

**RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE - PIANO TRIENNALE DI
REALIZZAZIONE 2022-24**
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

Tema 1.3

Progetto Integrato Tecnologie dell'Idrogeno

Relazione semestrale prodotta ai sensi dell'Art. 5, comma 13 dell'Accordo di Programma tra MASE, RSE, ENEA e CNR per lo svolgimento delle attività di ricerca di sistema elettrico del piano triennale 2022-2024 (02/11/2023)

Periodo di riferimento: Semestre I - 01/01/2022 – 30/06/2022

LA 1.1: Definizione-caratterizzazione del rifiuto agroindustriale da valorizzare energeticamente ai fini della produzione di gas di sintesi e idrogeno e test di conversione termo-chimica [CNR] usare stile "Linee di attività" [CNR]

L'attività ha previsto il campionamento e la caratterizzazione chimico-fisica di un rifiuto solido del comparto agro-industriale (scorze di agrumi esauste). L'analisi elementare di differenti campioni, della medesima origine, ha definito dei range di contenuto in termini di C=41,7-43,2 wt%; H=6,24-6,39 wt% e H₂O<10 wt%. Successivamente, analisi termo-gravimetriche hanno permesso di determinare la T operativa ottimale (1023K) per la conversione di tale "rifiuto" in gas di sintesi attraverso processi termo-chimici.

LA 1.3 - Studio analitico e selezione di oli vegetali esausti e/o soluzioni di scarto contenenti acidi grassi liberi, per la produzione di idrogeno "green" mediante processi catalitici di de-idrogenazione di substrati organici (analisi e criticità) [CNR]

Nel primo semestre di attività l'attività di ricerca ha riguardato, in una prima fase, lo studio e l'analisi della letteratura scientifica e brevettuale disponibile riguardante la de-idrogenazione non ossidativa di liquidi organici per la produzione di idrogeno "green" e, successivamente la selezione ed il reperimento di campioni reali di scarti liquidi di origine vegetale disponibili dai consorzi di raccolta o da raffinerie, potenzialmente idonei alla loro valorizzazione energetica. A tal fine, sono state selezionate due differenti tipologie di scarti liquidi di origine vegetale disponibili dai consorzi di raccolta o da raffinerie, precisamente: gli oli vegetali esausti da cucina (UCO) e gli oli di Tall generati nel trattamento della cellulosa per la produzione della carta (CTO). In particolare, sono stati acquisiti cinque campioni di oli vegetali usati da cucina (UCO), con caratteristiche e specifiche di purezza diverse, ed un campione di Tall oil, generato nel trattamento della cellulosa per la produzione della carta, proveniente dalla raffineria Finlandese di UPM-Kymmene Oyj refinery.

LA 1.5 - Produzione di idrogeno da pirolisi di biogas/biometano in bagni fusi: analisi preliminare del processo e definizione di un setup sperimentale su scala di laboratorio [ENEA]

È stata avviata un'approfondita analisi degli studi sperimentali disponibili in letteratura relativi al processo in esame, al fine di individuare e catalogare in modo sistematico

- i bagni liquidi utilizzati
- le configurazioni adottate per gli impianti di laboratorio
- le tipologie di dati raccolti, utili alla validazione di modelli preliminari.

Si sono evidenziati limiti derivanti da alcune scelte dell'impiantistiche e si sono gettate così le basi per lo sviluppo del progetto dell'impianto da realizzare nell'ambito di questa LA.

Inoltre, sono state svolte le seguenti attività:

- analisi dello stato dell'arte su miscele di cloruri utilizzabili come fluido di reazione e scambio termico fino a 1000°C, per la pirolisi del metano.
- Valutazione sulla compatibilità chimica fra cationi e metano/idrogeno, e includendo vincoli considerazioni sulla tossicità e disponibilità commerciale
- Selezione di miscele con la presenza di cationi che potrebbero avere effetti catalitici sulla reazione di pirolisi
- Calcolo previsionale dei diagrammi di stato (superfici di inizio solidificazione) per le miscele selezionate

LA 1.7 – Produzione di idrogeno da pirolisi da biogas/biometano in bagni fusi: modellazione a supporto dello sviluppo di un sistema sperimentale su scala di laboratorio [URM1-DICMA]

Analisi dei risultati di letteratura per la scrematura dei materiali candidati a costituire il bagno fuso. Di concerto con ENEA si è selezionato un sistema a sali fusi da ospitare in un reattore di quarzo da laboratorio di forma cilindrica e dimensioni 3 (diametro) x 20 cm (altezza) riscaldato in un forno elettrico. Il dispositivo di laboratorio è stato selezionato prevedendo anche la possibilità di sostituire il bagno di sali con leghe di metalli fusi a temperature variabili nell'intervallo 600 - 1000 °C per una seconda fase di sperimentazione.

LA 1.11 – Sperimentazione a supporto della progettazione delle modifiche impiantistiche del gassificatore a letto fluido bollente [SOTACARBO]

Sono state svolte le programmate attività di verifica e i test funzionali dei singoli componenti e sezioni dell'impianto a letto fluido bollente Faber, di cui si elencano le principali: reattore di gassificazione, sistema di riscaldamento elettrico del reattore, sistema di alimentazione degli agenti gassificanti (aria, vapore e ossigeno), ciclone, scrubber, torcia. Inoltre, sono state eseguite tutte le attività di riparazione dei malfunzionamenti riscontrati in questa fase.

Nello stesso semestre sono stati svolti alcuni test preliminari alimentando il gassificatore con aria e vapore come agenti gassificanti e plastiche non riciclabili come combustibile. Tali sperimentazioni sono state propedeutiche ai successivi test con aria arricchita in ossigeno e vapore, poiché permetteranno di valutare l'effetto del vapore come moderatore della temperatura. I test sono stati condotti a differenti valori del rapporto di equivalenza sempre al fine di valutare i parametri di gassificazione e in particolare il profilo di temperatura.

LA 1.17 - Produzione di H₂ da gassificazione delle biomasse: identificazione di possibili sistemi innovativi di separazione a membrane inorganiche [RSE]

È stato condotto uno studio di letteratura relativo ai processi di gassificazione di biomasse per individuare le condizioni operative dei reattori e la composizione dei prodotti in uscita. L'analisi della letteratura ha permesso anche di individuare i principali inquinanti contenuti nelle miscele gassose ottenute da biomasse, informazione fondamentale per la scelta dei materiali ceramici da utilizzare per le membrane.

LA 1.19 - Sviluppo di materiali e componenti per processi fotoelettrochimici per la produzione di idrogeno [CNR]

Nell'ambito dello sviluppo di una cella elementare di fotoelettrolisi (fotoanodo/elettrolita/fotocathodo) sono stati sviluppati i semiconduttori elettrodici, una membrana anionica, da utilizzare come elettrolita, ed un substrato catodico idrofobico.

LA 1.22 - Produzione di H₂ diretta da fonte solare: studio della chimica degli elettrodi e primo prototipo di cella fotoelettrocatalitica [RSE]

Studio di letteratura per l'individuazione di materiali anodici da accoppiare al BiVO₄ per migliorarne le prestazioni di cella e/o della foto-corrente prodotta.

LA 2.1 - Upgrading, sperimentazione e integrazione dei processi Power to Gas presso l'impianto MENHIR [ENEA]

Nel primo semestre è stato dato avvio ai test sulla produzione di idrogeno svolta sull'elettrolizzatore alcalino da 25kWe recentemente acquisito presso il C.R. E. di Casaccia.

Si è dato altresì corso alla progettazione definitiva dell'impianto prototipale di metanazione con la descrizione tecnica generale, la definizione dei limiti di batteria, dell'architettura di controllo della lista equipment, della lista strumenti, del layout generale e dello schema di processo.

LA 2.2 – Analisi e modellazione del processo di metanazione biologica per applicazioni Power To Gas [URM1-DICMA]

È stata effettuata una analisi critica della letteratura scientifica riguardo l'applicabilità reale di modelli cinetici biologici nell'ambito della progettazione di reattori di biometanazione individuando quelle maggiormente rappresentative da un punto di vista industriale e quindi di reale applicabilità per la modellazione dell'unità di processo) per procedere a una modellazione in ambiente Aspen Plus di un reattore cinetico, per una prima analisi di sensibilità dei parametri operativi (temperatura, pressione, concentrazione nutrienti, tempo di residenza, portate dei reagenti).

LA 2.4 - Power to gas bioelettrochimico: test sperimentali di biometanazione con reattore a gocciolamento e individuazione di ambiti applicativi per uno scaling-up dei processi di elettrometanogenesi microbica [RSE]

Biometanazione. Test di funzionalità del reattore per metanazione biologica 1 e della relativa strumentazione di acquisizione dati funzionali alla sperimentazione pianificata nella presente LA.

Elettrometanogenesi. È iniziata l'attività sperimentale per la messa a punto di elettrodi catodici a base di multicompositi di carbone-rame e idrossiapatite, da utilizzare nei sistemi di elettrometanogenesi. Avvio della preparazione di alcuni elettrodi da sperimentare preliminarmente in celle elettrochimiche da laboratorio. È iniziata la ricerca di strumentazione di monitoraggio dei gas di cui dotarsi.

LA 2.6 - Definizione di un sistema di captazione di CO₂ da suolo in scala da laboratorio per applicazioni Power to Gas [ENEA]

Nel primo semestre è stata condotta un'accurata ricerca bibliografica sui siti di degassamento naturale di gas endogeni, presenti nel centro Italia, al fine di individuare il contesto litologico e geomorfologico di formazione e la tipologia dei gas presenti (CO₂, H₂S, radon, etc) e le loro concentrazioni, in quanto la condizione di saturazione è diversa per ogni acquifero. In particolare, sono stati oggetto di studio i seguenti siti di degassamento naturale: Mefite in Valle d'Ansanto; Apparato vulcanico dei Colli Albani; Cava dei Selci; S. Maria delle Mole; Solfatara di Pomezia; Fiumicino; Palidoro; Monti Sabatini; Caldara di Manziana; Orvieto-Alfina.

LA 2.8 - Integrazione delle tecnologie di captazione e trattamento di gas da suolo e progetto di massima di un prototipo di captazione CO₂ per applicazioni Power to Gas

Nel primo semestre è stato approfondito lo stato dell'arte delle tecnologie di captazione delle esalazioni di gas da sottosuolo al di sopra della falda.

Inoltre, sono state raccolte le informazioni disponibili in merito ai siti di degassamento naturale di CO₂ disponibili per la sperimentazione. Di questi sono stati raccolti i dati relativi alle distribuzioni spaziali e temporali delle portate di gas, nonché della composizione chimica.

LA 2.12 - Studio dell'integrazione di tecnologie di accumulo elettrico e di produzione di idrogeno elettrolitico per la definizione di sistemi ibridi alimentati da fonti rinnovabili [UCA-DIEE]

Nel primo semestre è stato analizzato lo stato dell'arte relativo alle tecnologie e alle topologie dei sistemi di conversione utilizzati per interfacciamento degli elettrolizzatori alla rete elettrica di distribuzione. In particolare, sono state analizzati i sistemi di conversione AC/DC utilizzati per l'alimentazione degli elettrolizzatori e le strategie di controllo utilizzate, nonché i relativi vantaggi e svantaggi.

LA 2.14 - Progettazione e sviluppo di energy storage per favorire l'integrazione tra rete elettrica e rete gas [UPAR]

Nel I semestre sono state avviate le attività di progettazione preliminare del sistema di energy storage e di definizione dei requisiti del sistema stesso.

Nell'ambito della progettazione preliminare sono stati indentificati i componenti che, opportunamente integrati, consentono di realizzare il sistema. In particolare, i componenti sono: un elettrolizzatore per la generazione di idrogeno dotato di sistema di purificazione che consente di raggiungere una purezza del 99.99%, un sistema di accumulo dell'idrogeno in serbatoi a bassa pressione (30 bar) basato sulla tecnologia degli idruri metallici, una cella a combustibile PEM per la produzione di energia elettrica, un convertitore di interfaccia rete, un sistema di gestione e controllo per l'ottimizzazione del funzionamento in tutte le condizioni operative e i sistemi ausiliari necessari per la sua installazione in diverse configurazioni.

Il sistema è progettato per essere integrato con un impianto a fonte rinnovabile ed il dimensionamento si basa sullo sviluppo di un modello di ottimizzazione che mira a massimizzare lo sfruttamento della fonte rinnovabile. Il modello di ottimizzazione ha consentito di individuare le taglie ottimali dei componenti in base al tipo di configurazione ed installazione.

La definizione dei requisiti del sistema di energy storage ha richiesto l'analisi del mercato con riferimento ai componenti che devono essere integrati nel sistema. Sono state individuate quelle tecnologie che, pur se innovative e caratterizzate da elevate prestazioni, hanno un discreto mercato che ne consente un adeguato approvvigionamento.

È stata condotta anche l'analisi di mercato delle tecnologie di energy storage alternative a quella proposta nel progetto. Tale attività ha consentito di indirizzare meglio la scelta dei componenti in riferimento a diversi aspetti quali innovazione, compatibilità ambientale (con riferimento al ciclo di vita dei componenti) e costi.

Per il sistema di elettrolisi è stata scelta la tecnologia PEM in quanto rappresenta una soluzione all'avanguardia per ottenere in modo efficiente l'idrogeno. Gli elettrolizzatori a membrana polimerica funzionano all'interno di un intervallo di temperatura accuratamente calibrato, che in genere varia da 50°C a 80°C. Questa scelta progettuale garantisce che il processo avvenga entro limiti termici sicuri,

cercando al tempo stesso di ottenere la massima efficienza energetica possibile. Inoltre, gli elettrolizzatori PEM sono progettati per funzionare a pressioni moderate, spesso comprese tra 1 e 30 bar. Questo equilibrio tra la generazione efficace di idrogeno e i requisiti pratici di ingegneria contribuisce in modo significativo alla fattibilità complessiva di questa tecnologia. Inoltre, gli elettrolizzatori PEM sono caratterizzati da una buona efficienza (> 50%). Tale efficienza in genere può variare in base a diversi fattori, come le variabili operative e la progettazione del sistema. Anche l'aspetto della durabilità è un aspetto essenziale. Pertanto, le caratteristiche prestazionali degli elettrolizzatori PEM, che comprendono una finestra di temperatura operativa limitata e pressioni moderate, rendono tale tecnologia particolarmente idonea per praticità ed efficacia ad adattarsi in modo flessibile ad applicazione che richiedono una diversa potenza.

Per l'accumulo idrogeno con idruri metallici sono stati analizzati i diversi tipi di idruri che possono essere utilizzati in base alla loro capacità di assorbimento di idrogeno, alla disponibilità sul mercato e ai costi. Le proprietà di tali materiali sono caratterizzabili mediante diagrammi pressione-composizione-temperatura (PCT) che riportano l'andamento della pressione rispetto alla composizione durante i cicli di idrogenazione (H) e deidrogenazione (D) secondo isoterme. Generalmente, il processo H/D per tali idruri metallici segue un ciclo d'isteresi, fenomeno che si attribuisce all'espansione della matrice durante l'idrogenazione, la quale induce una deformazione plastica. Quando viene rilasciata una minima quantità di idrogeno, la struttura si rilassa e il desorbimento procede ad una pressione inferiore. La struttura delle curve H/D è determinata dal processo di idrogenazione. L'idrogeno diffonde all'interno della struttura cristallina del metallo e si colloca negli interstizi disponibili. Dalle valutazioni effettuate si è individuato come tipo di idruro idoneo al progetto Hydralloy (size 0-2 mm).

LA 2.15 - Modellistica di componenti per la produzione ed il trattamento di idrogeno elettrolitico basato sulla tecnologia alcalina [UCBM]

È stato svolto un approfondito studio di letteratura sui processi utilizzati in diversi ambiti (sperimentali e/o industriali) per la produzione di idrogeno elettrolitico da varie tecnologie (alcalina, a membrana ed alta temperatura). Tali tecnologie sono state confrontate dal punto di vista prestazionale e dell'impatto ambientale. Sono state, inoltre, individuate le diverse tipologie di modellazione già presenti in letteratura.

LA 2.17 - Definizione e sviluppo del modello in excel e, per i componenti elettrolizzatore, stoccaggio idrogeno e suo uso nella mobilità, del modello in matlab/simulink per lo studio parametrico della variazione del costo dei gas rinnovabili nell'applicazione Power to Gas [UMAR]

Nel primo semestre sono state svolte due attività principali. In primo luogo, è stato dedicato un approfondimento dello stato attuale della tecnologia PtG, con un'attenzione particolare allo studio e all'ottimizzazione dei modelli per il calcolo del LCOX. Durante questa fase di ricerca, sono stati esaminati diversi articoli e report di rilievo nazionale ed internazionale che hanno consentito di evidenziare la carenza di una specifica individuazione di diverse configurazioni di impianto PtG in relazione a varie fonti di input energetico, tipologia di approvvigionamento della CO₂ e, infine, applicazioni finali.

Inoltre, è stata condotta l'individuazione e la raccolta dei dati di input tecnico-economici necessari per lo sviluppo del modello. Tale processo si è basato sia sulle informazioni disponibili in letteratura sia sulle offerte commerciali dei componenti pertinenti.

LA.2.19 Metodologie e strumenti volti alla valutazione e mitigazione del rischio di sistemi di accumulo e trasporto di idrogeno e blend [URM1-DICMA]

Nel primo semestre è stato approfondito lo stato dell'arte sulle metodologie e sugli strumenti utilizzati per la valutazione del rischio di sistemi stoccaggio dell'idrogeno. La raccolta di questi dati ha permesso di identificare:

- i metodi di valutazione del rischio utilizzati
- i criteri e la rappresentazione del rischio (matrice del rischio/curve FN)
- le fonti utilizzate per la valutazione della frequenza delle perdite e degli incidenti
- i metodi di calcolo e gli strumenti utilizzati per determinare le distanze di danno
- gli scenari critici per la sicurezza
- le principali barriere di sicurezza per gli scenari critici

LA 2.21 - Intensificazione del processo di idrogenazione diretta della CO₂ a DME mediante sviluppo di sistemi catalitici ibridi combinati con matrici idrofile assorbenti: Preparazione mediante robocasting di un sistema catalitico multi-metallico di riferimento in grado di attivare la CO₂ a bassa temperatura [CNR]

L'attività di periodo ha portato all'ottimizzazione del protocollo di preparazione dei sistemi ibridi multi-canale mediante micro-estrusione controllata da robot cartesiano, con caratterizzazione reologiche delle paste catalitiche e misure di resistenza meccanica eseguite sul catalizzatore strutturato finito dopo calcinazione. In particolare, la strategia utilizzata è stata focalizzata sulla micro-estrusione di strutture tridimensionali a base di Cu, adottando una geometria cilindrica, con un controllo preciso dell'interfaccia tra le linee estruse. Le paste sono state stampate in aria con un'umidità relativa del 60% e una temperatura di 23 °C. Infine, i monoliti stampati sono stati essiccati in aria a temperatura ambiente e poi calcinati per rimuovere il legante organico.

LA 2.23 - Power to fuels: ottimizzazione dell'impianto Power to fuels (P2G/L) e sperimentazione a supporto [SOTACARBO]

È stata avviata l'attività di ottimizzazione del prototipo sperimentale Power to fuels (P2G/L), la cui realizzazione presso la piattaforma pilota Sotacarbo è stata completata nel precedente triennio. Nello specifico, è stata condotta una campagna sperimentale preliminare (con catalizzatori commerciali a base di rame e zinco in forma di pellet e in condizioni di reazione accuratamente selezionate) finalizzata alla definizione precisa degli interventi di messa a punto dell'impianto, necessari al miglioramento delle prestazioni operative. Le principali modifiche impiantistiche apportate nel periodo di riferimento hanno riguardato la sezione di adduzione gas (in modo da sfruttare la piena potenzialità dell'unità prototipale in termini di massime pressioni esercibili) e l'installazione di diversi rilevatori gas. In parallelo, le prove di appoggio in laboratorio sull'impianto bench-scale XtL hanno permesso di verificare le condizioni ottimali di funzionamento di alcuni catalizzatori e analizzare alcuni aspetti particolari del processo, per ottimizzare le sperimentazioni nell'impianto P2G/L limitandole alle condizioni operative più significative per contenere sia i tempi che i costi. L'attività di ricerca è stata ulteriormente arricchita con l'avvio di uno studio relativo alla possibilità di integrare l'impianto P2G/L con una sezione di cattura della CO₂ direttamente dall'aria (DAC) e un elettrolizzatore per la produzione di idrogeno verde. Considerando l'innovazione tecnologica, la maggiore modularità, le minori temperature in fase di adsorbimento/rigenerazione e preso atto delle capacità minime di cattura del DAC a solvente liquido e della sua economia di scala, l'attenzione è stata focalizzata sulla progettazione di massima di un impianto di cattura di CO₂ dall'aria a sorbente

solido (solid-DAC). Oltre ad un elettrolizzatore di tipo PEM, è stata studiata la possibilità di inserire un elettrolizzatore a membrana a scambio anionico (AEM). La progettazione è accompagnata da un'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment – LCA) delle due tecnologie innovative, eseguite con il supporto del software SimaPro con un approccio “cradle-to-gate” in cui si stabilisce una definizione dei confini del sistema analizzato che si conclude con l'ottenimento del prodotto finale.

LA 2.26 - Sviluppo di un sistema integrato reversibile rSOFC bidirezionale per l'upgrading di syngas/biogas/metano (es. da biomasse) [CNR]

È stato analizzato il funzionamento dei reattori di reforming / metanazione integrati (con il relativo bilancio di massa ed energia) e sono state studiate diverse configurazioni di accoppiamento tra i reattori termochimici in modo da massimizzare le rese di metano. Successivamente è stata selezionata una possibile cella SOFC/SOEC per la realizzazione a banco (in laboratorio) del sistema dimostrativo con il reattore di pretrattamento. In base alle alternative individuate, sono state identificate sia la taglia (1-3kW SOFC, 3-9kW SOEC) che le condizioni di lavoro (portate dei gas di alimentazione, pressioni nei rami dell'impianto) adeguate al funzionamento integrato dei due sottosistemi.

LA 2.29 - Sperimentazione e monitoraggio di componenti e apparecchiature per il trasporto e la distribuzione del gas con miscele di idrogeno e metano presso campo prova rete gas [ENEA]

Nel corso del primo semestre, sono state avviate le attività di valutazione mirate a determinare gli adeguamenti necessari per destinare una sezione specifica del campo prove ai test sperimentali. Questi test sono finalizzati alla caratterizzazione e validazione di materiali e componenti delle reti del gas naturale, considerando l'utilizzo di miscele di idrogeno e gas naturale con composizioni variabili e misurate.

Il Campo Prove di Arezzo assume un ruolo di rilevanza in quanto costituisce un modello in scala ridotta del sistema di distribuzione del gas naturale, completo di tutti i componenti distintivi. Pertanto, mediante adeguamenti appropriati, sarà possibile impiegarlo per caratterizzare e validare il comportamento e le prestazioni di materiali, dispositivi e strumenti. Inoltre, sarà possibile definire le procedure operative di gestione e manutenzione quando si operi con miscele di idrogeno e gas naturale a percentuali variabili e misurate.

Come risultato di questa valutazione iniziale, sono stati condotti studi di dimensionamento e progettazione di vari componenti che si rivelano fondamentali per le fasi successive dell'attività. Questa fase preliminare è cruciale per assicurare che il Campo Prove di Arezzo sia adeguatamente preparato e attrezzato per le sperimentazioni future, contribuendo così a garantire l'accuratezza e l'affidabilità dei risultati ottenuti durante i test sperimentali condotti sul campo prove.

LA 2.30 - Studio della compatibilità delle utenze per l'uso di diverse miscele di idrogeno-metano allacciate alla rete gas [UCAS]

In questo semestre, è stata condotta una attività preliminare di studio della letteratura scientifica sugli effetti dell'iniezione di idrogeno nel gas naturale sui misuratori installati nelle reti (trasporto e distribuzione), su caldaie e bruciatori di uso civile ed industriale e sui sistemi di odorizzazione del gas naturale.

In particolare, l'analisi della letteratura sugli effetti sulla misura è stata estesa sia a misuratori di grande (i.e., trasporto) che di piccola (i.e., distribuzione) taglia, ravvisando l'opportunità di concentrare le successive attività di ricerca sui contatori domestici di diverso principio di misura (e.g. a membrana, ultrasuoni e massici termici). Il research gap è stato individuato nella carenza di lavori

scientifici su contatori domestici statici di nuova generazione, in particolare per contenuti di idrogeno fino al 23%vol (limite massimo per la progettazione degli apparecchi domestici a gas dal 1996), sia nuovi di fabbrica che rimossi dalla rete.

LA 2.31 – Iniezione di idrogeno nelle reti di distribuzione del gas: supporto alla sperimentazione e analisi ed elaborazione dei dati rilevati [UFI]

Sono state condotte attività inerenti alla Modellazione delle reti di distribuzione del gas naturale con iniezione di idrogeno, soprattutto sono state buttate le basi per la soluzione della rete fluidodinamica. Per prima cosa è stata condotta una ricerca bibliografica sulle reti di distribuzione del gas naturale e sui modelli fluidodinamici per risolvere una rete fluidodinamica. Contestualmente è stata condotta una ricerca bibliografica per definire le proprietà chimiche e fisiche dei gas.

Risulta fondamentale condurre simulazioni fluidodinamiche di una rete di distribuzione reale. Infatti, deve essere garantito lo standard fluidodinamico del gas erogato, ossia deve essere verificato che le tubazioni (e quindi i nodi collegati alle tubazioni) funzionino in uno specifico intervallo di pressione e velocità. In Italia, le tubazioni per il Gas Naturale sono classificate dall'ente di normazione italiano (UNI) in base alla pressione di esercizio come tubi ad Alta Pressione (AP: I, II, III specie), tubi Media Pressione (MP: IV, V, VI specie), e Bassa Pressione (BP: VII specie). Così esistono vincoli operativi e normativi di una rete di distribuzione in Italia.

Inoltre, è stata modellata una rete di distribuzione del gas naturale (NGDN: Natural Gas Distribution Network). Essa è costituita da alcuni elementi come nodi, tubazioni, valvole, cabine ReMi (Cabine di Regolazione e Misura - CGS: Stazioni City Gate) e stazioni di regolazione della pressione (GR: Gruppi di riduzione), ripetuti più volte. Sono generalmente assegnate le Pressioni alle cabine ReMi e ai Gruppi di Riduzione (GR), poi viene assegnata la portata di gas naturale prelevata in ogni punto/nodo della rete. Così risultano determinabili le pressioni in ciascun nodo e le portate (quindi anche le velocità) in ogni tubazione.

La pressione del gas deve rientrare nell'intervallo specificato dalle norme italiane UNI 9165 (CIG, 2020) e UNI 11323 (CIG, 2016). Come la norma UNI 9165 specifica il limite superiore e inferiore della pressione in un tubo e la pressione minima del gas erogata all'utente (e quindi il valore limite inferiore delle tubazioni di VII specie), come specificato nella UNI 11323, non deve essere inferiore a 17 mbarg.

Poiché la rete è stata progettata per il Gas Naturale, è necessario verificare se la miscelazione dell'idrogeno possa causare il superamento di questi limiti.

LA 2.32 - Studi di sostenibilità ambientale e socioeconomica [USI]

È stata condotta una ricerca sugli studi LCA dei sistemi e delle tecnologie di elettrolisi per la produzione di idrogeno verde pubblicati nella letteratura scientifica al fine di effettuare una meta-analisi delle performance ambientali ed energetiche dei processi disponibili a vari TRL.

LA 2.33 - Mappatura e censimento di caratteristiche di reti di trasporto e distribuzione del gas e analisi della compatibilità dei materiali con l'uso di miscele idrogeno-metano [UNA1]

È stato effettuato uno studio delle normative di riferimento in quanto ad oggi non c'è ancora un quadro ben definito. La Direttiva Gas (direttiva 2009/73/CE) consente l'immissione in rete dell'idrogeno se miscelato con gas naturale. Tuttavia, non vengono specificate le quantità consentite di H₂. Nello studio si è presa visione delle seguenti normative:

- DM 16/04/2008 Regola Tecnica per la Distribuzione gas;

- DM 17/04/2008 Regola Tecnica per il Trasporto gas;
- DM 18/05/2018 Regola Tecnica sulla Qualità del gas
- UNI EN 10208:2009 “Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili - Condizioni tecniche di fornitura” che costa di due parti:
 - UNI EN 10208-1:2009 che fa riferimento a Tubi della classe di prescrizione A;
 - UNI EN 10208-2:2009 che fa riferimento a Tubi della classe di prescrizione B, che presenta requisiti di qualità superiori alla classe di requisito A.
- UNI EN ISO 3183:2019 “Tubi di acciaio per i sistemi di trasporto per mezzo di condotte”, che annulla e sostituisce le UNI EN 10208-1 e UNI EN 10208-2;
- UNI EN 10255 “Tubi in esecuzione filettata fino al DN 80 (3”)”.

Dallo studio è emerso che attualmente non ci sono linee guida ben definite per l’implementazione di idrogeno nella rete nazionale principalmente a causa di mancanza di dati tecnici/sperimentali a riguardo.

LA 2.36 - Trasporto e stoccaggio dell'idrogeno puro e in miscela: aspetti di sicurezza e normativa per l'immissione in rete [RSE]

Sicurezza. Indagine bibliografica sullo stato dell’arte della sicurezza dello stoccaggio sotterraneo dell’idrogeno puro o in miscela con GN. Identificazione dei test sperimentali (benchmark) su cui testare le potenzialità di alcuni strumenti di calcolo di RSE per la valutazione di sicurezza H2.

Normativa. Redazione del questionario, presi contatti con gli esperti e definizione della mailing list per l’invio dello stesso.

LA 2.38 - Stoccaggio geologico dell'idrogeno puro e in miscela: protocolli sperimentali, definizione casi studio e benchmark, impostazione del database [RSE]

Laboratorio idrogeno. Sono stati organizzati numerosi incontri con diverse università per individuare il laboratorio dove eseguire le prove e si è valutata la necessità di un eventuale acquisto della strumentazione necessaria. Sono stati definiti i test di laboratorio e sono stati individuati alcuni campioni di roccia da sottoporre ai test.

Studi modellistici e realizzazione del database. Indagine preliminare sui contenuti del database e sulla possibilità di implementare nel codice GeoSIAM, relativamente ai depositi salini, un nuovo modello d’interazione H2-aria.

LA 3.1 - Celle a combustibile sustainable by design: Design di piatto e stampa 3D [CNR]

L’attività ha riguardato essenzialmente il dimensionamento elettrico dello stack PEM, in particolare, a partire dal livello di potenza previsto da progetto (2,5 -5 kW) sono stati calcolati: il valore dell’area attiva (75 cm²), il numero di celle (51 per 2,5 kW) la tensione e la corrente di lavoro (38 V, 67 A). Per lo stack sono state scelte condizioni operative il più possibile vicine a un funzionamento di tipo stazionario, in accordo con i fini della Ricerca di Sistema Elettrico (T=75 °C, p=1,5 bar, stechiometria H₂/aria = 1,2/4 umidità relativa 50%). Nel corso dell’attività sono stati forniti modelli 3D di componenti stack precedentemente realizzati per poter avviare l’attività 3.3 (“Analisi preliminare della linea produttiva”) relativa all’automazione. Infine è stato stabilito il layout di piatto per il successivo disegno esecutivo.

LA 3.3 - Celle a combustibile sustainable by design: analisi preliminare della linea produttiva [CNR]

Revisione della letteratura per la concettualizzazione di un sistema automatico basato su robot antropomorfi a singolo o doppio braccio per sovrapporre i singoli strati di stack PEFC, verificandone allo stesso tempo il corretto orientamento. Indagini preliminari sul possibile uso di un sistema di visione (telecamere e algoritmi di elaborazione delle immagini) da integrare al sistema robotico, per ridurre eventuali errori di posizionamento dei piatti bipolari, delle guarnizioni e dei MEA all'interno dello spazio di lavoro del manipolatore robotico.

LA 3.5 - Test di EGR emulato su impianto AGATUR [ENEA]

Sono stati verificati i sistemi, sia hardware che software, relativi allo stoccaggio della CO₂ in fase liquida, al suo preriscaldamento e alla sua immissione all'aspirazione del compressore della microturbina dell'impianto AGATUR, per effettuare i successivi test di EGR emulato.

LA 3.6 - Definizione preliminare di una strategia di combustione fuel-flexible per microturbina [ENEA]

In questa fase iniziale, come richiesto esplicitamente dai valutatori, è stato condotto uno studio relativo allo stato dell'arte delle tecnologie di combustione per turbine a gas, focalizzando l'attenzione su quelle promettenti per l'idrogeno. Da questo studio, è stato identificato un mix di tecnologie su cui basare la successiva progettazione di un nuovo bruciatore fuel-flexible per turbine a gas.

LA 3.11 - Effetto dell'idrogeno in miscela con gas naturale su componenti e impianti alimentati a gas: caratterizzazioni iniziali e primi test sperimentali [RSE]

Identificazione dei profili di carico e pianificazione della campagna sperimentale per ciascun livello di concentrazione della miscela.

LA 4.1 - Disseminazione e comunicazione dei risultati [CNR]

Promozione e divulgazione dei risultati conseguiti, aggiornamento continuo delle pagine web dedicate sul sito del CNR-DIITET, la partecipazione al comitato di redazione di Res Magazine, organizzazione Workshop di progetto.

LA 4.2 - Disseminazione e comunicazione dei risultati [ENEA]

Le attività si sono principalmente concentrate sull'organizzazione di riunioni di coordinamento tra affidatari e cobeneficiari. Si è inoltre partecipato a meeting del programma di collaborazione tecnologica IEA Hydrogen, dell'Agenzia Internazionale per l'Energia.

LA 4.3 - Disseminazione e comunicazione dei risultati [SOTACARBO]

Le attività di comunicazione e diffusione dei risultati svolte nel primo semestre del 2022 hanno riguardato:

- l'incontro tecnico con i rappresentanti del Centro Combustione Ambiente e dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" per definire procedure di prova e dettagli tecnici delle modifiche impiantistiche da apportare all'impianto pilota Faber in vista delle future campagne sperimentali (Roma 21-22.02.2022);
- la realizzazione di un seminario sulle attività di ricerca condotte da Sotacarbo sulle tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica in occasione della Scuola di Dottorato sulle tecnologie power-to-fuels dell'Università di Genova (25.05.2022);
- la partecipazione al Convegno nazionale della ricerca di sistema elettrico: Diffusione dei risultati e prospettive della ricerca di sistema elettrico (Roma 22.06.2022);

- la pubblicazione di n° 4 articoli originali di taglio divulgativo pubblicati sul sito Sotacarbo.it:
 - Zoe Junior: l'effetto serra spiegato ai bambini (data di pubblicazione: 24.01.2022);
 - L'idrogeno da fonti rinnovabili piace (data di pubblicazione: 31.01.2022);
 - Tassonomia verde? Semaforo giallo (data di pubblicazione: 04.02.2022);
 - Indipendenza energetica è guardare avanti (data di pubblicazione: 15.03.2022);
- la pubblicazione di n° 10 articoli originali di taglio divulgativo sulla rivista digitale Onlynaturalenergy.com:
 - “Soonstainability” (01.01.2022);
 - “No finance, no fix” (01.01.2022);
 - “China’s power outages and its double carbon target 3060” (01.01.2022);
 - “Is local eating loco?” (01.01.2022);
 - “Australia’s two-way strategy” (01.01.2022);
 - “Raw War” (01.04.2022);
 - “Zhangjiakou’s next gold medal” (01.04.2022);
 - “The Original Sin of American wilderness” (01.04.2022);
 - “The untapped power of nuclear fusion” (01.04.2022);
 - “EU Energy Policy at a Crossroads” (01.04.2022);
- una pubblicazione scientifica che riguarda il lavoro svolto nel triennio precedente, di cui il presente progetto è la prosecuzione: “Stefano Sollai, Andrea Porcu, Vittorio Tola, Francesca Ferrara, Alberto Pettinau, *Renewable methanol production from green hydrogen and captured CO₂: A techno-economic assessment*, Journal of CO₂ Utilization, Volume 68, 2023, 102345, ISSN 2212-9820, <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102345>”.

LA 4.4 - Disseminazione e comunicazione dei risultati (RSE, dal mese 1 al mese 18) [RSE]

Le attività di disseminazione hanno visto la presentazione di 4 memorie a congressi e convegni e l'incontro con le Università sul Piano Triennale 2022-2024 della Ricerca di Sistema Elettrico.