

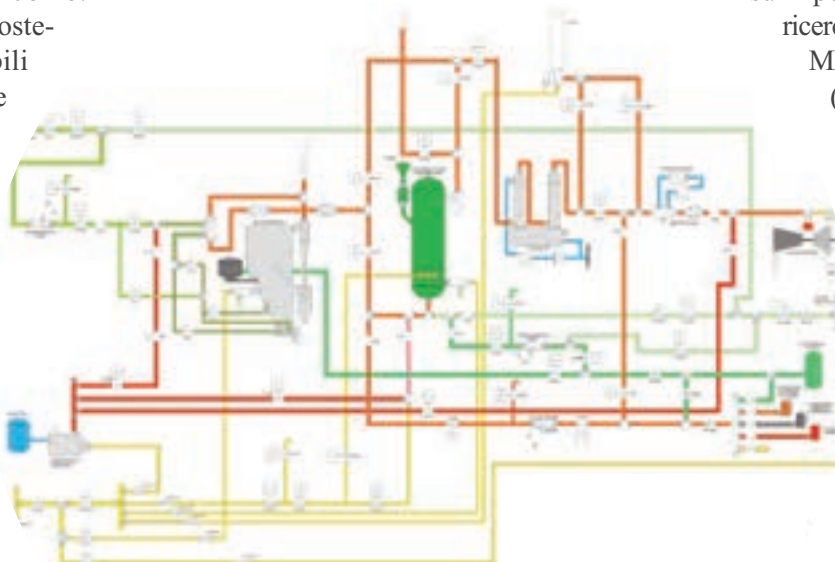


## Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili, cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>

### Scenario di riferimento

L'impossibilità di sostituire, almeno per qualche decennio, quote significative di combustibili fossili con fonti alternative a basse o nulle emissioni, rende necessario adottare soluzioni che limitino l'impatto conseguente al loro utilizzo, e siano compatibili con gli obiettivi di contenere le alterazioni climatiche. Queste considerazioni valgono in particolare per il carbone che è il principale combustibile impiegato a livello mondiale per la produzione di energia elettrica, e allo stesso tempo quello a maggiore intensità di carbonio.

L'obiettivo di un uso sostenibile dei combustibili fossili e in particolare del carbone, di cui è nota l'abbondanza ed economicità, può essere perseguito puntando al miglioramento dell'efficienza energetica, legata all'innovazione dei cicli termodinamici e all'utilizzo di materiali innovativi, e in particolare allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie CCS (Carbon Capture and Storage) in grado di catturare la CO<sub>2</sub> e confinarla in maniera definitiva senza immetterla in atmosfera e senza rischi futuri per l'ambiente. Tali obiettivi risultano credibili e praticabili, grazie alle nuove tecnologie già oggi disponibili e alle prospettive offerte dalla ricerca e sviluppo, e in tale ambito l'ENEA è da tempo impegnato con importanti iniziative di ricerca e dimostrazione.



### Obiettivi

Obiettivo finale di tale programma di attività è quello di favorire lo sviluppo di tecnologie avanzate per un utilizzo pulito dei combustibili fossili e del carbone in particolare, supportando la realizzazione di impianti dimostrativi con l'ambizione di contribuire al superamento delle principali problematiche legate alla penalizzazione, in termini di costo e di rendimento, che lo stato attuale delle tecnologie CCS implicano

nelle applicazioni energetiche. A tal fine le attività vengono condotte su importanti infrastrutture di ricerca di ENEA (ZECOMIX) e di SOTACARBO (COHYEXCE), inserite nella roadmap italiana delle Infrastrutture di Ricerca di interesse paneuropeo, dislocate rispettivamente presso il Centro Ricerche Casaccia dell'ENEA e presso il Centro Ricerche Sotacarbo in Sardegna.

I principali obiettivi riguardano:

- a. Definizione e messa a punto delle migliori tecnologie per produrre un syngas idoneo, sia come composizione che come pulizia, ai successivi processi di trasformazione in combustibili liquidi o gassosi;
- b. Studio e ottimizzazione dei processi di produzione di combustibili liquidi da carbone (CTL -Coal To Liquid);
- c. Sviluppo di tecnologie "pre-combustion" basate sull'uso di sorbenti solidi ad alta temperatura;
- d. Ottimizzazione di tecnologie ossicombustione in condizioni atmosferiche e pressurizzate ;
- e. Sviluppo di tecnologie "post-combustion" basate su ammine;

- f. Attività progettuale per il dimensionamento di un impianto dimostrativo che preveda la cattura e il sequestro della CO<sub>2</sub> in sito idoneo;
- g. Valorizzazione della CO<sub>2</sub>.

## Risultati

### Sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione

Le attività hanno riguardato l'ottimizzazione di processi e apparecchiature per la gassificazione del carbone a letto fisso e di sensoristica innovativa per la diagnostica e il controllo. Attività sperimentali sono state condotte su impianti della Piattaforma Pilota Sotacarbo e presso il C.R. ENEA Casaccia, operando con diversi agenti gassificanti e in diverse condizioni di funzionamento. Sono stati acquisiti dati e competenze sui processi di cleaning del syngas da gassificazione (lavaggio, desolfurazione e separazione di polveri e tar). Gli impianti Sotacarbo sono stati inoltre utilizzati per effettuare test di produzione di energia elettrica. È stato sviluppato e validato un codice per la simulazione del processo di gassificazione utilizzando dati sperimentali provenienti dall'impianto di gassificazione a letto fisso (GESSICA) di ENEA.

### Processi avanzati di gassificazione/pirolisi per il clearing di syngas

Sono state approfondite le conoscenze sui processi di devolatilizzazione e pirolisi applicati a tipologie di carbone di basso rango, finalizzate alla messa a punto di un processo innovativo di produzione di syngas pulito e di char a basso contenuto di zolfo. L'attività di laboratorio, effettuata variando i principali parametri operativi dei processi, ha permesso la caratterizzazione sia dei prodotti gassosi che del solido residuo (char e ceneri). È stata valutata la possibilità di utilizzare un sorbente a base di dolomite come catalizzatore delle reazioni sul tar e come assorbitore di CO<sub>2</sub> e di composti solforati (H<sub>2</sub>S). La caratterizzazione delle ceneri ha fornito informazioni utili a valutare il loro possibile utilizzo in processi di carbonatazione minerale.

### Produzione di combustibili liquidi da carbone (Coal To Liquid)

È stata definita la configurazione impiantistica, la taglia e la tecnologia più idonea per la realizzazione di un impianto per produzione di combustibili liquidi anche da carboni di basso rango (elevato contenuto di zolfo e tar). L'ana-



*Piattaforma Pilota Sotacarbo*



*Piattaforma sperimentale ZECOMIX*

lisi di sistema ha riguardato sia la taglia di un impianto dimostrativo, che a quella per l'integrazione con la piattaforma sperimentale di Sotacarbo. Sono state condotte analisi di sensibilità con codicistica di sistema per individuare e dimensionare l'impianto. È stato condotto lo studio di prefattibilità tecnico-economica delle differenti configurazioni individuate. Attività sperimentali, a supporto dell'analisi di sistema, condotte su scala laboratorio, hanno riguardato lo studio del processo Fisher Tropsch, e le condizioni operative.

**Cattura della CO<sub>2</sub> a elevata temperatura mediante sorbenti solidi a base di ossido di calcio**

È stato messo a punto un sorbente solido della CO<sub>2</sub> ad alta efficienza e durata. È stato completato l'impianto sperimentale ZECOMIX, per prove di assorbimento della CO<sub>2</sub> e dell'H<sub>2</sub>S dal syngas prodotto mediante gassificatore di carbone a letto fluido a ossigeno.

È stato allacciato il gassificatore a letto fluido a ossigeno, il reattore di decarbonatazione (carbonatatore), per testare il processo di produzione e la concomitante pulizia di un syngas a elevato contenuto di idrogeno e senza composti solforati, da mandare in turbina. Lo stesso sorbente, utilizzato per la cattura della CO<sub>2</sub>, può essere utilmente impiegato per l'assorbimento dell'H<sub>2</sub>S. A differenza dei sistemi di cattura con solventi, i sorbenti solidi, lavorando a temperature prossime a quelle di produzione del syngas, consentono configurazioni impiantistiche con minori perdite energetiche. Il sorbente solido utilizzato è a base di ossidi di calcio con l'aggiunta di opportuni inerti e catalizzatori. Esso mira a raggiungere un compromesso tra efficienza di assorbimento della CO<sub>2</sub> alla temperatura desiderata (500-700 °C) e durata del sorbente stesso (numero di cicli assorbimento /rigenerazione). L'aggiunta di opportuni additivi e una scelta ottimale della granulometria contribuisce a ritardare fenomeni di sinterizzazione che fanno diminuire la superficie utile per la diffusione della CO<sub>2</sub> all'interno del sorbente, e quindi aumentare il numero di cicli efficaci per il processo.

**Processi di cattura della CO<sub>2</sub> con solventi**

Sono state acquisite competenze in merito alla cattura della CO<sub>2</sub> da syngas con ammine. È stata effettuata una comparazione prestazionale tra ammine primarie, secondarie, terziarie e/o miscele, valutando l'influenza dei principali parametri di processo sull'efficienza di cattura. È stato analizzato il processo di rigenerazione termica dei solventi. In parallelo è stata sviluppata una modellistica specifica relativa all'impiego di diversi solventi. La finalità è quella di sviluppare modelli di supporto alle attività sperimentali.

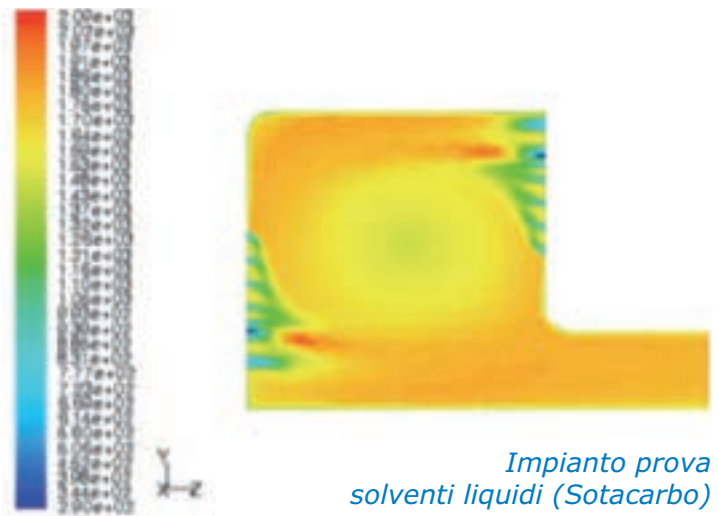


*Impianto prova solventi liquidi (Sotacarbo)*

**Sviluppo di nuovi bruciatori avanzati per la combustione di syngas ricchi di idrogeno**

È stato sviluppato un nuovo bruciatore avanzato per turbogas, di tipo "Trapped Vortex" per una combustione stabile, efficiente, e a basse emissioni di syngas ricchi di idrogeno, da impianti operanti in modalità "pre-combustion".

Tale bruciatore realizza condizioni di combustione estremamente innovative, con sostanziale assenza del fronte di fiamma (combustione Flamaless), ampliando grandemente il range operativo di combustione stabile rispetto agli attuali sistemi "lean-premix". L'attività ha visto una prima fase di analisi numerica attraverso la quale si è pervenuti al progetto che verrà realizzato e testato su impianti ENEA.



*Impianto prova solventi liquidi (Sotacarbo)*

## Ottimizzazione del processo di ossi-combustione di polverino di carbone

Sono stati sviluppati strumenti numerici per la simulazione non stazionaria di flussi multifase in dispositivi a ossi-combustione di interesse industriale. Gli sviluppi modellistici fisico-numerici sono stati finalizzati all'integrazione nel codice CFD-LES HeaRT di proprietà ENEA. Accanto allo sviluppo di modelli per la fisica delle miscele multifase sono state sviluppate tecniche numeriche atte a consentire tempi ragionevoli di simulazione. Queste tecniche sono state integrate nel codice HeaRT. Parallelamente alle attività di tipo numerico-informatico è stata sviluppata modellistica multi-fase, sulla base dei risultati di validazione ottenuti nell'anno precedente. Un'altra attività ha riguardato la cinetica chimica legata ai processi di volatilizzazione e ossidazione di carbone. È stato sviluppato un modello cinetico dettagliato, basato su un meccanismo a 59 specie e 70 reazioni. Contemporaneamente è stato sviluppato un modello cinetico semplificato, specifico per ciascun carbone, da integrare in codici CFD commerciali, con risultati sufficientemente accurati. Sono state condotte sperimentazioni sugli impianti IPFR e FOSPER di IFRF, al fine di ottenere dati sperimentali da utilizzare per la validazione dei modelli.

## Tecnologie alternative di utilizzo e fissaggio della CO<sub>2</sub>

È stato sviluppato e affinato il processo di metanazione. È stato allestito un apparato sperimentale per studi sulla resa finale della reazione, e sulla valutazione degli effetti di avvelenamento, da parte di composti solforati (SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S), del catalizzatore di reazione. Parallelamente, è stato sviluppato un nuovo solvente per l'assorbimento della CO<sub>2</sub> in effluenti gassosi provenienti dai grossi impianti di combustione. Sono stati effettuati test del nuovo solvente brevettato, basato su resorcina in ambiente basico. La semplicità del processo di cattura rende tale metodo particolarmente adatto all'impiego ciclico (assorbimento e desorbimento della CO<sub>2</sub>). I risultati su un sistema non ancora ottimizzato, mostrano prestazioni incoraggianti per il futuro.

## Pre-fattibilità di un impianto dimostrativo a carbone con cattura e confinamento geologico della CO<sub>2</sub>

È stato realizzato uno studio relativo alla realizzazione e gestione di un impianto dimostrativo di produzione di energia da carbone, con contemporanea cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub> prodotta, con confinamento geologico

in un idoneo sito localizzato nel bacino del Sulcis. In tale ambito è stata condotta un'importante attività di sperimentazione e ottimizzazione della relativa rete di monitoraggio geochimico. Oltre all'inquadramento del progetto nello specifico bacino minerario, si è proceduto all'aggiornamento del quadro normativo relativo alla produzione e distribuzione di energia elettrica. Sulla base delle tecnologie disponibili, è stata operata la scelta tecnica relativa alla tipologia di impianto più idonea. Sono state condotte analisi e valutazioni economico-finanziarie relative all'investimento.

## Comunicazione e diffusione dei risultati

Sono state realizzate azioni di promozione dei risultati ottenuti nel campo delle tecnologie CCS e CCT, organizzando convegni, e partecipando a gruppi di lavoro a supporto dei Ministeri. Tra questi ultimi: il Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), la piattaforma europea sugli impianti alimentati a combustibili fossili a emissioni zero (ZEP), i gruppi di lavoro dell'Implementing Agreement della IEA "Clean Coal Center" e la European Energy Research Alliance (EERA) nell'ambito del Joint Program su CCS.



**Area di ricerca:** Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

**Progetto 2.2:** Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili, cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>

**Referente:** : A. Calabrò, antonio.calabro@enea.it