



## Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub> prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili

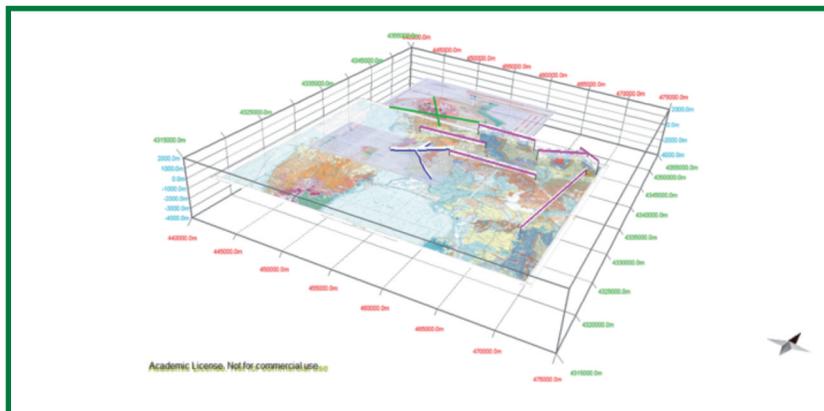
### SCENARIO DI RIFERIMENTO

È condivisa a livello internazionale la consapevolezza che sarà impossibile sostituire, almeno per qualche decennio, quote significative di combustibili fossili con fonti alternative a basse o nulle emissioni di CO<sub>2</sub>, e che quindi è necessario 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 CO<sub>2</sub> (tecnologie CCS). L'utilizzo di tecnologie CCS può ridurre dell'80-90% le emissioni di CO<sub>2</sub> 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 sia di processo, e di essere testate su scala dimo-

strativa per 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),

un'adeguata attività di R&S svolta dall'ENEA e dal sistema della ricerca pubblica permetterà di contribuire al conseguimento di obiettivi di interesse strategico quali la riduzione delle emissioni italiane di CO<sub>2</sub>, il contenimento dei



costi della produzione di energia elettrica nel prossimo futuro e la possibilità per l'industria nazionale 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 in termini di efficienza e di costo sempre più prossimi a quelli delle tecnologie convenzionali attuali. Un altro settore in espansione è quello riguardante le tecnologie di "riutilizzo" della CO<sub>2</sub> una volta separata, al fine di produrre nuovi combustibili o "chemicals", in situazioni ove la disponibilità di energia (correlata a surplus da fonti rinnovabili), o la disponibilità di idrogeno, rendono questi processi economicamente sostenibili. In tale ottica si preferisce parlare di tecnologie CCUS ossia "Carbon Capture Utilization and Storage".

## OBIETTIVI

Il Progetto ha per finalità lo sviluppo, la dimostrazione, la validazione teorica e sperimentale, 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 CO<sub>2</sub>, 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 avviate negli anni precedenti. 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, 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 CO<sub>2</sub> (pre-, oxy- e post-combustione) e del successivo sequestro geologico. 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., anche attraverso le attività svolte nell'ambito del Polo Tecnologico del Sulcis per il carbone pulito.



*Impianto VALCHIRIA; lato raffreddamento fumi*

Di recente sono state anche avviate attività relative al "riutilizzo" della CO<sub>2</sub> 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 pressurizzata in ossigeno di carbone, consenta la separazione e il sequestro geologico della CO<sub>2</sub> nel locale bacino carbonifero.

## RISULTATI

### **Tecnologie innovative per la cattura della CO<sub>2</sub> in pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi**

La ricerca affronta due tecnologie innovative di trattamento in pre-combustione di combustibili solidi, l'una relativa alla qualificazione sperimentale di un innovativo ciclo di de-carbonatazione e clean-up del syngas (da zolfo e tar), basato sull'uso di sorbenti solidi ad alta temperatura (ciclo ZECOMIX ad alto rendimento), l'altra relativa allo sviluppo di una tecnologia avanzata di pirolisi/gassificazione, per il trattamento di carboni di basso rango.

Con riferimento alla prima tecnologia, oltre ai materiali sorbenti di origine naturale, si stanno studiando materiali sintetici, sempre a base di CaO, che risultino essere più resistenti e stabili in operazioni che prevedono un certo numero di cicli di separazione

della CO<sub>2</sub> (cattura/rigenerazione). La sperimentazione del ciclo di assorbimento è effettuata sulla piattaforma ZECOMIX (Zero Emissione of CarbOn with MIXed technologies) situato presso il centro di ricerca ENEA Casaccia.

Il ciclo di pirolisi e gassificazione è invece studiato ed ottimizzato sulla piattaforma ENEA, denominata VAL.CH.I.R.I.A (VALorizzazione CHar, Impianto Ricerche Avanzate). Il processo consiste in una prima fase di produzione del syngas basato su devolatilizza-

zione/pirolisi del carbone, abbattimento del tar (mediante cracking termico e catalitico) e dello zolfo. Ciò determina la produzione di un char di qualità per la successiva gassificazione. Parallelamente, per lo studio della cattura della CO<sub>2</sub> post-combustione sono stati svolti, sull'impianto



“Pilota” presso la sede di Sotacarbo, test preliminari e sperimentazioni per ottimizzare il processo mediante l'impiego di solventi liquidi a base di ammine, in condizioni che simulano, grazie all'utilizzo di apposite miscele di gas, quelle di post-combustione, tipiche della cattura operata sui fumi provenienti dalla combustione di carbone in caldaie.

### **Co-gassificazione di carbone e biomasse**

L'attività riguarda l'adattamento dell'impianto “Dimostrativo” di gassificazione, già presente presso il Centro Ricerche Sotacarbo, per l'effettuazione di test di co-gassificazione di carbone e biomasse da filiera corta (come il cippato), con produzione di un syngas da impiegarsi per la generazione elettrica. Le attività si è articolata in due task: progetto e realizzazione delle modifiche dell'Impianto “Dimostrativo” SOTACARBO e successiva sperimentazione presso Impianto Dimostrativo attraverso prove funzionali su alcuni componenti per verificare e valutare gli interventi necessari per l'avviamento dello stesso

### **Tecnologie per l'ottimizzazione dei processi di combustione**

Con riferimento alla cattura in pre-combustione e in ossi-combustione, è opportuno sottolineare come un ruolo determinante sia giocato dall'ottimizzazione del processo di combustione.

Le attività svolte in tale contesto sono mirate allo sviluppo di metodologie numeriche avanzate per la simulazione dei processi di combustione e la progettazione di componenti. In particolare è stata effettuata la validazione di un modello di sottogriglia LTSM (Localized Turbulent Scale Model) per Large Eddy Simulation, implementato nel codice HearT di ENEA che permette di riprodurre e studiare l'interazione turbolenza/combustione in fiamme premiscelate.

### *Impianto di produzione di gas sintetico GESSYCA*

L'attività numerica si è concentrata anche sulla simulazione (LES) del bruciatore DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), studiato sperimentalmente nel progetto Europeo “PRECCINSTA”, caratterizzato da instabilità termoacustiche. In questo caso l'attività numerica ha lo scopo di testare e validare i modelli predittivi di fenomeni di instabilità già sviluppati da ENEA.

Per finire, sono state condotte simulazioni di tipo RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes, mediate nel tempo) con codice ANSYS-FLUENT per lo studio di combustori, convenzionali e di nuova concezione, in regime di ossi-combustione, e studi relativi a combustori con miscele di syngas.

### **Cicli a CO<sub>2</sub>**

L'attività di ricerca ha per obiettivo lo sviluppo un ciclo Brayton-Joule in configurazione semichiusa che utilizza CO<sub>2</sub> supercritica (S-CO<sub>2</sub>) come fluido di lavoro (oltre 31 °C e 7,3 MPa), alimentato mediante ossi-combustione di metano.

Il primo step di questo programma prevede una serie di esperienze esplorative effettuate, in condizioni sub-critiche, con l'ausilio dell'impianto sperimentale AGATUR, di cui la micro-turbina a gas ( $\mu$ GT) Turbec T100 ne rappresenta il cuore. La modellazione termodinamica connessa con l'attività in oggetto è finalizzata alla caratterizzazione del sistema, con l'obiettivo primario di ottenere uno strumento in grado di fornire previsioni di performance utili alla progettazione della facility in corso di completamento e alla definizione preliminare delle prove sperimentali. Il modello realizzato è stato validato con i dati ottenuti dalle acquisizioni effettuate nel corso di alcune prove appositamente predisposte. Una volta

effettuato il warm-up, la T100 è stata sottoposta ad una serie di variazioni di carico a gradini di ampiezza costante, in salita fino alla massima potenza e, in discesa, dalla massima potenza fino alla minima potenza stabile.

### Utilizzo della CO<sub>2</sub> per produzione di combustibili

Le esperienze condotte dall'ENEA in tema di utilizzazione della CO<sub>2</sub> hanno permesso di acquisire adeguate conoscenze che permettono un aumento di scala nell'approccio alla conversione di CO<sub>2</sub> in CH<sub>4</sub>. L'impianto "Fenice" è stato completato in ogni sua parte ed è entrato in esercizio nel marzo del 2014. Questo impianto consente di trattare fino a 200 NL/h di CO<sub>2</sub> e di ottenere una equivalente quantità di metano. L'elettrolizzatore che fornisce l'idrogeno (750 NL/h) è del tipo a doppia alimentazione, cioè da rete elettrica o da fotovoltaico, e consente quindi di testare l'intero ciclo di stoccaggio dell'energia solare sotto forma chimica.

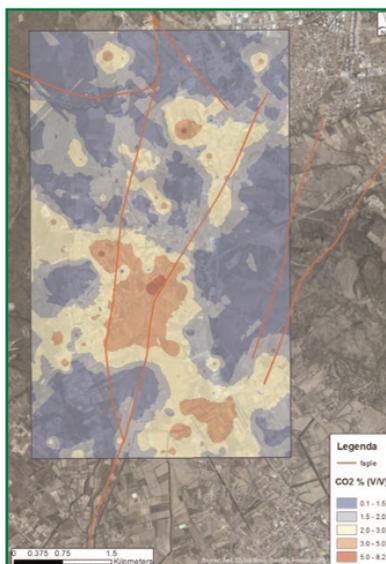
### Monitoraggio e storage della CO<sub>2</sub>

L'attività di ricerca è volta alla sperimentazione di due differenti tecnologie di stoccaggio della CO<sub>2</sub>, l'iniezione in acquiferi salini e lo stoccaggio in giacimenti non sfruttabili di carbone e l'ECBM: Enhanced Coal Bed Methane - con contemporanea estrazione del metano presente.

In particolare le attività si sono concentrate sulla ricostruzione e riorganizzazione del materiale di informazione esistente in merito alla geochimico nell'area del bacino del Sulcis, nonché analisi geosimiche e caratterizzazione del baseline dell'area del bacino. Quindi è stata effettuata una raccolta delle informazioni con ricostruzione critica delle attività pregresse e rilievo geostrutturale, sono state analizzate e razionalizzate le procedure autorizzative, le richieste di concessioni per attività di ricerca e prospezione ed infine sono state effettuate analisi geofisiche con caratterizzazione della baseline dell'area del bacino del Sulcis.



Impianto Fenice



Contour map della CO<sub>2</sub> nella valle di Carbonia e posizionamento delle sonde nei piezometri



Attività di monitoraggio della concentrazione e del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo

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

Progetto B.2: Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub> prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili

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