



Tecnologie innovative per l'utilizzo pulito di combustibili fossili, cattura e sequestro della CO₂

Risultati delle attività svolte nelle prime due annualità –
Temi di ricerca 5.2.2.2, 5.2.5.2, 5.2.5.9

Antonio Calabrò - ENEA

Carlo Amorino - SOTACARBO S.P.A.

**Workshop – L'ENEA E LA RICERCA DI
SISTEMA ELETTRICO**

C.R. Casaccia 26 ottobre 2010



Linee di attività

- Tema di ricerca 5.2.2.2:

“TECNOLOGIE INNOVATIVE PER MIGLIORARE I RENDIMENTI DI CONVERSIONE DELLE CENTRALI A POLVERINO DI CARBONE” referente Ing. S. Giammartini

Obiettivo: Sviluppo di sistemi di combustione di tipo “flameless”, con ridottissimi livelli di emissione di inquinanti operanti sull’innovativo principio dell’ossi-combustione pressurizzata.

- Tema di ricerca 5.2.5.2:

“TECNOLOGIE DI GASSIFICAZIONE DEL CARBONE CON CATTURA E SEQUESTRO DELLA CO₂” – referente Ing. P. Deiana

Obiettivo: incremento delle prestazioni e riduzione dei costi delle attuali tecnologie di cattura pre- combustion e di confinamento della CO₂

- Tema di ricerca 5.2.5.9:

“CENTRALI ELETTRICHE PER LA COPRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E IDROGENO” – referente: Ing. A. Calabrò

Obiettivo: sviluppo di tecnologie avanzate ad elevata temperatura di trattamento gas e cattura della CO₂; Contributo a Roadmap italiana sulle CCS

Impianti pilota di riferimento

Impianto ZECOMIX

Assorbitore CO₂ a sorbenti solidi (CaO) integrato con CO-shift/reforming/desolforazione



Microturbina a H₂/vapore da 100 kW

Gassificatore a letto fluido ad O₂ con pre-desolf.

Impianto SOTACARBO

desolf. a bassa temperatura II stadio

Assorbitore CO₂ a solventi liquidi integrato con CO-shift

Depolverizzazione e desolf. a bassa temperatura I stadio

desolf. ad alta temperatura (ZnO)



Motore a C.I. 24 kW

Gassificatore a letto fisso ad aria arricchita/CO₂

- Gassificazione del carbone
- Trattamenti di clean-up del syngas
- Decarbonatazione del syngas
- Ossi-combustione
- Sequestro della CO₂

Altre attività connesse:

- Contributo alla Road map italiana sulle tecnologie CCS
- Partecipazione alle iniziative europee ed internazionali CSLF, ZEP, IEA, EERA
- Attivazione sito CO₂ Club e portale ENEA "Zero Emission"

www.co2club.it

www.zeroemission.it

Gassificazione del carbone: attività e risultati



Gassificazione con aria arricchita e con O₂

- Ottimizzazione parametri di processo
- Studio modellistico delle prestazioni impianto IGCC
- Realizzazione gassificatore a letto fluido ad ossigeno

Gassificazione con CO₂

- Caratterizzazione del processo
- Studio modellistico delle prestazioni impianto IGCC

Gassificazione con idrogeno (idrogassificazione)

- Caratterizzazione del processo e determinazione costanti cinetiche

Pirolisi e devolatilizzazione

- Caratterizzazione pirolisi del carbone del Sulcis
- Caratterizzazione dei prodotti (volatili e char)
- Studio modellistico del processo

Problematiche operative di impianto

- Ottimizzazione del sistema di scarico delle ceneri
- Messa a punto di diagnostica per il controllo del processo
- Studio additivi per pretrattamento syngas
- Studio sperimentale su miscele Coal Water (CW)

Modellistica

- Sviluppo modelli zero e mono-dimensionali di reattori a letto fisso e fluido
- Sviluppo di modelli CFD per la gassificazione del carbone

Trattamenti di clean-up del syngas: attività e risultati



Depolverazione

- Sperimentazione del sistema di depolverazione elettrostatica del syngas e risoluzione problematiche operative
- Sperimentazione su sistemi di lavaggio con acqua (scrubber)

Trattamento TAR

- Caratterizzazione sperimentale e modellistica del tar da pirolisi del carbone Sulcis
- Studio di sistemi con utilizzo termico del tar
- Messa a punto di sistemi di campionamento e analisi del tar
- Rimozione del tar mediante utilizzo di polveri adsorbenti

Desolforazione

- Sperimentazione di sistemi di desolf. a freddo con varie tipologie di soluzioni solventi ed ottimizzazione processo
- Messa a punto materiali sorbenti a base di ZnO per desolf. ad alta temperatura (300 °C)
- Sviluppo di sistemi di desolf. ad elevata temperatura (600 °C) mediante sorbenti solidi a base di CaO. Messa a punto sorbente per impianto Zecomix

Decarbonatazione del syngas: attività e risultati



CO-Shift

- Studio sperimentale e numerico su sistema Water Gas Shift Reactor (WGSR) di alta temperatura con vari catalizzatori (Fe/Cr e Pt/Al)
- Studio sperimentale del sistema integrato WGSR e assorbimento CO₂

Assorbimento CO₂ a bassa temperatura

- Studio sperimentale nel sistema a colonna a riempimento con varie tipologie di ammine
- Studio sperimentale nel sistema reattori a membrana idrofoba polimerica ed ottimizzazione del processo
- Sviluppo modello per simulazioni di processo con utilizzo di solventi a base e di ammine di diverso tipo
- Sviluppo modello per simulazione del processo di rigenerazione di soluzioni amminiche

Assorbimento CO₂ ad elevata temperatura

- Messa a punto e caratterizzazione sorbente solido a base di CaO per l'assorbimento della CO₂ in impianto Zecomix
- Studio dell'influenza della presenza dell'H₂S e del concomitante assorbimento di CO₂ e H₂S
- Sviluppo modello CFD del reattore di decarbonatazione dell'impianto Zecomix
- Studio e definizione di un impianto prototipo di cattura CO₂ e rigenerazione CO₂ a letti circolanti

Ossicombustione: attività e risultati



Bruciatori per slurry di carbone

- Sviluppo modelli di scaling e simulazioni CFD del combustore ISOTHERM a 5 e 50 MWt
- Simulazioni dinamiche del combustore ISOTHERM con metodologia LES (codice ENEA Heart)
- Individuazione delle condizioni operative “flameless”

Bruciatori per miscele ricche di idrogeno

- Sperimentazione su fiamme “swirlate” e non

Cinetica chimica

- Sviluppo modelli predittivi della combustione di carbone Sulcis
- Predizione dei prodotti di devolatilizzazione del carbone in oxy-combustione flameless per l’interfacciamento diretto FLUENT

Diagnostica non invasiva

- Monitoraggio ed il controllo del processo dinamico di ossi-combustione
- Analisi emissioni di particolato in correlazione alle condizioni di funzionamento ed alle caratteristiche chimiche del carbone

Sviluppo componenti

- Sviluppo pompa volumetrica innovativa per lo slurry



Impianti sperimentali ossi-combustione

Impianto ISOTHERM (ITEA-Sofinter)



Impianto IPFR (ENEL/IFRF)



Impianto FOSPER (ENEL/IFRF)

Sequestro della CO2: attività e risultati



Confinamento della CO2 nel bacino del Sulcis

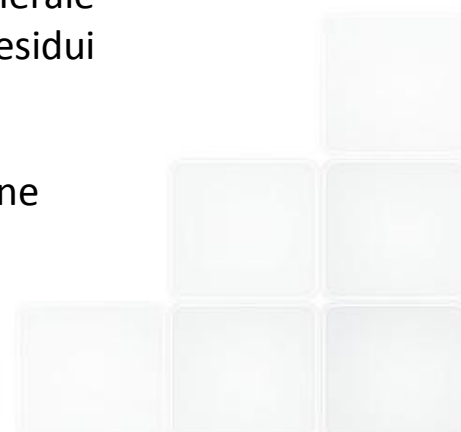
- Survey geologico ed analisi dell'applicazione della tecnologia ECBM negli strati carboniferi non coltivabili; impostazione studio di prefattibilità per il progetto di iniezione della CO2
- Sviluppo sistema GIS-DSS per l'identificazione di siti più idonei nell'area del Sulcis
- Caratterizzazione e valutazione della capacità di adsorbimento/desorbimento della CO2 del Carbone Sulcis

Sistemi di monitoraggio

- Progetto e realizzazione di una rete di monitoraggio geochimica con controllo remoto per la caratterizzazione sperimentale dei siti idonei al confinamento geologico

Tecnologie di utilizzo CO2

- Studio sull'applicazione della carbonatazione minerale ("Mineral Carbonation") e la carbonatazione di residui alcalini industriali
- Analisi sperimentale della reazione di metanazione



Infrastrutture sperimentali del C.R. Casaccia per lo studio delle tecnologie CCS



Taglia dell'impianto

Nome impianto

Tipologia di attività

Attività in scala
laboratorio

Lab. trattamento
carbone

Lab. trattamento
syngas

Lab. utilizzo CO₂

Studi avanzati su gassificazione/pirolisi

Studi su sistemi di pulizia e decarbonizzazione
syngas ad elevata temperatura

Studi su processi che utilizzano la CO₂
(metanazione)

Attività in impianti
sperimentali di
piccola taglia

Impianto GE.S.SY.CA.

Impianto IDEA

Impianto COMET

Impianto MICOS

Gassificazione di carbone/biomassa e pulizia
syngas

Combustione idrogeno/ossigeno e diagnostica
della fiamma

Sviluppo bruciatori turbine a gas

Sviluppo bruciatori turbine a gas e studio sui
materiali ad alta temperatura

Attività in impianti
sperimentali in scala
pilota

Piattaforma
sperimentale
ZECOMIX

Piattaforma
sperimentale
SOTACARBO

Gassificazione avanzata con O₂ e
idrogassificazione (con H₂)

Sistemi di pulizia gas e cattura della CO₂ ad
alta temperatura

Gassificazione con aria/CO₂; sviluppo
strumentazione avanzata

Sistemi avanzati di CO-shift e cattura CO₂ con
ammine

Linea di attività	Descrizione obiettivo
Linea 1: produzione e trattamento combustibili gassosi e liquidi da carbone	Sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione
	Studi e test su processi avanzati di gassificazione/pirolisi carbone Sulcis
	Analisi del processo Coal To Liquid
Linea 2: aumento dell'efficienza delle tecnologie di cattura della CO2 con produzione di elettricità "zero emission"	Cattura della CO2 ad elevata temperatura (Zecomix)
	Studi sui processi di cattura della CO2 con solventi (ammine)
	Sviluppo di bruciatori avanzati per la combustione di syngas ricchi di H2
	Ottimizzazione del processo di ossi-combustione di polverino di carbone
Linea 3: tecnologie di sequestro e utilizzo della CO2 e progettazione di un impianto dimostrativo completo	Studio cinetico e termodinamico della reazione di metanazione
	Pre-fattibilità impianto dimostrativo con sequestro CO2 zona del Sulcis
	Comunicazione, diffusione dei risultati

Costi sostenuti



Voce		5.2.2.2			5.2.5.2			5.2.5.9			TOTALE		
		I° anno	II° anno	Totale	I° anno	II° anno	Totale	I° anno	II° anno	Totale	I° anno	II° anno	Totale
PERSONALE E SPESE GENERALI	Preventivo	160.000	528.000	688.000	140.000	465.000	605.000	210.000	264.000	474.000	510.000	1.257.000	1.767.000
	Consuntivo	347.933	685.949	1.033.882	215.460	667.396	882.856	275.265	324.112	599.377	838.657	1.677.458	2.516.115
COSTI DI ESERCIZIO (beni di consumo, missioni)	Preventivo	60.000	82.000	142.000	45.000	65.000	110.000	20.000	160.000	180.000	125.000	307.000	432.000
	Consuntivo	80.546	138.931	219.478	21.373	109.256	130.628	11.729	148.337	160.066	113.648	396.525	510.172
ATTREZZATURE E STRUMENT.	Preventivo	220.000	410.000	630.000	150.000	280.000	430.000	150.000	276.000	426.000	520.000	966.000	1.486.000
	Consuntivo	176.947	448.966	625.914	167.211	90.241	257.452	146.448	316.752	463.199	490.606	855.959	1.346.565
CONTRATTI ESTERNI	Preventivo	0	110.000	110.000	25.000	0	25.000	420.000	130.000	550.000	445.000	240.000	685.000
	Consuntivo	0	0	0	0	0	0	402.000	108.000	510.000	402.000	108.000	510.000
ATTIVITA' DEGLI ISTITUTI UNIVERSITARI	Preventivo	200.000	370.000	570.000	400.000	590.000	990.000	200.000	170.000	370.000	800.000	1.130.000	1.930.000
	Consuntivo	200.000	370.000	570.000	400.000	590.000	990.000	200.000	170.000	370.000	800.000	1.130.000	1.930.000
SOTACARBO	Preventivo	360.000	0	360.000	1.240.000	1.600.000	2.840.000	0	0	0	1.600.000	1.600.000	3.200.000
	Consuntivo	360.000	0	360.000	1.240.000	1.600.000	2.840.000	0	0	0	1.600.000	1.600.000	3.200.000
TOTALE	Preventivo	1.000.000	1.500.000	2.500.000	2.000.000	3.000.000	5.000.000	1.000.000	1.000.000	2.000.000	4.000.000	5.500.000	9.500.000
	Consuntivo	1.165.426	1.643.847	2.809.274	2.044.043	3.056.893	5.100.936	1.035.441	1.067.201	2.102.643	4.244.911	5.767.942	10.012.852

SOTACARBO

UNIVERSITA'

- Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"
- Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia
- Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Chimica, Chimica Industriale e Scienza dei Materiali
- Università di Roma La Sapienza, Dipartimento di Meccanica e Aeronautica
- Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente
- Università di Roma "La Sapienza", C.E.R.I. - Centro di Ricerca per la Previsione Prevenzine e Controllo dei Rischi
- Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche
- Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneri Civile
- Università dell'Aquila, Dipartimento di Chimica Ingegneria Chimica e Materiali
- Università degli Studi di Napoli "Federico II", Dipartimento di Ingegneria Chimica
- Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Meccanica
- Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali
- Università di Cagliari, Dipartimento di Scienze Chimiche
- Università di Cagliari - Dipartimento di Geoingegneria e Tecnologie Ambientali
- Università di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Chimica e Materiali

ISTITUTO NAZIONALE DI OCEANOGRAFIA E DI GEOFISICA SPERIMENTALE (OGS)

STAZIONE SPERIMENTALE COMBUSTIBILI (ora Azienda Speciale Stazione Sperimentale Combustibili)

CARBOSULCIS

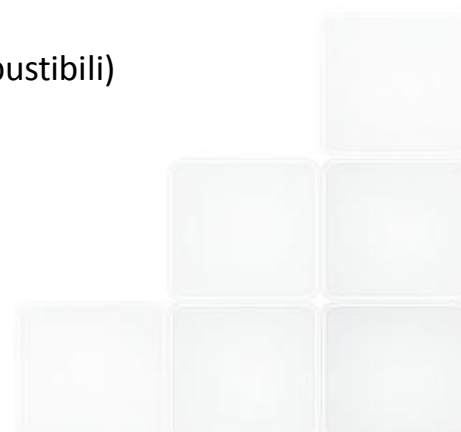
SO.IM.I.

ITEA-SOFINTER

IFRF

Contratti di ricerca stipulati: 30

Report prodotti: 102



RSE

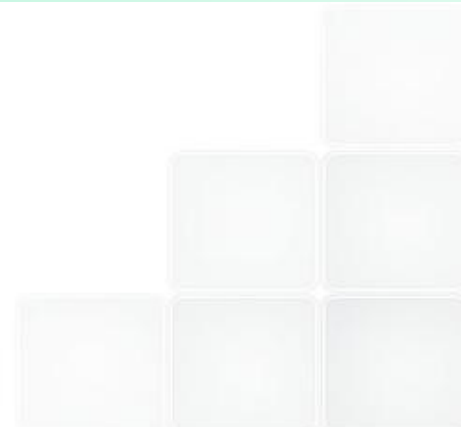
- Membrane al Pd per separazione H₂ e O₂
- Degradazione materiali TG in impianti IGCC
- Controllo /esercizio impianti oxi-comb
- Sorbenti solidi per cattura post-comb
- Analisi tecnico economiche di sistema
- Caratterizzazione siti di stoccaggio nazionali
- Modellazione comportamento della CO₂ stoccata e sperimentazione su interazioni CO₂
- Sistemi di monitoraggio

CNR

- Diagnostica dei microinquinanti della combustione del carbone
- Modellistica della combustione
- Sviluppo dei metodi di abbattimento degli inquinanti:
 - ✓ Sistemi a condensazione per inquinanti particellari
 - ✓ Abbattimento NO_x, SO_x e mercurio
- Valorizzazione delle ceneri
- Pretrattamento carbone per eliminazione metalli e zolfo

Attività in coordinamento:

- con RSE: mappatura siti idonei di confinamento della CO₂
- con CNR: modellistica della combustione



CARBONATATORE IMPIANTO ZECOMIX

Sezione longitudinale reattore

Griglia di distribuzione syngas

