

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili, la cattura e il sequestro della CO₂

Scenario di riferimento

È unanime la consapevolezza che sarà impossibile sostituire, almeno per qualche decennio, quote significative di combustibili fossili con fonti alternative a basse o nulle emissioni di CO₂, e che quindi è sempre più necessaria adottare soluzioni che limitino l'impatto sull'ambiente conseguente al loro utilizzo, e siano compatibili con gli obiettivi di contenimento delle alterazioni climatiche.

Queste considerazioni valgono per il metano e ancor più per il carbone che è il principale combustibile impiegato a livello mondiale per la produzione di energia elettrica (genera circa il 30% dell'elettricità dell'UE, il 50% in USA, il 75% in Cina) e anche quello a maggiore intensità di carbonio.

Il ricorso al carbone per la generazione elettrica, necessario per soddisfare la domanda sempre maggiore di energia, risulta condizionato, oltre che dall'impiego di tecnologie pulite sempre più efficaci nella riduzione delle emissioni di macro e micro inquinanti, anche dall'introduzione di soluzioni in grado di abbattere radicalmente le emissioni di anidride carbonica. Da questo punto di vista, occorre puntare da un lato al miglioramento delle efficienze energetiche, legate all'innovazione dei cicli termodinamici e all'utilizzo di materiali innovativi, dall'altro allo sviluppo e dimostrazione di tecnologie di cattura e confinamento della CO₂ (tecnologie CCS).

L'utilizzo di tecnologie CCS può ridurre dell'80-90% le emissioni di CO₂ causate dagli impianti di potenza, a scapito però di una riduzione dell'efficienza energetica di circa 8-12 punti percentuali. Molte delle tecnologie CCS sono già disponibili ma hanno bisogno di essere ottimizzate dal punto di vista sia energetico che di processo, e di essere testate su scala dimostrativa, al fine di ottenere indicazioni

precise sui costi aggiuntivi e sulle perdite energetiche associate.

Altre tecnologie, concettualmente più avanzate, devono essere sperimentate e testate su scala significativa.

In linea con gli indirizzi europei e nazionali (con riferimento al Documento di Strategia Energetica Nazionale), una adeguata attività di R&S svolta dall'ENEA e dal sistema della ricerca pubblica, consentirà di conseguire alcuni obiettivi di interesse strategico che si concretizzano nel contribuire efficacemente alla riduzione delle emissioni italiane di CO₂, nel consentire al sistema nazionale di limitare i costi della produzione di energia elettrica nel prossimo futuro e di porre l'industria nazionale in grado di competere sul mercato internazionale e, in particolare, in quello delle economie emergenti.

Nel settore della R&S sulle tecnologie CCS, vi è un forte impegno internazionale - seppur contrastato dalla crisi economica internazionale e dalla ridotta efficacia dei dispositivi finanziari - rivolto da una parte alle problematiche di ottimizzazione impiantistica, ai fini di una applicazione immediata delle CCS nei futuri dimostrativi, dall'altra alla messa a punto di tecnologie completamente nuove che consentano di ottenere risultati prestazionali, in termini di efficienza e di costo, sempre più prossimi a quelli delle tecnologie convenzionali attuali.

Un altro settore in espansione è quello relativo alle tecnologie di "riutilizzo" della CO₂ una volta separata, al fine di produrre nuovi combustibili o "chemicals", in contesti ove la disponibilità di energia (leggi surplus da fonti rinnovabili), o la disponibilità ad esempio di idrogeno, rendono la cosa economicamente sostenibile. In tale ottica si preferisce parlare di tecnologie CCUS ossia "Carbon Capture Utilization and Storage".

Obiettivi

Il Progetto ha per finalità lo sviluppo, la validazione teorico/sperimentale e la dimostrazione, su scala significativa, di un ventaglio di tecnologie innovative per l'impiego sostenibile di combustibili fossili, siano esse indirizzate alla produzione di elettricità con ridotte emissioni di gas serra, o alla produzione di combustibili gassosi e liquidi e al riutilizzo della CO₂, in alternativa allo stoccaggio.

Le attività perseguono il duplice obiettivo di risolvere le principali problematiche tecniche connesse alle nuove tecnologie e di ridurre le penalizzazioni, in termini di costo e di rendimento, che l'attuale stato delle tecnologie di cattura e sequestro implicano.

Il Progetto comprende sia attività di nuova impostazione che la prosecuzione e/o il completamento di attività sviluppate nelle precedenti annualità.

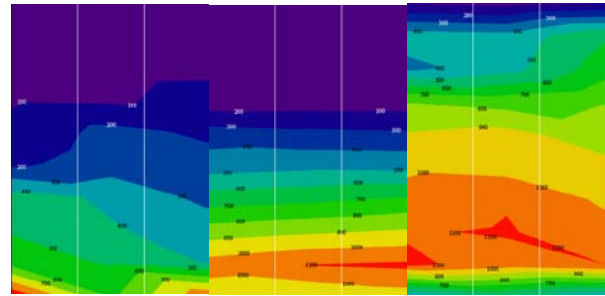
Il grado di maturità delle tecnologie proposte è assai differente: a fianco a soluzioni tecnologiche più mature, applicabili nel breve-medio termine, per le quali lo sforzo è principalmente rivolto alla riduzione degli extra-costi, vengono studiate metodologie più avanzate che consentano, sul lungo termine, soluzioni tecnologiche caratterizzate da prestazioni energetiche e ambientali maggiori. Nello specifico settore di ricerca l'ENEA è da tempo fortemente impegnata in tutte le principali filiere tecnologiche di cattura della CO₂ (pre-, oxy- e post-combustione) e della successiva sequestrazione geologica. Tali attività hanno portato al consolidamento di un significativo know-how in materia e alla realizzazione di importanti infrastrutture sperimentali sia in ENEA che presso la partecipata SOTACARBO S.p.A. Di recente sono state avviate attività relative al "riutilizzo" della CO₂ per la produzione di combustibili.

Una particolare attenzione è rivolta allo sfruttamento di carboni di basso rango, caratterizzati da alto contenuto di Zolfo e TAR, e tra questi al carbone del Sulcis, per le ovvie implicazioni di carattere economico e sociale. In questo ambito, una specifica menzione merita lo studio di fattibilità di una piattaforma dimostrativa che, partendo dalla combustione di un carbone estratto dalle miniere del Sulcis, consenta la separazione e il sequestro geologico della CO₂ nel locale bacino carbonifero.

Risultati

Sperimentazione e ottimizzazione del processo di gassificazione

È stata condotta una vasta attività sperimentale sulla gassificazione del carbone, in relazione a "rango", pezzatura, agente gasificante, e sulla co-gassificazione di carbone e biomassa. Sono state realizzate importanti facility sperimentali presso Sotacarbo ed ENEA per la messa a punto della tecnologia e lo sviluppo di componenti innovativi, metodi di controllo, diagnostica.



Mappatura termica della parete del gassificatore Sotacarbo: fasi di avviamento, stazionario, pre-spegnimento

Pulizia del syngas

Rappresenta uno degli aspetti più delicati relativi all'utilizzo di un syngas a fini energetici. Sono state sviluppate tecnologie di pulizia del syngas per l'abbattimento delle polveri (a umido), la desolforazione (con sorbenti solidi a base di Zn e Fe), l'abbattimento del TAR (con cracking catalitico).

Processi avanzati di gassificazione/pirolisi e pulizia di syngas integrati, per l'utilizzo di carboni ad alto contenuto di Zolfo

È stato sviluppato un innovativo processo di gassificazione, basato su pirolisi preventiva e separata dalla fase di gassificazione, rivolto in particolare all'utilizzo di carboni di basso rango. È stato realizzato un impianto pilota per la messa a punto del processo.

Produzione di combustibili liquidi (CtL) e gassosi (H₂) con cattura della CO₂

Attraverso processi detti di "Coal to Liquid" può essere prodotto a partire da carboni di basso rango un combustibile liquido, privo di zolfo, a costi paragonabili con quelli commerciali. È stato realizzato un impianto pilota per la messa a punto della tecnologia Coal to Liquid, basata su sintesi Fischer-

Tropsch (sono stati selezionati i catalizzatori e determinati i parametri ottimi di funzionamento). È stato anche condotto uno studio di fattibilità tecnico-economica relativa ad un impianto di taglia industriale.



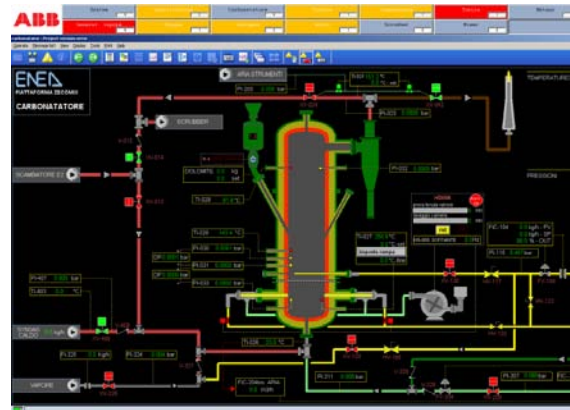
Impianto Ctl (Politecnico Milano)

Cattura della CO₂ ad alta temperatura mediante sorbenti solidi a base di ossido di calcio

Le tecnologie pre-combustione operano la “decarbonizzazione” del combustibile fossile a monte della combustione rilasciando un syngas ad alto contenuto di idrogeno utilizzabile come combustibile in impianti di produzione elettrica. Sono stati sviluppati sorbenti solidi ad alta temperatura, a base di CaO, altamente performanti, per la cattura della CO₂. È stato realizzato il primo esercizio di un Dimostrativo del ciclo ZECOMIX (Zero Emission Coal MIXed technology) che integra gassificazione, pulizia syngas e cattura della CO₂ con sorbenti e combustione di idrogeno per la produzione di energia elettrica.



Piattaforma sperimentale ZECOMIX



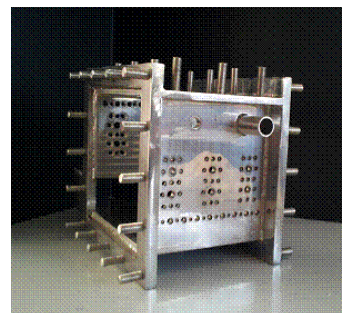
Sistema di controllo della piattaforma ZECOMIX: sinottico del Carbonatore

Studi modellistico/sperimentali sui processi di cattura della CO₂ con solventi

Sono stati realizzati presso Sotacarbo un impianto pilota (e laboratori di caratterizzazione a supporto) per il miglioramento di efficienza energetica, durabilità, efficienza di rigenerazione di solventi liquidi a base di ammine. È stata sviluppata una soluzione innovativa, sempre a base di ammine, ma “water-free”, caratterizzata da minor consumo energetico e tossicità, elevata durabilità e capacità rigenerativa. È stato brevettato (ENEA) un nuovo solvente (soluzione basica di resorcinolo) caratterizzato da alta efficienza energetica e di cattura, e minore tossicità.

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

Lo sfruttamento energetico, in turbine a gas, del syngas prodotto in processi di “decarbonizzazione pre-combustion” impone lo sviluppo di bruciatori innovativi. A tal fine è stato progettato e realizzato un bruciatore avanzato per turbine a gas, in grado di operare con syngas molto ricchi di idrogeno provenienti da processi di cattura pre-combustion, ed è stata realizzata una facility sperimentale per la sua validazione.



Bruciatore Trapped Vortex ENEA

Sviluppo di strumenti numerici per l'ottimizzazione di componenti

Sono stati sviluppati strumenti numerici e modelli per la simulazione stazionaria e non di flussi reattivi multifase (combustione di polverini di carbone, slurry, gas e syngas, in aria o ossigeno) e per la progettazione dei componenti. È stato completato lo sviluppo di un modello di cinetica chimica per la combustione di carbone, di tipo innovativo, a carattere predittivo, che richiede informazioni solamente sulla composizione elementare del carbone di partenza e sulle condizioni operative del processo.

Studi su tecnologie di utilizzo e fissaggio della CO₂

Sono state sviluppate tecnologie alternative al sequestro geologico della CO₂, finalizzate alla produzione di combustibili gassosi (metanazione) e alla fissazione chimica dell'anidride carbonica (carbonatazione dei residui solidi di gassificazione).

Studio e definizione preliminare di un impianto dimostrativo a carbone con cattura e confinamento geologico della CO₂

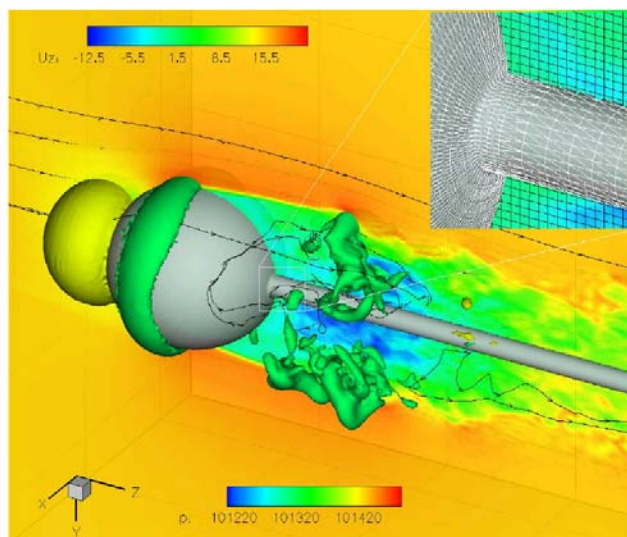
È stata effettuata la definizione preliminare di progetto di un Dimostrativo a carbone, di scala industriale, provvisto di cattura e confinamento geologico della CO₂ nel bacino carbonifero del Sulcis. Sono state comparate differenti configurazioni alternative sulla base di valutazioni tecnico-economiche. Sono state sviluppate metodologie innovative di valutazione dei costi della cattura.

Storage CO₂

È stata realizzata e utilizzata una rete di monitoraggio geochimico nel sito carbonifero del Sulcis, al fine di acquisire esperienza "sul campo" nella gestione della rete e caratterizzare il background naturale in relazione alle sue oscillazioni stagionali. Sono state prodotte Linee Guida per il monitoraggio geochimico dei siti.

Partecipazione a organismi internazionali

ENEA ha assicurato la presenza italiana in importanti contesti internazionali.



Simulazione con tecnica "Immersed Volume Method" – ENEA di geometrie complesse

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

Progetto 2.2: Studi sull'utilizzo pulito dei combustibili fossili e cattura e sequestro della CO₂

Referente: Stefano Giammartini, stefano.giammartini@enea.it

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: www.enea.it