

Risultati delle attività svolte nell'ambito dell'Accordo di Programma MSE/ENEA
"Attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale"



TECNOLOGIE INNOVATIVE PER L'UTILIZZO PULITO DI COMBUSTIBILI FOSSILI, CATTURA E SEQUESTRO DELLA CO2

GIUSEPPE GIRARDI

Enea

Coordinatore, Impiego sostenibile dei combustibili fossili

Sotacarbo S.p.A.

Vice Presidente

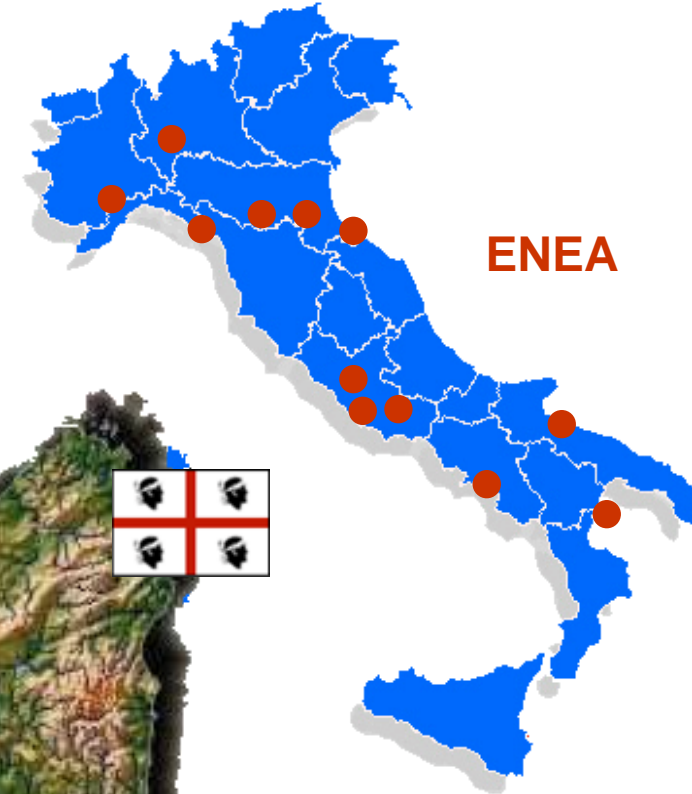


Società Tecnologie Avanzate Carbone

è stata costituita nel 1987 in attuazione dell'art. 5 della legge 351/85 "Norme per la riattivazione del bacino carbonifero del Sulcis" con la finalità di sviluppare tecnologie innovative ed avanzate nell'utilizzazione del carbone.

Azionariato:

- 50% ENEA
- 50% Regione Sardegna



**Bacino
Carbonifero
Sulcis**

Personale impiegato



Coordinatore e supervisore tecnico
Responsabile amministrativo
Impiegato tecnico (Responsabile progetto)
Impiegato tecnico
Ricercatore
Impiegato tecnico
Ricercatore
Impiegato tecnico
Ricercatore
Ricercatore
Impiegato tecnico
Impiegato tecnico
Impiegato tecnico
Impiegato amministrativo
Ricercatore
Ricercatore
Ricercatore
Ricercatore

Impiegato amministrativo
(data variazione: 01/08/2011)
Operaio (data variazione: 01/08/2011)

Dal mese di luglio l'organico Sotacarbo è stato incrementato di 2 unità, con le seguenti mansioni:

Ricercatore (data assunzione: 16/07/2011)
Operaio (data assunzione: 5/07/2011)

Ing. Carlo Amorino
Dott. Francesco Fara
Ing. Enrico Maggio
Ing. Alessandra Madeddu
Ing. Alberto Pettinau
Ing. Marcella Fadda
Ing. Gabriele Cali
Ing. Alessandro Orsini
Ing. Paolo Vito Miraglia
Ing. Caterina Frau
Ing. Eusebio Antonio Loria
Dott. Rafaele Cara
Sig. Antonio Argiolas
Dott. Gianni Serra
Ing. Monica Caboni
Ing. Fabrizio Tedde
Ing. Diana Multineddu
Dott. Alberto Plaisant

Rag. Massimiliano Demurtas
Sig. Alessandro Vacca

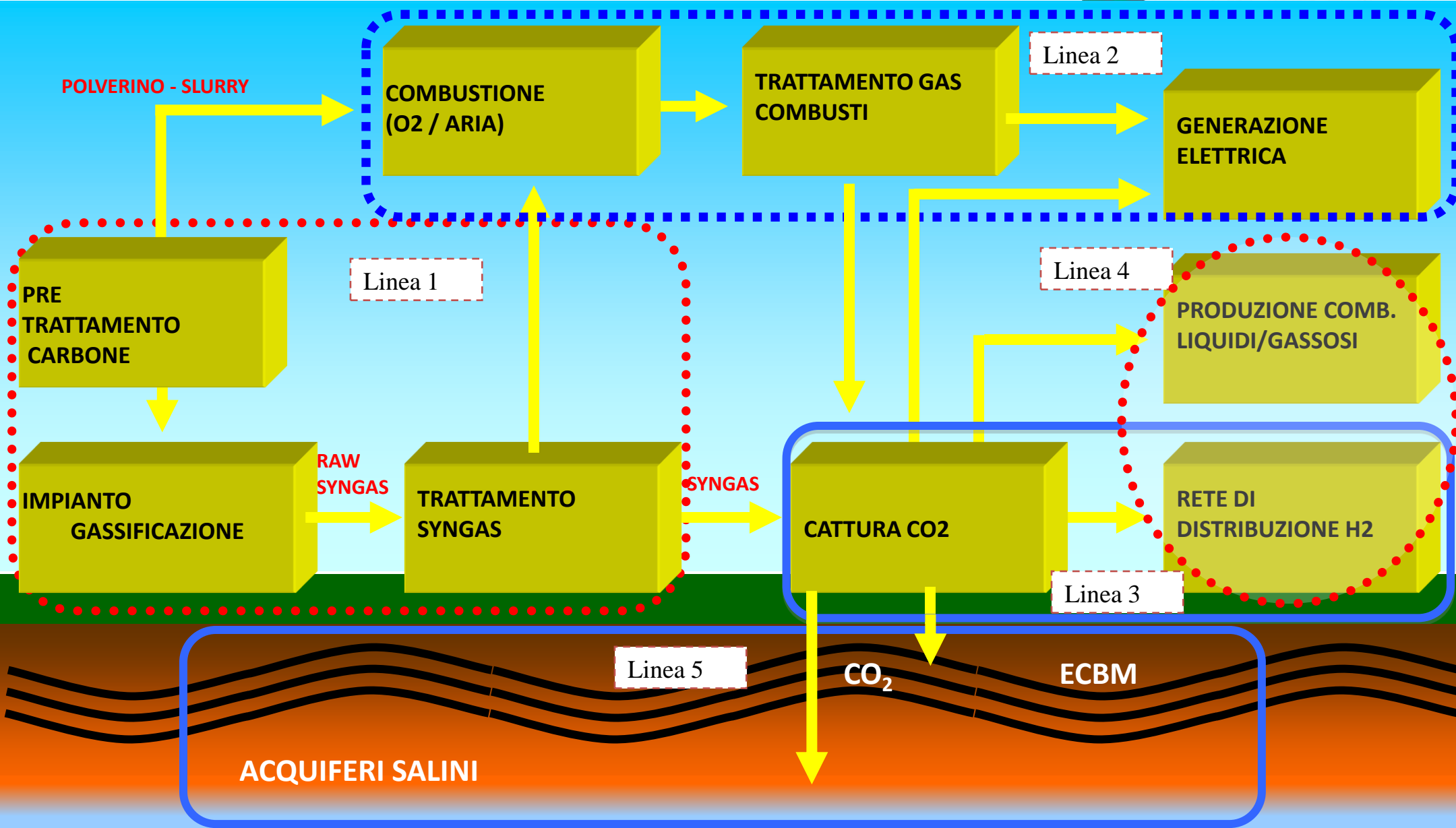
Ing. Francesca Ferrara
Sig. Ivo Puddu



**22 employers,
tra ricercatori,
tecnici e
amministrativi**



Poligenerazione: una nuova prospettiva



Obiettivi PAR 2008-2009 e attività Sotacarbo



Linea di attività A:
Produzione e trattamento
combustibili gassosi e liquidi da
carbone

Linea di attività B:
Aumento dell'efficienza delle
tecnologie di cattura della CO2
con produzione di elettricità
"zero emission"

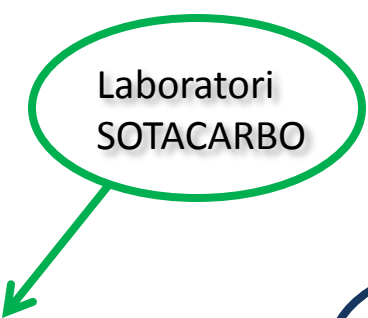
Linea di attività C:
Tecnologie di sequestro e
utilizzo della CO2 e
progettazione di un impianto
dimostrativo completo



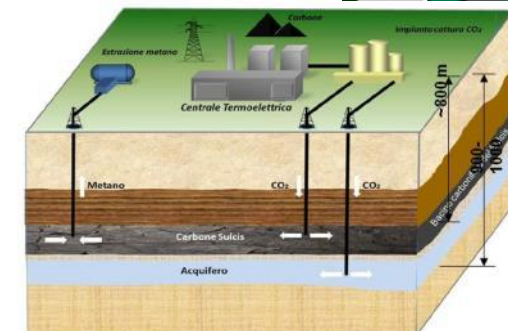
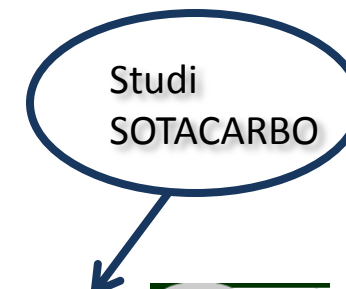
Impianti
SOTACARBO



Laboratori
SOTACARBO



Studi
SOTACARBO



Obiettivi PAR 2008-2009 e Linee di Attività



		Descrizione obiettivo
UNICADip. Ing. Meccanica UNICADip. Scienze Chimiche UNIROMA1Dip.Ing. Chimica UNIROMA2Tecn.Chimiche		A1: Sperimentazione e ottimizzazione di impianti di gassificazione
		A2: Studi e test su processi avanzati di gassificazione/pirolisi carbone Sulcis
UNIPIADip. Ing. Chimica POLIMI Chimica		A3: Analisi del processo Coal ToLiquid
		B1: Cattura della CO2 ad elevata temperatura (Zecomix)
Linea B: aumento dell'efficienza delle tecnologie di cattura della CO2 con produzione di elettricità "zero emission"		B2: Studi sui processi di cattura della CO2 con solventi (ammine)
		B3: Sviluppo di bruciatori avanzati per combustione di syngas ricco di H2
		B4: Ottimizzazione processo di ossi-combustione di polverino di carbone
Linea C: tecnologie di		C1: Studio cinetico e termodinamico della reazione di metanazione
		C2: Pre-fattibilità impianto dimostrativo SULCIS con sequestro CO2 zona del Sulcis
completo		D: Comunicazione, diffusione dei risultati

A1 Sperimentazione impianti di gassificazione



Sperimentazione dei processi di gassificazione, di cleanup e di trattamento del syngas c/o impianti Sotacarbo per circa 400h di avviamenti a caldo

Sperimentazione, migliorie e inserimento di nuova strumentazione

Sistemi di lavaggio e depolverazione elettrostatica

Campionamento e analisi tar

Produzione di energia elettrica e H₂

Cattura della CO₂ in impianto

Progettazione, realizzazione e sperimentazione della rigenerazione dei solventi

Valutazione tecnico economica dei processi



Sperimentazione impianti di gassificazione



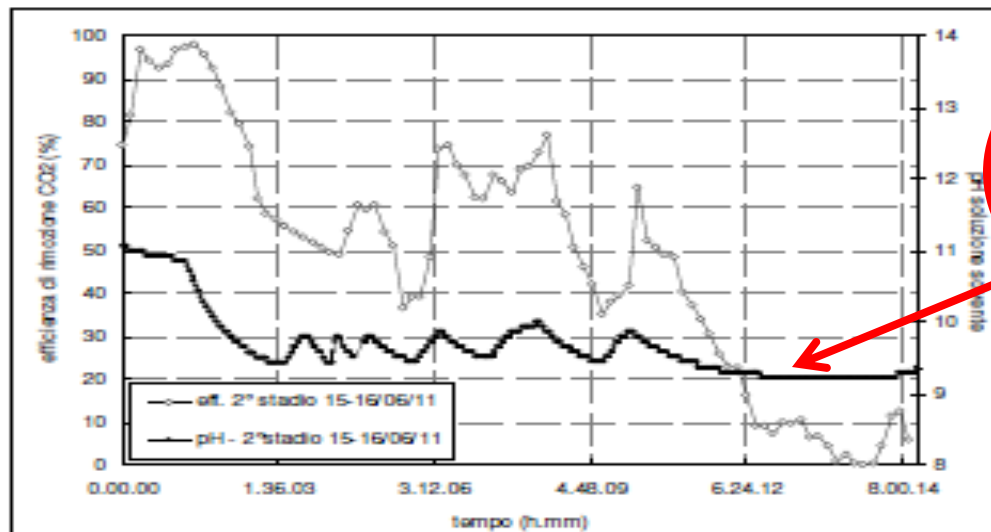
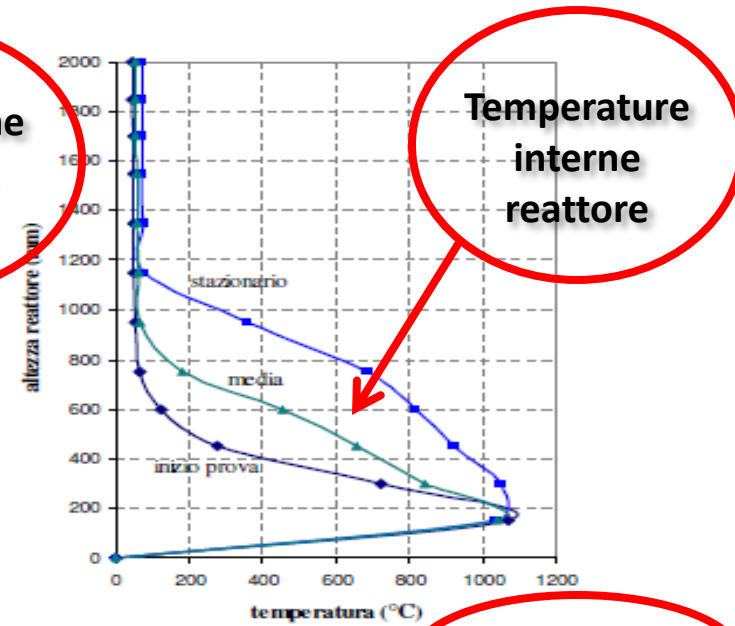
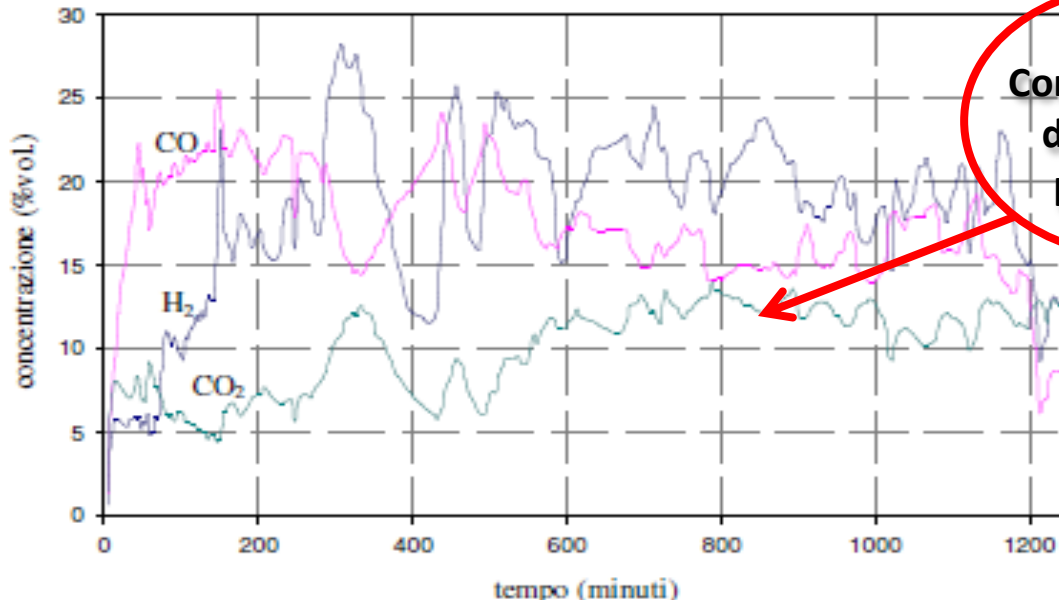
**Nuova
Colonna
Rigenerazione
Ammine**



**Reattori
Di Cattura
della CO2**

Data	Obiettivo principale	Sezioni d'impianto interessate					
		GSF	ESP	CGD	ICE	HGT	HSP
16/12/2010	Verifica preliminare avviamento impianto	X	-	-	-	-	-
20/01/2011	Ottimizzazione gassificazione	X	-	-	-	-	-
27/01/2011	Prove di avviamento e spegnimento gassificatore	X	-	-	-	-	-
03/02/2011	Ottimizzazione gassificazione	X	-	-	-	-	-
16/02/2011	Test gassificazione con nuovo refrattario	X	-	-	-	-	-
22/02/2011	Test avviamento Elettrofiltro (ESP)	X	X	-	-	-	-
24/02/2011	Gassificazione e ESP	X	X	-	-	-	-
03/03/2011	Gassificazione e CGD con MEA 5 M	X	-	X	-	-	-
10/03/2011	Gassificazione e ESP	X	X	-	-	-	-
16/03/2011	Gassificazione con aria arricchita con O ₂	X	-	-	-	-	-
24/03/2011	Gassificazione con produzione di energia elettrica	X	-	-	X	-	-
07/04/2011	Gassificazione, separazione CO ₂ e produzione H ₂	X	-	-	-	X	X
14/04/2011	Gassificazione e ESP	X	X	-	-	-	-
20/04/2011	Combustione con cattura della CO ₂ (MEA 5 M)	X	-	X	-	-	-
19/05/2011	Gassificazione con produzione di energia elettrica	X	-	X	X	-	-
26/05/2011	Gassificazione con CO ₂ /aria	X	-	-	-	-	-
01/06/2011	Gassificazione e ESP	X	X	-	-	-	-
09/06/2011	Gassificazione, separazione CO ₂ e produzione H ₂	X	-	-	-	X	X
15-16/06/11	Gassificazione, CGD con MDEA 3 M e MCI	X	-	X	X	-	-
23/06/2011	Combustione con cattura della CO ₂ (MEA 3 M)	X	-	X	-	-	-
30/06/2011	Co-gassificazione carbone biomasse e MCI	X	-	-	X	-	-
14/07/2011	Co-gassificazione carbone biomasse e MCI	X	-	-	X	-	-
21/07/2011	Gassificazione, separazione CO ₂ e produzione H ₂	X	-	-	-	X	X

Ottimizzazione del processo e della composizione del gas

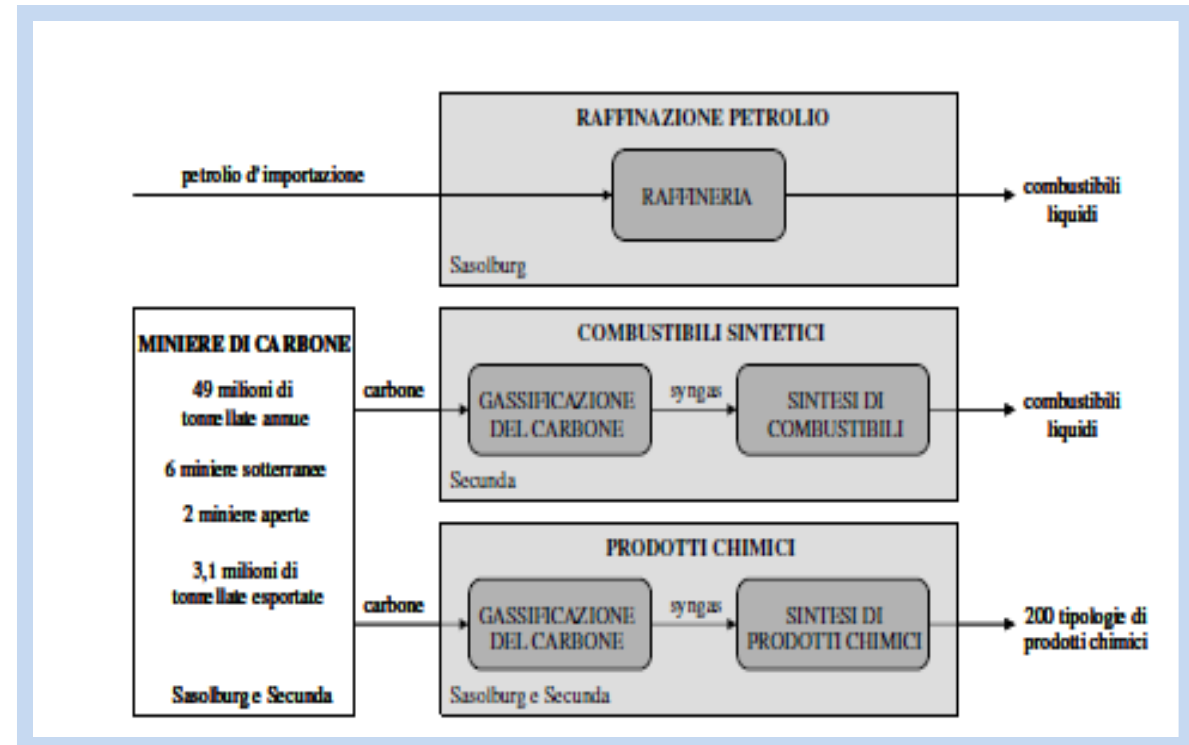
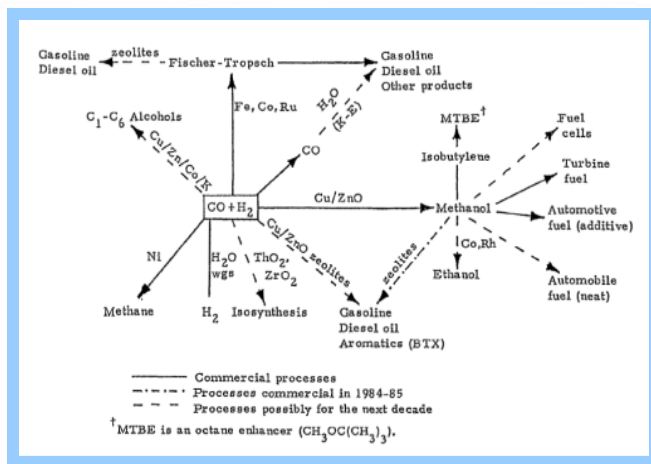


A3 Stato dell'arte delle tecnologie CTL

Studio dello State of the Art e proposta di una realizzazione integrata nell'impianto Piattaforma Pilota



CTL



B2 Studi sui processi di cattura CO2 con solventi

1. Messa a punto di un laboratorio prova per la sperimentazione dei processi di cattura della CO2 con solventi chimici a base di ammine (MEA, MDEA, MEA+PZ)
2. Sperimentazione del processo a saturazione

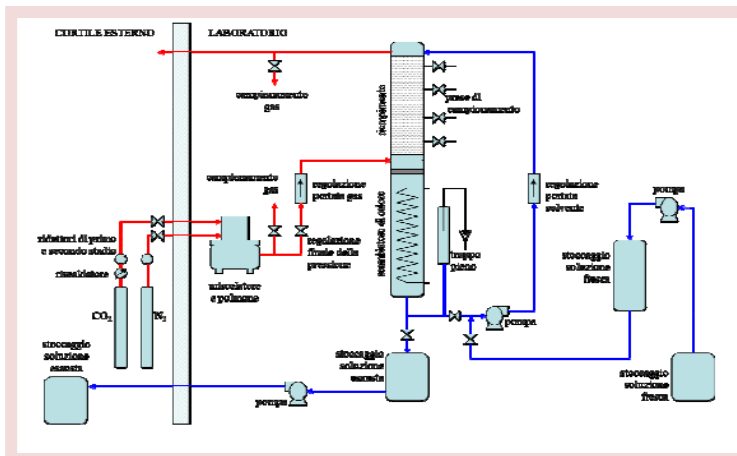
Prova	Data	Obiettivo principale	Durata prova (ore)
1	19/04/2011	Saturazione MEA 5M	5
2	04/05/2011	Saturazione MEA 5M	5
3	05/05/2011	Saturazione MEA 5M	5
4	09/05/2011	Saturazione MEA 4M	5
5	10/05/2011	Saturazione MEA 4M	5
6	11/05/2011	Saturazione MEA 4M	5
7	23/05/2011	Saturazione MEA 3M	4
8	23/05/2011	Saturazione MEA 3M	3
9	25/05/2011	Saturazione MDEA/PZ (28%wt - 2% wt)	4
10	25/05/2011	Saturazione MDEA/PZ (28%wt - 2% wt)	4
11	30/05/2011	Saturazione MEA 3M	5
Totale			50

3. Sperimentazione del processo a ciclo aperto

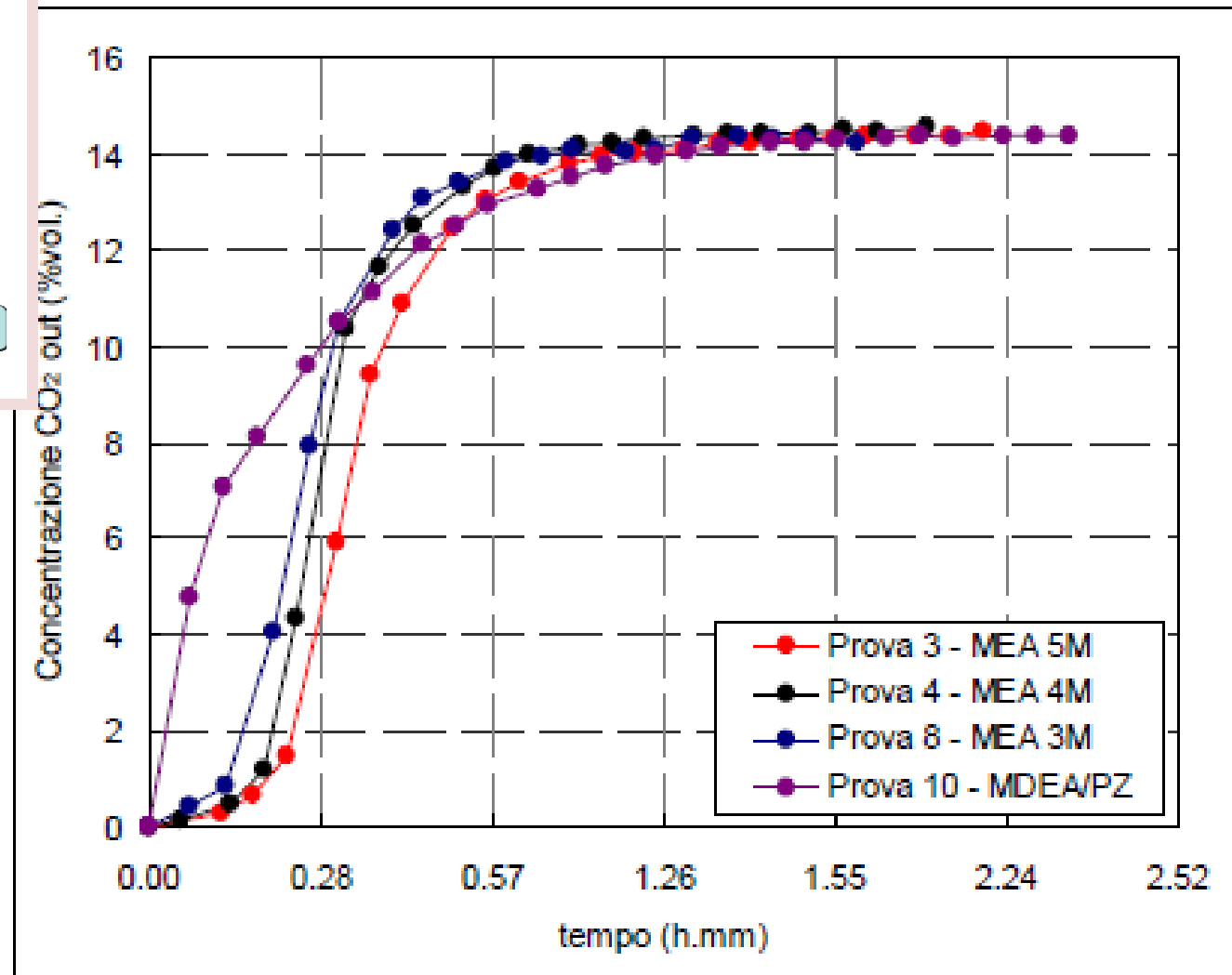
Prova	Data	Obiettivo principale	Durata prova (ore)
1	25/07/2011	Prova a ciclo aperto (15% CO ₂)	7
2	27/07/2011	Prova a ciclo aperto (5% CO ₂)	7,5
3	29/07/2011	Prova a ciclo aperto (30% CO ₂)	7,5
Totale			22



B2 Studi sui processi di cattura CO2 con solventi



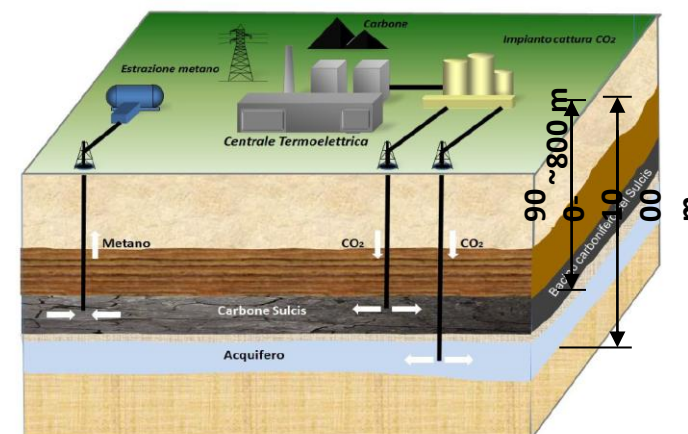
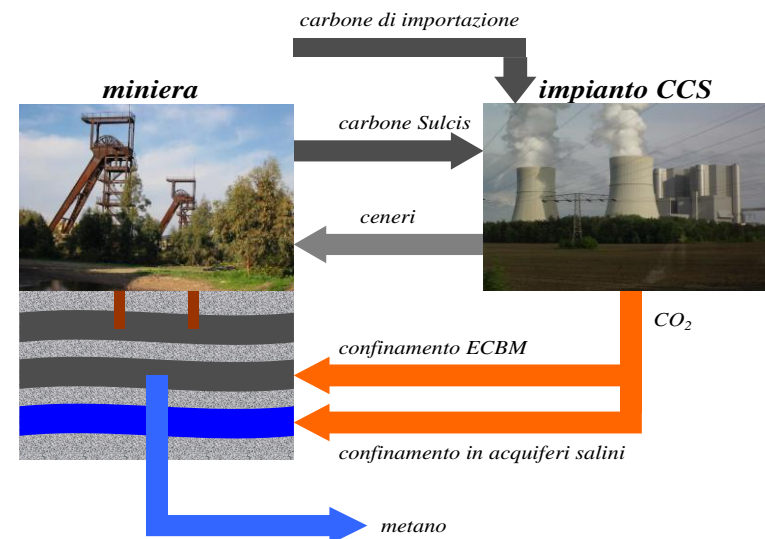
solvente	$\text{moli}_{\text{CO}_2}/\text{moli}_{\text{MEA}}$
MEA 5M - Prova 2	0,502
MEA 4M - Prova 4	0,525
MEA 3M - Prova 8	0,533



C2 Studio di un impianto con tecnologie CCS

Studio di fattibilità per la realizzazione dell'impianto Sulcis CCS

- Il Progetto ha per oggetto la realizzazione di una nuova centrale elettrica a carbone di taglia compresa tra 350 Mwe e 450 Mwe, ubicata in Sardegna (zona del Sulcis), integrata, dal punto di vista operativo, con la miniera a carbone di Nuraxi Figus.
- La centrale termoelettrica potrà essere basata sull'applicazione della tecnologia di gassificazione o su una tecnologia ambientalmente equivalente a quella di gassificazione (come ad esempio un impianto di combustione supercritico).
- Il Progetto prevede inoltre l'implementazione di un impianto di cattura e stoccaggio del carbone (CCS) al fine di ridurre le emissioni di CO₂ dell'impianto.



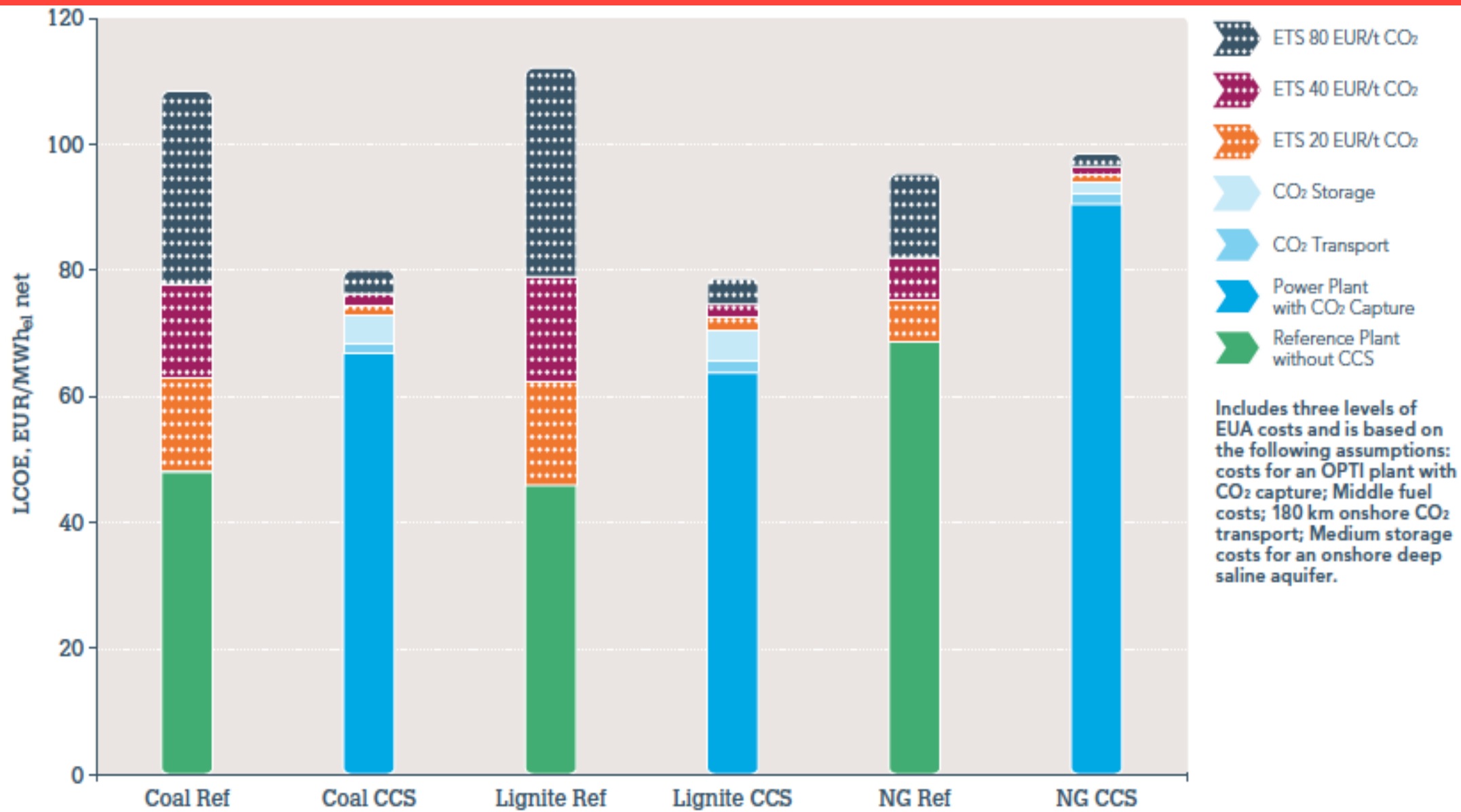
Taglia		450 MWe
Potenza termica impianto	MWth	1185
Rendimento netto	%	38
Ore Funzionamento a PNC	Ore/anno	7 600
Produtz. energia elettrica	GWh/anno	3 420
CONSUMO CARBONE		
Consumo totale	t/anno	1 431 967
Carbone Sulcis estratto	t/anno	1 945 000
Carbone Sulcis lavato	t/anno	778 134
Carbone importazione	t/anno	653 833
PRESTAZIONI AMBIENTALI		
Ceneri totali	t/anno	232 714
Emissioni totali SO _x	t/anno	332
Emissioni totali NO _x	t/anno	221
Emissioni totali Particolato	t/anno	55
Sistema di cattura CO₂	Mt/anno	
Efficienza di separazione CO ₂	%	90
CO ₂ prodotta	Mt/anno	3,09
CO ₂ separata	Mt/anno	1,30
CO ₂ emessa	Mt/anno	1,79

consente di conseguire i seguenti **Obiettivi**:

- 1 La sperimentazione su scala commerciale di sistemi di cattura dell'anidride carbonica prodotta da una centrale termoelettrica alimentata con carboni di basso rango come quello italiano ad alto contenuto di zolfo e ceneri.
- 2 Soluzioni tecnologiche innovative riguardanti l'integrazione impiantistica tra la centrale termoelettrica ed i sistemi CCS.
- 3 La sperimentazione e lo sviluppo di sistemi di confinamento geologico della CO₂ nel bacino carbonifero del Sulcis con l'applicazione di tecniche ECBM (Enhanced Coal Bed Methane) e acquiferi sottostanti al giacimento.
- 4 L'attuazione di un Piano di ricerca articolato in 10 anni focalizzato sullo sviluppo di:
 - tecnologie di cattura CO₂ in condizioni di pre-combustione e post-combustione;
 - soluzioni tecnologiche per l'integrazione della sezione di cattura con l'impianto di potenza

ZEP: "LEVELIZED COST" dell'elettricità con e senza CCS

Valore attualizzato dei costi complessivi dell'impianto durante tutta la sua vita convertito in quota annuale costante "livellata" in costo reale (inflazione)



D - La comunicazione e diffusione dei risultati



- ❖ Convegni internazionali
- ❖ Convegno: **“Cattura e Sequestro della CO₂: stato dell’arte e prospettive”**
Fiera di Roma: 14 – 16 Set 2011; Organizzato da ENEA e CO₂ Club
nell’ambito della manifestazione **ZERO Emission 2011.**

Iniziative internazionali:

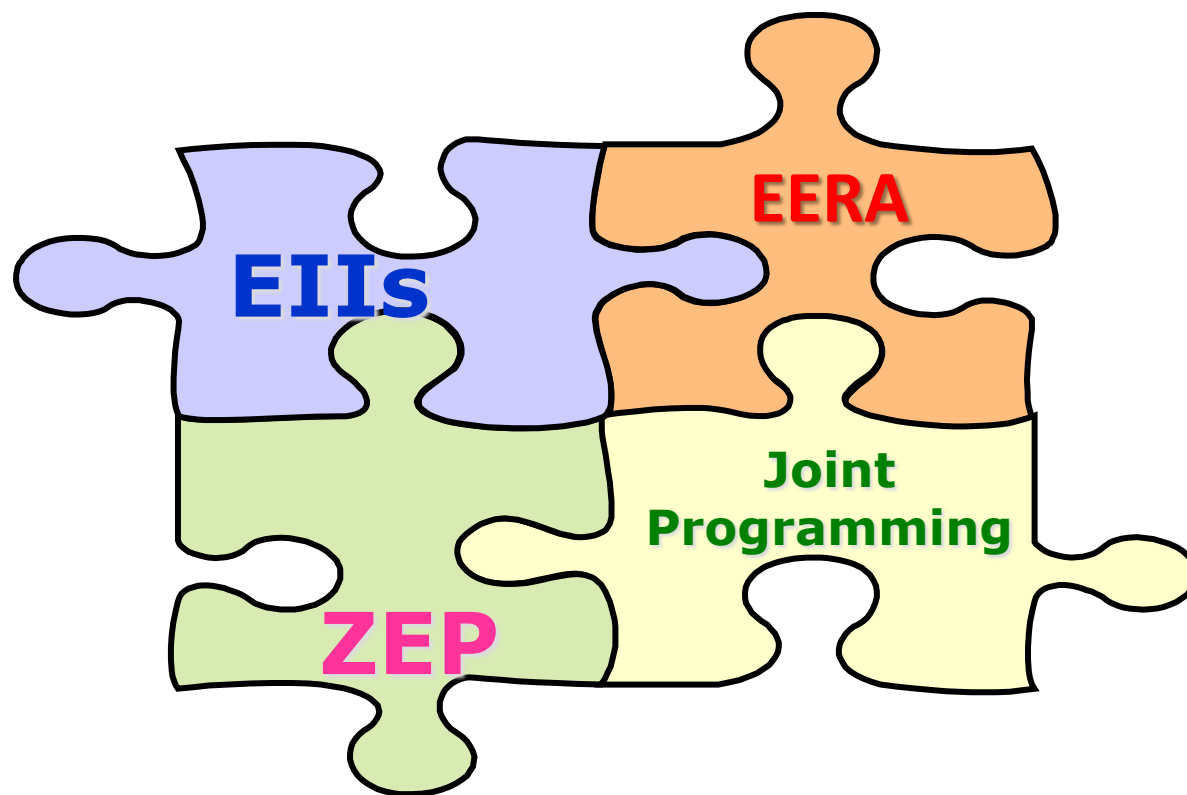
- ❑ **CSLF** (*Carbon Sequestration leadership Forum*);
- ❑ **EERA** (*European Energy Research Alliance*);
- ❑ **Piattaforma tecnologica ZEP** (*Zero Emission Fossil Fuels Power Plants*);
- ❑ **SET Plan**. Partecipazione al **CCS EII Team** (CCS European Industrial Initiatives);
- ❑ **COSCO** (*COal and StealCOmmittee*);
- ❑ **Global CCS Institute**;
- ❑ **IFRF** (*International Flame research Foundation*);
- ❑ **Accordo Italia-USA**
- ❑ **Accordo con organismi di ricerca su CCS della Korea.**

Italian programme on CCS



	project/ responsible	NATION. FUND			REGIONAL FUND (Sardinia)	EC FUND
		Electr. System	Energy Strategy	R&D Progr.		
DEMO	Porto Tolle ENEL-ENI					NER 300 other
	Sulcis 400 MWe Sotacarbo/ENEA				X	NER 300 other
PILOT	Precomb (and coal-to-liquid) Sotacarbo/ENEA	X			X	other
	CBM-ECBM in Sulcis basin Carbosulcis-Sotacarbo-ENEA	X			X	other
	Brindisi post comb ENEL					other
	Oxycomb ITEA - ENEA					other
R&D	pre-comb ENEA-Sotacarbo-ERSE	X			X	X
	post-comb ERSE-ENEA-ENEL	X			X	X
	oxy-comb ENEA-ITEA-Sotacarbo-CNR				X	X
	ECBM-wells-aquifers ENI-Carbosulcis-OGS-Univ., ENEA,..	X			X	X

Nasce dalla urgente necessità di sviluppare le tecnologie energetiche: per il raggiungimento di una visione comune, e con 2 orizzonti temporali (2020 e 2050) per la definizione dei challenges tecnologici



ENEA e SOTACARBO in EERA



	POST - COMB			PRE - COMB			OXY FUEL				CROSS-CUTTING ISSUES			TOTAL
		solv.	sorb.		sorb.	H2 turb.		oxy comb.	CLC	oxy turb.		proc. simul.	Bio CCS	
	total 1	1.1	1.2	total 2	2.2	2.3	total 3	3.1	3.3	3.4	total 4	4.1	4.2	
ENEA	10		10	50	30	20	36	18		18	27	15	12	123
SOTACARBO	34	30	4								12	12		46
UNIVERSITIES														
Cagliari				4	4		3	3			6	6		13
Cagliari	4	4												4
Cagliari	3		3	2	2									5
Roma La Sapienza							8	8						8
Roma La Sapienza							6	6						6
Roma Tor Vergata				3	3									3
Roma Tor Vergata	5		5	5	5									10
Roma TRE				6		6								6
Pisa	5		5	5	5									10
Pisa							10	10						10
Politecnico Milano				5		5	8	4		4	3		3	16
L'Aquila				7	7						7	7		14
Napoli	18	8	10				18	6	12					36
CNR	30	10	20				30	18	12					60
TOTAL	109	52	57	87	56	31	119	73	24	22	55	40	15	370



European Carbon dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure

ECRI: European CCS research Infrastructure – Integrating Action

deadline: 8 marzo '12

CROSS-CUTTING ACTIONS BETWEEN ACTIVITIES ENERGY.5 AND ENERGY.6 (ACTIVITY ENERGY.5&6)

AREA ENERGY.5&6.1: POWER GENERATION TECHNOLOGIES FOR INTEGRATED ZERO EMISSION SOLUTIONS

Energy.2012.5&6.1-1 Pilot plant-scale demonstration of advanced post-combustion CO₂ capture processes with a view to integration in fossil fuel power plants

Collaborative Project with a predominant demonstration component

Energy.2012.5&6.1-2: Pilot plant-scale demonstration and integration of emerging and new combustion technologies

Collaborative Project with a predominant demonstration component

Conclusion



Common project ongoing, already started or to be submitted

- ❑ ECCSEL, ECRI

Possible future common projects

STORAGE

- ❑ in Italy, in Sulcis basin

CAPTURE

- ❑ Pre and post combustion, solvents and sorbents
- ❑ Small (ENEA) and large (SOTACARBO) Pilot plants

- ❑ DEMO PLANTS:

- ✓ Sulcis 400 MWe power plant
- ✓ Porto Tolle power plant
- ✓ Other demo plants in Europe

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

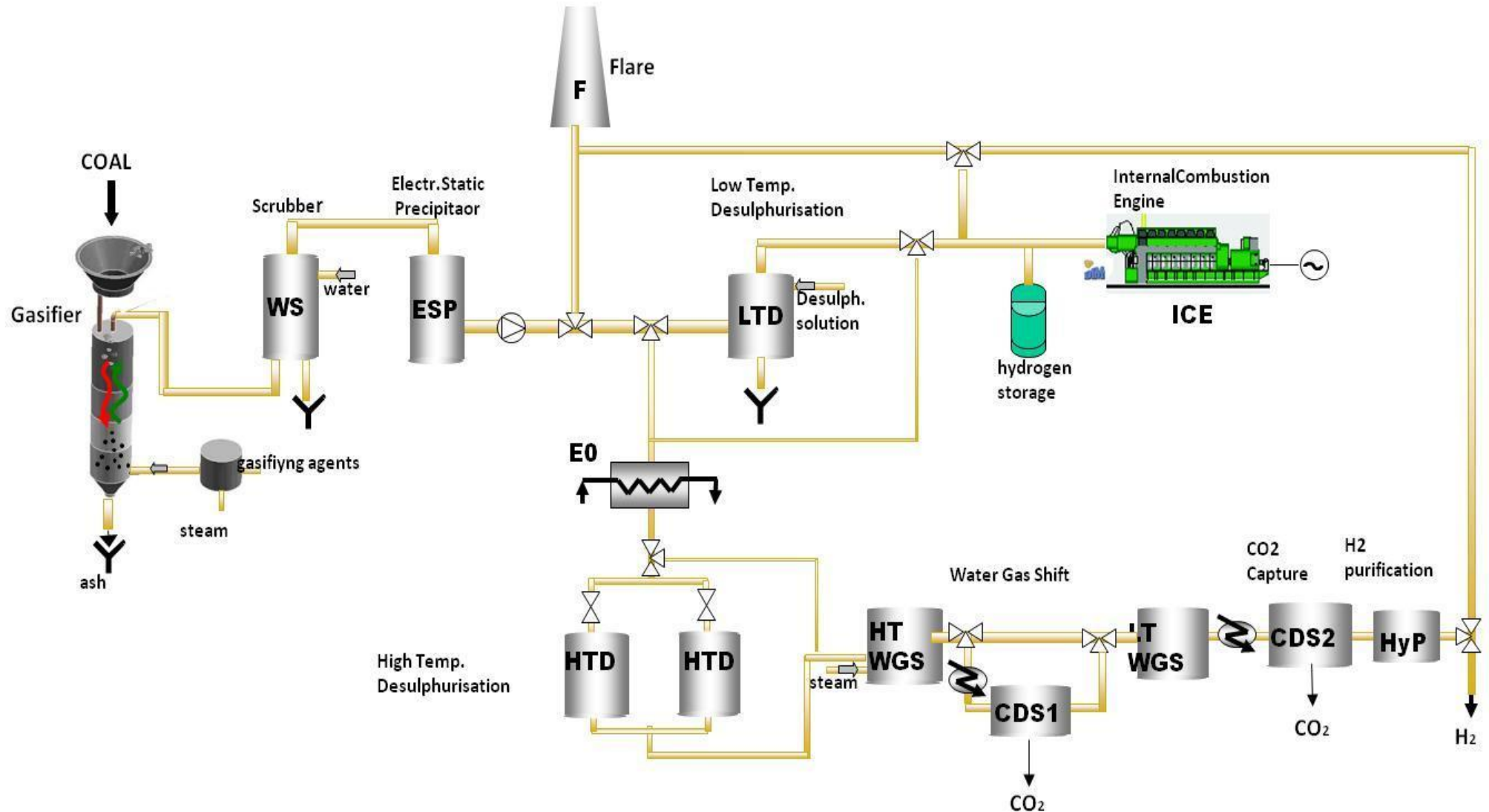
giuseppe.girardi@enea.it

www.sotacarbo.it

www.enea.it



L' impianto di gassificazione e trattamento del syngas



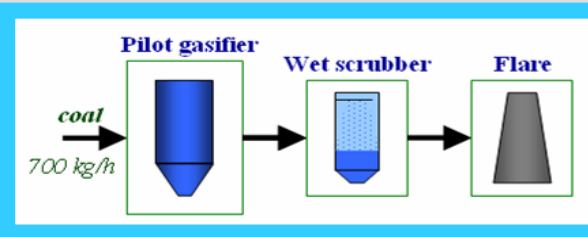
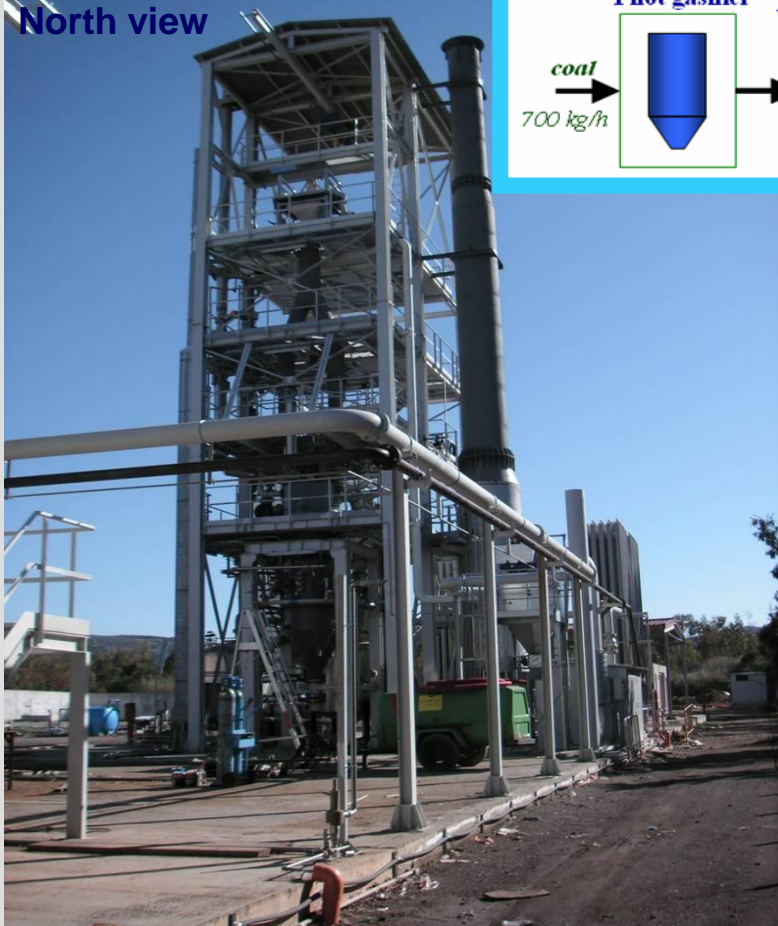
Rendiconti economici



SOTACARBO S.p.A.	Accordo di Collaborazione tra ENEA e SOTACARBO
	TEMI DI RICERCA OR1 + OR2 + OR3
	Data inizio: 01/10/2010
	Data fine 30/09/2011
	CONTABILIZZAZIONE COSTI ottobre 2010 - settembre 2011 IMPORTI IN Euro
DESCRIZIONE	TOTALE
A) Personale (dipendente e con contratto flessibile)	848.107,03
B) Spese generali (85% fino a marzo 2011 e 93% da aprile 2011)	752.625,13
SUB TOTALE Personale e Spese generali	1.600.732,16
C) Attrezzature e strumentazioni	185.245,83
D) Costi di esercizio	113.176,06
E) Consulenza e brevetti	0,00
F) Missioni e viaggi e congressi	6.434,93
SUB TOTALE Investimenti	304.856,82
TOTALE DEL PERIODO	1.905.588,98

Sotacarbo pilot plant

North view





South view

700 kg/h coal

Principali differenze tra impianti SOTACARBO e ZECOMIX

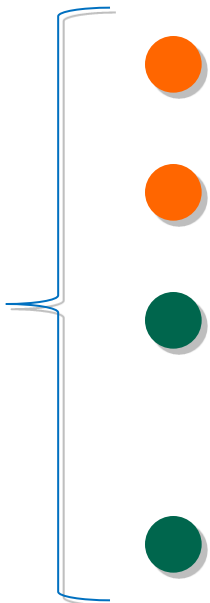


	 SOTACARBO	ZECOMIX 
gassificatore	a <u>letto fisso</u> alim. ad <u>aria , ossigeno, CO2</u>	a <u>letto fluido</u> alimentato ad <u>ossigeno</u>
temperatura uscita syngas	300 °C	800 °C
desolforazione	a freddo con solventi chimici (I°stadio) o a 350 °C con ossidi di zinco (II°stadio)	interno gassificatore con additivi a base di dolomite (I°stadio) ed a 600 °C con sorbenti solidi in reattore a letto fluido (II°stadio)
cattura CO2	con ammine a freddo (50 °C) in colonne a riempimento e reattori a bolle, completo di sistema di rigenerazione	600 °C con sorbenti solidi reattore letto fluido
produzione di energia elettrica	motore a combustione interna	microturbina ad idrogeno/vapore
altri obiettivi	co-gassificazione con biomasse, test su dispositivi di scarico ceneri, misura del livello interno del gassificatore	test di gassificazione integrata con desolforazione e cracking del tar
	test di cleanup del syngas con Wet ESP	test di decarbonizzazione su reflui gassosi di varia composizione;
	test su reattore di CO-shift test di <u>produzione di idrogeno con PSA</u>	test su combustori innovativi idrogeno/ossigeno

Dimostrativi europei



CSLF



Project	EEPR	NER 300 (to be awarded late 2011)	Other / National Funding	Industry Commitment
Germany, Jaenschwalde	180 million			
Porto Tolle, Italy	100 million			
Rotterdam, Netherlands	180 million			
Hatfield, UK	180 million			
Belchatow, Poland	180 million			
Compostilla, Spain	180 million			
Longannet, UK			Funding of FEED study	
Kingsnorth, UK			Funding of FEED study	
CO2 Technology Center Mongstad,			State Funding: 3.8 BNOK	1.3 BNOK

<i>Gassificazione del carbone</i>	Diagnostica e stabilità di funzionamento Ottimizzazione funz.(scarico ceneri, caricamento carbone) Sviluppo processi innovativi CoalToLiquid
<i>Trattamenti di clean-up del syngas</i>	Abbattimento del tar e delle ceneri Depolverazione con sistemi ESP Desolforazione con solventi liquidi Desolforazione con sorbenti solidi ZnO ad alta temperatura
<i>Decarbonizzazione dei gas</i>	CO-shift Cattura con ammine e con nuovi solventi Rigenerazione termica dei solventi
<i>Sequestro ed utilizzo della CO₂</i>	Monitoraggio baseline dei siti idonei Studio di prefattibilità impianto CCS Produzione metano ECBM