



## 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 sempre più necessario adottare soluzioni che limitino l'impatto sull'ambiente conseguente al loro utilizzo, e che 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 tec-

nologie 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 CO<sub>2</sub>, 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 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 CO<sub>2</sub> una volta sepa-



rata, 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 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, 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 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. Di recente sono state 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 di un car-

bone estratto dalle miniere del Sulcis, 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 post-combustione**

Le attività sono state indirizzate allo sviluppo di nuovi solventi liquidi caratterizzati da più elevate efficienze e minor tossicità. È opportuno sottolineare che tali solventi possono e saranno applicati anche al “lavaggio” di syngas in configurazioni di cattura pre-combustione.

Nel complesso delle attività, particolare attenzione viene rivolta alla valutazione dell'efficienza di cattura, della capacità di assorbimento specifico di CO<sub>2</sub> all'interno del singolo solvente, e della sua capacità di rigenerazione, del degradamento delle prestazioni del solvente utilizzato al variare del numero di cicli, della quantità specifica di energia necessaria alla rigenerazione. Tutte queste grandezze sono determinate variando i principali parametri di processo quali la tipologia e la concentrazione di solvente, la tipologia e la composizione delle correnti gassose trattate, le portate delle correnti liquide e gassose, la temperatura di rigenerazione.



*Reattori a bolle per la cattura della CO<sub>2</sub>  
Impianto Pilota SOTACARBO*

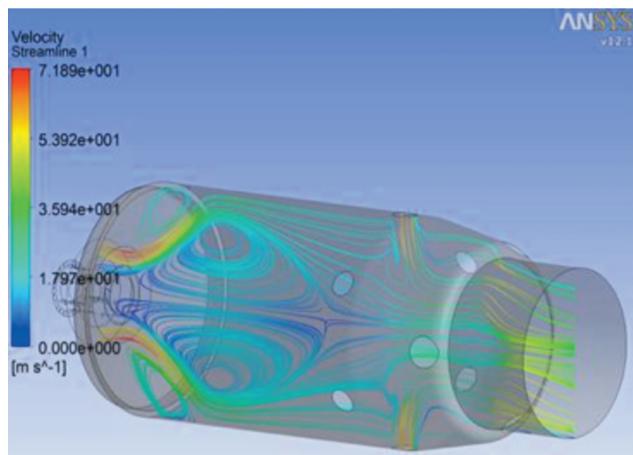
### **Tecnologie per la cattura della CO<sub>2</sub> in pre-combustione attraverso la produzione e il trattamento di combustibili gassosi e liquidi dal carbone**

Per quanto riguarda le tecnologie di cattura pre-combustione, comportando generalmente il passaggio attraverso una fase di pre-trattamento del combustibile (gassificazione e clean-up), l'attività si è articolata in tre linee di ricerca: i) ottimizzazione della tecnologia nota di gassificazione, trattamento e conversione del

syngas, e al parallelo sviluppo di un innovativo processo di pirolisi e gassificazione separate; ii) produzione di combustibili liquidi da carbone e contemporanea applicazione di tecnologie CCS; iii) cattura della CO<sub>2</sub> con sorbenti solidi basati su Ossidi di Calcio. Questi ultimi possono e saranno testati anche in configurazioni di cattura post-combustione su fumi.



*Piattaforma sperimentale ZECOMIX per lo sviluppo dell'omonimo ciclo di cattura della CO<sub>2</sub>*



*Iso-superficie di temperatura e velocità relative a un bruciatore di turbina a gas alimentato a CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>*

### **Tecnologie per l'ottimizzazione dei processi di combustione e di ossi-combustione**

Si è cercato di rispondere alle questioni relative alla cattura in pre-combustione e in ossi-combustione e al ruolo estremamente significativo giocato dall'ottimizzazione del processo di combustione, nel primo caso legato all'impiego di syngas molto ricchi di idrogeno in turbo-gas, nel secondo caso in relazione all'impiego di ossigeno puro in luogo di aria come comburente relativo. Le attività si sono articolate secondo due stadi: il primo relativo allo sviluppo di metodologie numeriche per la simulazione e la progettazione di componenti; il secondo relativo allo sviluppo di bruciatori innovativi per turbine a gas operanti con syngas. Per il primo stadio l'attività ha riguardato lo studio della combustione, in processi monofase e multifase, rivolto alla messa a punto di tecniche e modelli numerici, per simulazioni di tipo LES (Large Eddy Simulation), sviluppati all'interno del codice proprietario HeaRT, e, in relazione allo sviluppo dei metodi di simulazione predetti, lo studio delle fenomenologie di instabilità di combustione, l'individuazione di eventi precursori di instabilità e la definizione di metodi di controllo di processo di tipo attivo o passivo. Nel secondo stadio è stata affrontata la problematica dello sfruttamento energetico, efficiente e a basse emissioni, del syngas prodotto da gassificazione, e più in generale di NG (natural gas).

### **Cicli energetici ad alta efficienza "capture ready"**

Sono stati studiati cicli turbogas non convenzionali in riferimento alle tecnologie CCS, caratterizzati da elevata efficienza, operanti con miscele comburenti di tipo CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, e quindi "capture ready"; a tal fine è stato realizzato l'impianto sperimentale AGATUR (Advanced GAs Turbine Rising).

AGATUR è un impianto concepito per la sperimentazione su sistemi di conversione dell'energia basati su turbina a gas. L'impianto è particolarmente versato per il testing di cicli turbogas non convenzionali che utilizzano miscele gassose diverse dall'aria come fluido di lavoro. Esso è costituito da tre sezioni principali mutuamente connesse: la microturbina, il vessel e il generatore di vapore.



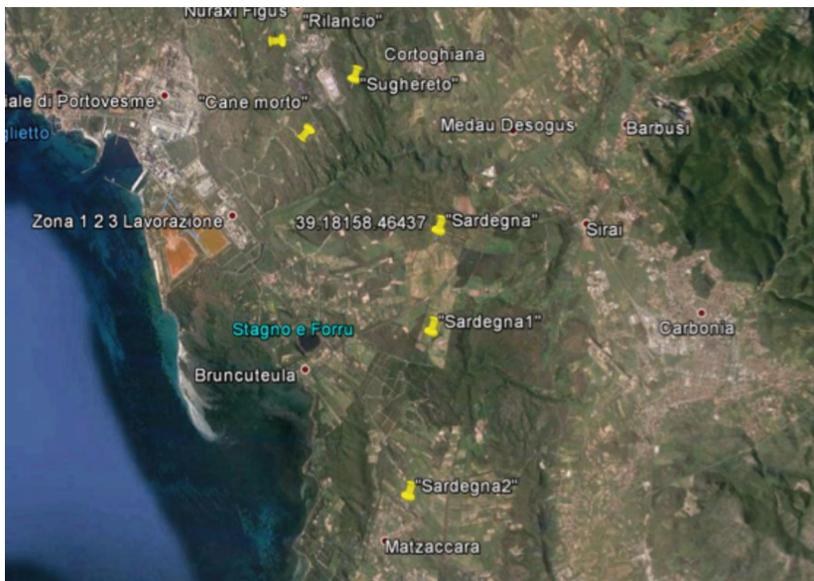
*Generatore di vapore*

### **Tecnologie per la rimozione permanente della CO<sub>2</sub>**

L'attività, attinente al tema centrale del sequestro definitivo della CO<sub>2</sub>, di tipo geologico, chimico o connesso al suo utilizzo, si è articolata in tre linee di ricerca: i) realizzazione e sperimentazione di una rete di monitoraggio geochimico della CO<sub>2</sub> e alla elaborazione di linee guida per la progettazione di una generica rete di monitoraggio; ii) utilizzo o alternativo fissaggio chimico della CO<sub>2</sub>; iii) attività di advisor nazionale per le tecnologie di Cattura e Sequestro della CO<sub>2</sub>.

La rete ha per obiettivo la misura diretta al suolo e

all'interno di pozzi, delle concentrazioni e del flusso di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e di altri parametri di interesse (quali temperatura, umidità, pH, Eh, concentrazioni in falda ecc). La finalità è quella di definire le variazioni naturali dei valori di flusso e/o di concentrazione nei suoli della CO<sub>2</sub> prodotta da processi biologici (background o baseline) quali termini di riferimento per l'individuazione di eventuali fughe di CO<sub>2</sub> profonda. Parallelamente a metodi di indagine più tradizionali, sono stati messi a punto metodi di analisi isotopica del carbonio e/o del radiocarbonio, tipicamente di tipo off-line, per la caratterizzazione delle condizioni baseline e post iniezione.



*Dislocazione delle sei stazioni di monitoraggio all'interno della concessione mineraria "Monte Sinni" della Carbosulcis S.p.A.*

*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*