare l'H₂ prodotto, almeno nell'immediato futuro, garantirà un approvvigionamento più facile e conveniente su vasta scala.

La produzione di Idrogeno blu e verde, però, è al momento affetta da elevati costi, al livello industriale. La sola analisi economica può sì quantificare i costi del combustibile, gli investimenti, i costi operativi e di manutenzione per l'intero sistema o anche per i singoli componenti, ma non fornisce dettagli sulle varie sorgenti di perdita termodinamica nell'impianto. L'analisi termodinamica, d'altra parte, permette di calcolare l'efficienza del singolo processo dell'impianto e può individuare e quantificare le varie perdite, ma non può valutarne la significatività in termini del processo produttivo complessivo dell'impianto.

Pertanto, nella progettazione termoeconomica e nelle analisi di ottimizzazione del sistema di produzione di idrogeno occorrerà porre particolare attenzione a: (i) comprendere il processo di conversione, la sua efficienza, le perdite, il flusso complessivo di energia ed exergia nel sistema, (ii) ottimizzare i differenti parametri del funzionamento del sistema (d) ottimizzare in maniera integrata i flussi di energia ed exergia del sistema (Sayyadi e Nejatolahi, 2011). Ciò richiede l'ottimizzazione dei sistemi di conversione dell'energia, utilizzando principi

Elettorali

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

termoeconomici che combinano termodinamica e vincoli economici, al fine di fornire le migliori condizioni di funzionamento del sistema.

Questo progetto di Dottorato sarà incentrato sullo sviluppo di nuovi sistemi energetici integrati per la produzione sia di idrogeno verde mediante l'uso di fonti rinnovabili (solare, eolico e geotermico) sia di idrogeno blu o di loro miscele. Parallelamente al dimensionamento di tali soluzioni, verrà condotta l'ottimizzazione termoeconomica dei vari casi di studio per la produzione di idrogeno, al fine di trovare il blend ottimale per le diverse applicazioni.

Gli studi attuali non sono direttamente focalizzati all'ottimizzazione dell'intero sistema di produzione dell'H₂, ma solo a particolari casi di studio che sfruttino le energie rinnovabili. La letteratura presenta un limitato numero di lavori che analizzano l'integrazione delle diverse tecnologie, considerando anche l'ottimizzazione termoeconomica delle diverse possibili soluzioni.

le diverse tecnologie di produzione dell'idrogeno (verde, blu e *blend*) verranno studiate mediante l'utilizzo di programmi 0-1D (zero- o monodimensionali), come ASPEN PLUS, e mediante software sviluppati "in-house" nel nostro Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa "Mario Lucertini".

L'ottimizzazione termoeconomica verrà condotta mediante l'utilizzo di algoritmi genetici e reti neurali, estendendo i lavori fatti nel nostro Gruppo di Ricerca negli anni recenti [Facci 2014, Facci 2019, Facci 2021]. Per condurre tale ottimizzazione sarà richiesta un'approfondita analisi exergetica delle varie configurazioni di impianto.

Da un punto di vista temporale, l'attività del Dottorato seguirà il seguente cronoprogramma:

I ANNO:

- Studio dello Stato dell'Arte;
- Implementazione di algoritmi di ottimizzazione di base
- Utilizzo di software 0-1D per la simulazione dei sistemi energetici

II ANNO:

- Implementazione di librerie ad-hoc per codici 0-1D ed estensione della modellazione di componenti *quasi*-3D ove necessario;
- Implementazione di algoritmi genetici e Reti Neurali per l'ottimizzazione dei sistemi energetici



Elettorali

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

III ANNO:

- Applicazione di Algoritmi avanzati di Machine Learning (Supervised Learning, Unsupervised Learning and Reinforcement Learning) per l'ottimizzazione dei sistemi energetici
- Realizzazione di un prototipo in scala di sistemi ottimizzati
- Attività sperimentali sui prototipi realizzati

Obiettivi formativi: Sviluppo di sofisticate ed innovative metodologie numeriche nel campo della progettazione integrata e dell'ottimizzazione dei Sistemi Energetici a Idrogeno; sviluppo di prototipi di nuova tecnologia per Sistemi di generazione di Idrogeno

Attività previste: Attività Teoriche e Numeriche: sviluppo di nuovi algoritmi di calcolo e di nuove strategie di ottimizzazione per il dimensionamento e la previsione del funzionamento di sistemi di generazione di Idrogeno verde e blu. Sviluppo Sperimentale di Prototipi ottimizzati per diverse applicazioni.

Attinenza del progetto all'area indicata: Il Progetto è centrato sulle Tematiche *Green*. I Sistemi Energetici a Idrogeno, infatti, costituiscono una delle alternative più interessanti e promettenti per la decarbonizzazione dei settori industriali e dei trasporti.

Risultati attesi: Sviluppo di nuovi metodi di calcolo e di nuovi algoritmi di ottimizzazione, nonché di nuove tecnologie integrate per la produzione ottimizzata di Idrogeno verde e blu.

Azienda pubblica o privata coinvolta nazionale o straniera in cui si prevede di far svolgere il periodo obbligatorio da 6 a 12 mesi previsto dal Decreto Ministeriale:

PENGAS Italia srl , <https://www.pengas.it>

Firma



Elettorali

Divisione I – Ricerca Nazionale

Ripartizione III – Scuola di Dottorato

BIBLIOGRAFIA

[Facci 2014] Facci, A.L., Andreassi, L. and Ubertini, S., 2014. Optimization of CHCP (combined heat power and cooling) systems operation strategy using dynamic programming. *Energy*, 66, pp. 387-400.

[Facci 2019] Facci, A.L., Krastev, V.K., Falcucci, G. and Ubertini, S., 2019. Smart integration of photovoltaic production, heat pump and thermal energy storage in residential applications. *Solar Energy*, 192, pp.133-143.

[Facci 2021] Facci, A.L., Lauricella, M., Succi, S., Villani, V. and Falcucci, G., 2021. Optimized Modeling and Design of a PCM-Enhanced H2 Storage. *Energies*, 14(6), p.1554.

[Sayyadi e Nejatolahi, 2011] Sayyadi, H., Nejatolahi, M., 2011. Thermodynamic and thermoeconomic optimization of a cooling tower-assisted ground source heat pump. *Geothermics* 40 (3), 221–232.

[Yilmaz 2017] Yilmaz, C., 2017. Thermoeconomic modeling and optimization of a hydrogen production system using geothermal energy. *Geothermics*, 65, pp.32-43.