

COPRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E IDROGENO CON CATTURA DELLA CO₂

Tema di ricerca 5.2.5.9 - Centrali elettriche per la coproduzione di energia elettrica e idrogeno

Scenario di riferimento

Nell'attuale quadro energetico internazionale assumono particolare rilevanza le politiche e le iniziative volte alla messa a punto di tecnologie pulite del carbone, che consentano da un lato una maggiore differenziazione delle fonti energetiche, favorendo la transizione verso un più ampio ed articolato ricorso alle rinnovabili, dall'altro lo sviluppo di tecnologie per la produzione da tale fonte di idrogeno ed energia elettrica, aprendo la strada verso una possibile economia basata su questi due ultimi vettori energetici.

Il contesto internazionale ed europeo sollecita l'adozione di una strategia per lo sviluppo delle tecnologie CCS (Carbon Capture & Storage) per impianti di produzione di energia elettrica, con la preparazione di un documento di "Vision" e di una Road-map, e l'avvio di un programma nazionale per la dimostrazione di tali tecnologie.

Nel nostro Paese esistono le condizioni tecniche ed il know how necessario per avviare un programma nazionale al passo con i tempi e coordinato con le iniziative europee ed internazionali. Molti progetti sono in corso e altri sono in fase di avvio, in un quadro però di scarso coordinamento.



Obiettivi

Le attività di ricerca sono focalizzate su tecnologie che derivano dagli IGCC (Integrated Gasification Combined Cycles) e si basano su impianti di gassificazione del carbone che producono elettricità e idrogeno con sequestro (separazione e stoccaggio definitivo) della CO₂. L'obiettivo di fondo è quello di favorire l'integrazione delle varie iniziative in Italia – già avviate, in fase di definizione, o in fase di proposta – e consentire una più ampia ed efficace

partecipazione del nostro Sistema Paese ad importanti iniziative internazionali.

Gli obiettivi principali sono così sintetizzabili:

- Contribuire alla definizione di una Road-map per l'avvio di un programma italiano di dimostrazione delle tecnologie CCS associate ad impianti di produzione di energia elettrica ed idrogeno per usi diversi.
- Sviluppare le attività di ricerca volte allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie basate sull'impiego del carbone per la produzione combinata di idrogeno ed elettricità
- Favorire una più ampia, autorevole e qualificata partecipazione del sistema italiano impresa/ricerca ai grandi programmi ed iniziative europee ed internazionali quali CSLF, ZEP, HYPOGEN, FUTURGEN, IEA e Programmi FP7/8.



Risultati

Studi e sperimentazioni sui fenomeni di cleaning ad elevata temperatura del syngas prodotto da gassificazione innovativa del carbone

Tali attività sono state eseguite nei laboratori ENEA della Casaccia, attraverso prove sperimentali per approfondire le conoscenze di base su tematiche quali la pirolisi, la desolforazione mediante sorbenti a base di dolomite e la gassificazione del carbone con idrogeno (idrogassificazione), fondamentali per l'utilizzo efficiente e a basso impatto ambientale del carbone, anche di bassa qualità come quello del Sulcis.

L'attività sulla desolforazione mediante sorbenti solidi ha dimostrato la fattibilità di un processo di assorbimento sia dell'anidride carbonica che del solfuro di idrogeno (H_2S), ad una temperatura compresa tra i 500 ed i 600 °C, mediante l'utilizzo dello stesso sorbente solido. I test hanno inoltre fornito le necessarie indicazioni su come configurare un possibile dispositivo per effettuare entrambi i processi in linea e procedere alla

rigenerazione del sorbente separando nel contempo i composti solforati.

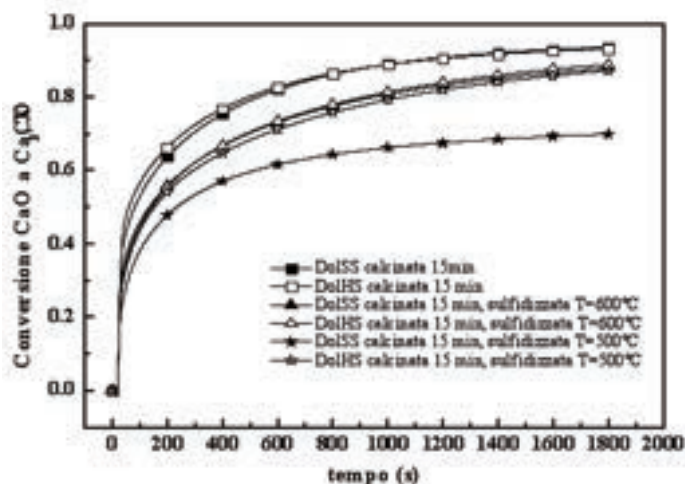
L'attività sulla devolatilizzazione e la pirolisi del carbone Sulcis ha permesso di acquisire i dati sulla cinetica della reazione e di testare positivamente un modello di calcolo per caratterizzare il processo anche in condizioni non riproducibili in laboratorio. L'obiettivo futuro è quello di mettere a punto una configurazione di processo, alternativa alla gassificazione in letto fluido convenzionale, che sfrutti in maniera più efficace l'elevato contenuto di volatili del carbone del Sulcis, in particolare il contenuto energetico dei tar presenti, e nel contempo utilizzare il char residuo in modo ottimale.

Sempre in questa ottica di ricerca di soluzioni più avanzate per la gassificazione di carboni difficili come quello del Sulcis, si è intrapresa l'attività sperimentale sull'idro-gassificazione, identificandone con esattezza i range operativi ottimali.

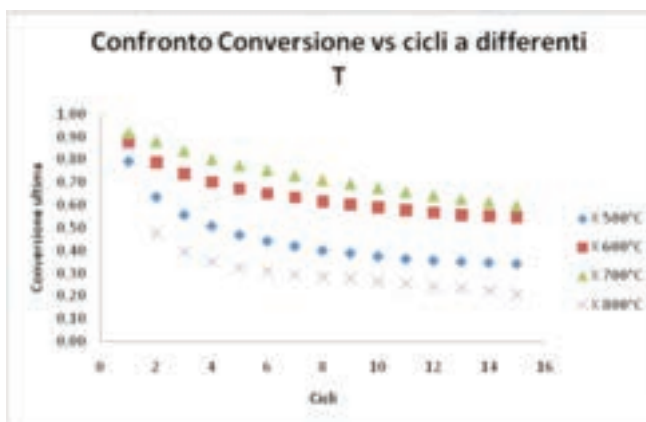
Studio di un impianto pilota associato a tecnologie CCS ad elevata efficienza

Tale studio è finalizzato alla determinazione delle caratteristiche progettuali di un impianto pilota, di taglia approssimativa di 5 MW_t, che utilizzi il processo Zecomix come tecnologia CCS.

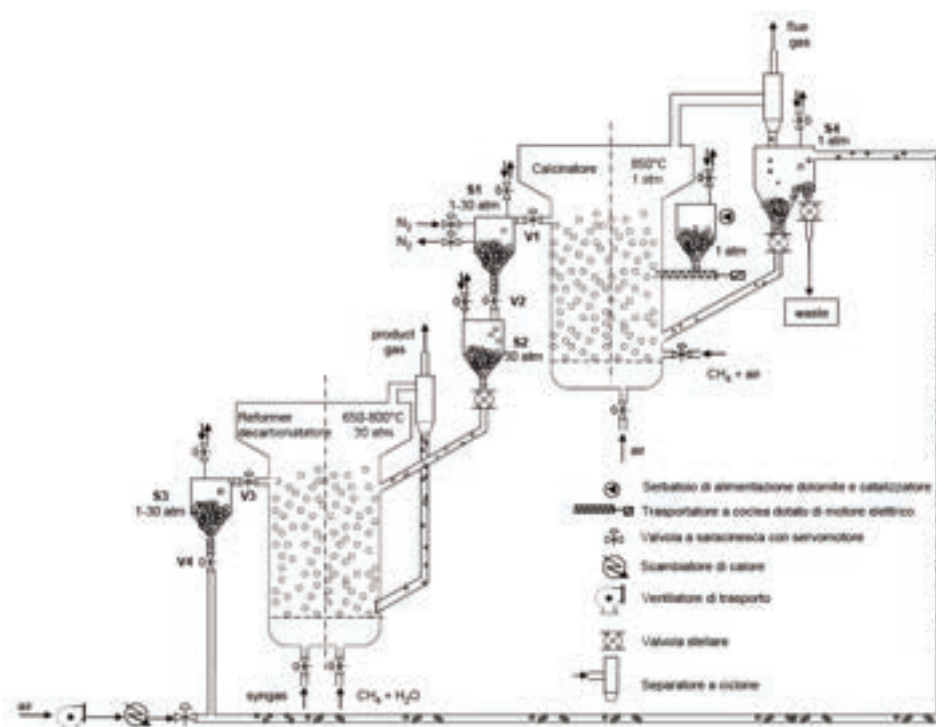
Le attività svolte direttamente da ENEA hanno riguardato la sperimentazione, con attrezzature esistenti, sul ciclo CaO–CaCO₃ per la cattura della CO₂ ad alta temperatura e sulla combustione dell'idrogeno con ossigeno e vapore, tramite l'impianto sperimentale IDEA (IDrogeno Experimental Activities). La prima attività ha proseguito la sperimentazione iniziata il primo anno, che si era fermata al 4° ciclo di rigenerazione del sorbente, spingendo lo studio fino a condizioni di regime, ossia ad un numero sufficientemente elevato di cicli da ritenere stabilizzate le condizioni di efficienza del processo. La seconda ha riguardato lo studio del comportamento di fiamme di tipo "swirlato".



Effetto della presenza di zolfo sulla conversione della dolomite calcinata con due diverse granulometrie (DolSS: 0,4-0,6 mm, DolHS: 0,6-1,6 mm)



Andamento della conversione del sorbente al variare del numero di cicli



Una possibile configurazione impiantistica per la realizzazione del ciclo Zecomix in continuo

È stata esaminata una configurazione impiantistica di decarbonatazione/calcinazione, per un impianto pilota, basata sul funzionamento a doppio reattore con circolazione continua del sorbente, che rispetto a quella studiata nella precedente annualità (doppio reattore funzionante in batch, più adatto alle piccole taglie) assicura il mantenimento di condizioni operative di pressione diverse nelle due fasi e quindi una maggiore ottimizzazione di esercizio, soprattutto alle taglie più elevate. Tale configurazione si ritiene possa essere quella di un futuro impianto prototipale (Università dell'Aquila, Dipartimento di Chimica, Ingegneria Chimica e materiali).

Infine, è stato realizzato un gassificatore a letto fluido ad ossigeno allo scopo di produrre un syngas a base di CO e H₂ partendo da varie tipologie di carbone, anche ad alto contenuto di zolfo (carbone del Sulcis), e di effettuare una desolforazione preliminare all'ingresso al reattore di carbonatazione/reforming dell'impianto Zecomix.

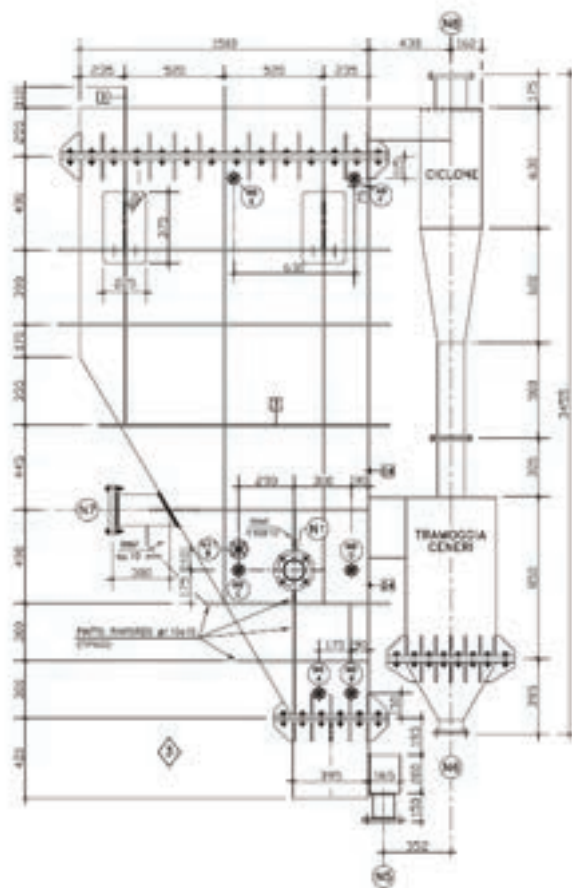
Studi su sistemi non convenzionali di separazione e stoccaggio della CO₂ per la piccola/media taglia

Sono state svolte due attività distinte, una di analisi e dimensionamento di un impianto basato sull'utilizzo della cella a combustibile a carbonati fusi (MCFC) come "concentratore" di CO₂ allo scarico di una turbina a gas, l'altra in stretta collaborazione con l'Università di Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneria Civile, per lo studio delle potenzialità della carbonatazione di minerali e residui industriali per lo stoccaggio

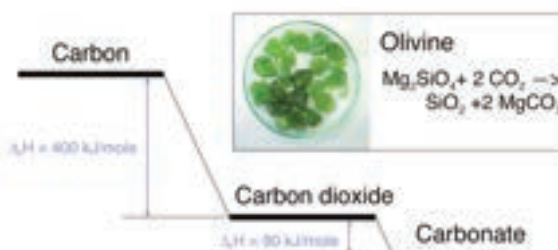
dell'anidride carbonica. Entrambe le attività hanno permesso di analizzare sistemi particolarmente indicati per le piccole taglie, laddove i sistemi CCS "convenzionali" non sembrano essere applicabili per ragioni di costo.

Il primo processo analizzato presenta aspetti interessanti soprattutto dove la CO₂ è particolarmente diluita (come allo scarico delle turbine a gas). Lo studio effettuato ha messo in rilievo gli aspetti da approfondire per ottimizzare il sistema, soprattutto in relazione alla pressione di funzionamento della cella e il rapporto tra le potenze elettriche di turbina e cella. Il risultato finale è l'ottenimento di una corrente concentrata di CO₂ (25-30% in volume) da inviare ai sistemi di cattura.

Per quanto riguarda il secondo processo studiato, la Mineral Carbonation, esso non si presenta in realtà come alternativa alla tecnologia di riferimento, costituita dallo stoccaggio geologico negli acquiferi salini, in quanto non sembra essere applicabile alle taglie usali degli impianti di produzione concentrata di energia (centinaia di MW_e) ma, piuttosto, ad impianti di produzione distribuita di potenze medio basse (al più qualche decina di MW_e). Un aspetto interessante del processo è quello di essere potenzialmente applicabile direttamente al fluido contenente la CO₂, evitando in tal modo la fase di cattura. Tale eventualità è più concreta nel caso in cui la CO₂ non sia troppo diluita e questo può fare considerare l'ipotesi dell'integrazione con il sistema basato sulla turbina a gas e la cella a combustibile.



Vista gassificatore lato alimentazione carbone



Mineral Carbonation

Contributo alla definizione della Road-map tecnologica italiana sulle tecnologie zero emission da carbone. Attività di informazione tecnologica e divulgazione delle tecnologie rivolta sia al pubblico che alle imprese

Le attività svolte hanno consentito da una parte la presenza nei tavoli nazionali ed internazionali di discussione ed aggiornamento delle priorità e quindi delle Road-map, dall'altra un'intensa attività di diffusione dei risultati della ricerca e di divulgazione tecnologica. Sono stati organizzati ed effettuati due convegni internazionali, uno a Roma e l'altro a Ischia; è stato attivato un portale sulle tecnologie zero-emission

(www.zeroemission.enea.it) con un'ampia sezione dedicata alle "Clean Coal Technologies" ed alle tecnologie CCS; tale portale è in fase di aggiornamento per quanto riguarda l'impiantistica dell'ENEA e delle società partecipate dedicate allo sviluppo di queste tecnologie. Le attività future riguardano in particolare la partecipazione con attività di ricerca e sviluppo al Joint Program sulle tecnologie CCS dell'European Energy Research Alliance (EERA), oltre alla partecipazione alle numerose iniziative a livello internazionale per lo sviluppo e dimostrazione delle tecnologie CCS e CCT, quali il Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), la piattaforma europea sugli impianti alimentati a combustibili fossili a emissioni zero (ZEP) e i gruppi di lavoro dell'Implementing Agreement della IEA "Clean Coal Center".



Impianto ZECOMIX per studi sperimentali sulla gassificazione del carbone per produzione di energia elettrica con emissioni zero

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.