



RICERCA DI
SISTEMA ELETTRICO



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Accordo di Programma MiSE-ENEA

La collaborazione ENEA-SOTACARBO nell'ambito del Polo Tecnologico Sulcis e la produzione di "Synthetic Natural Gas" da carbone

Claudia Bassano, Paolo Deiana

ENEA Sede Legale, Salone Centrale – Via Giulio Romano, 41 – Roma
Cattura e Sequestro Della CO₂ Prodotta Da Combustibili Fossili
Roma, 24 Giugno 2015



- Il Polo Tecnologico del Sulcis
- Soggetti attuatori e soggetti coinvolti
- Attività, motivazioni e finalità
- Primi risultati e attività in corso
- Prospettive e sviluppi futuri



Agosto 2014

Il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) e la Regione Autonoma della Sardegna (RAS) firmano un accordo per l'attuazione del Protocollo di Intesa 2 Agosto 2013 dando di fatto il via alla **costituzione del "Polo Tecnologico del Sulcis"**.

I soggetti attuatori sono ENEA e Sotacarbo e le attività sono effettuate presso il centro ricerche Sotacarbo e più in generale presso le infrastrutture presenti nel Sulcis.

Le attività comprendono ricerche sul carbone pulito in un programma di 10 anni tra cui:

- Progetto di un impianto **oxyfuel** da 50MWt.
- **Sviluppo di nuovi sistemi di separazione e cattura** precombustion e postcombustion della CO₂ meno costosi e meno energivori degli attuali e nuove tecniche di rigenerazione dei solventi.
- Sperimentazione di diverse tecniche di **confinamento in strati sotterranei** profondi del bacino carbonifero del Sulcis, con tecniche di compressione, stoccaggio criogenico, trasporto e confinamento della CO₂ catturata.



HR: 2863 permanent staff
71 temporary staff
Headquarters in Rome
9 Research Centers
5 Research Laboratories
12 Local Offices
Brussel Liason Office

ENERGY

- Nuclear Fusion
- Nuclear Fission
- Renewable Energy Sources
- Energy Efficiency
- Advanced Technologies for Energy and Industry



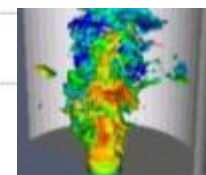
NEW TECHNOLOGIES

- Radiation Applications
- Material Technologies
- Energy and Environment Modeling
- ICT



SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

- Environmental Characterization, Prevention and Recovery
- Environmental Technologies
- Seismic Protection
- Radiation Biology and Human Health
- Sustainable Development and Innovation of the Agro-Industrial System



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

Società Tecnologie Avanzate Carbone SpA

Centro Ricerche Sotacarbo

Compagine societaria: 50% ENEA e 50% RAS

Impianti, laboratori e attività di studio
per la gassificazione,
la cattura della CO₂
e la produzione di idrogeno



**SW Sardegna
Bacino
Minerario
Del
Sulcis**





Coordinamento, sviluppo e test tecnologie



Sperimentazione c/o piattaforma pilota, oxyfuel, storage CO₂,



Università di Cagliari

Purificazione syngas, analisi chimiche, analisi tar, coal slurry



Politecnico Milano

Catalisi, sintesi sperimentazione e caratterizzazione
Catalizzatore supportato su matrice monolita per metanazione
Modellistica chimica



Università di Bologna

Membrane di separazione gas, cattura della CO₂
e purificazione del Synthetic Natural Gas



Università di Roma

Analisi di sistema, modellistica dei processi, storage e monitoraggio



Analisi geosismica

Una **task force dedicata alla gestione condivisa delle attività** sugli impianti di gassificazione e di cattura della CO₂ è stata istituita con la partecipazione di personale ENEA e Sotacarbo.

Le **filieri tematiche trattate** nella cornice del progetto

“Cattura e Sequestro della CO₂ prodotta da Combustibili Fossili “ sono:

1. Tecnologie innovative per la cattura della CO₂ in pre-combustione, con produzione di combustibili gassosi (gassificazione)
2. Tecnologie per l'ottimizzazione dei processi di ossi-combustione
3. Monitoraggio e storage della CO₂
4. Studi e sperimentazioni relative alla produzione di SNG da CO e CO₂
5. Comunicazione e diffusione dei risultati

Test sugli impianti di gassificazione e valutazione delle prestazioni di processo su scala fino a 5 MWt

Verifica di funzionalità di tutti i componenti nella diverse fasi di start-up, stazionario e shut-down.

Nuovi test in corso su diversi tipi di carbone, cippato e loro miscele.

Caratterizzazione del syngas prodotto (concentrazioni gas e analisi tar e polveri).

Progetto e realizzazione di una nuova sezione di trattamento syngas

Nuovo disegno della griglia è stato realizzato ed è ora in fase di test.

Progettazione e realizzazione del sistema di caricamento automatico del combustibile.

Progettazione e realizzazione di un nuovo sistema di trattamento acque di lavaggio.

In prospettiva acquisizione di un gruppo elettrogeno a combustione interna con quadro parallelo.

Prove di cattura della CO₂ con solventi a base di ammine

Prove di rigenerazione dei solventi

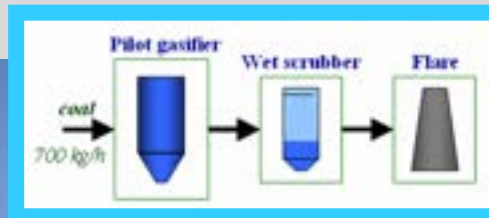
Caratterizzazione del loop completo assorbimento e rigenerazione

Implementazione del sistema di controllo del loading basato sulla misura della densità della miscela

Vista globale

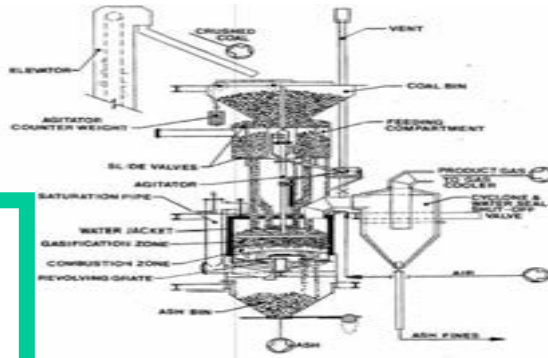
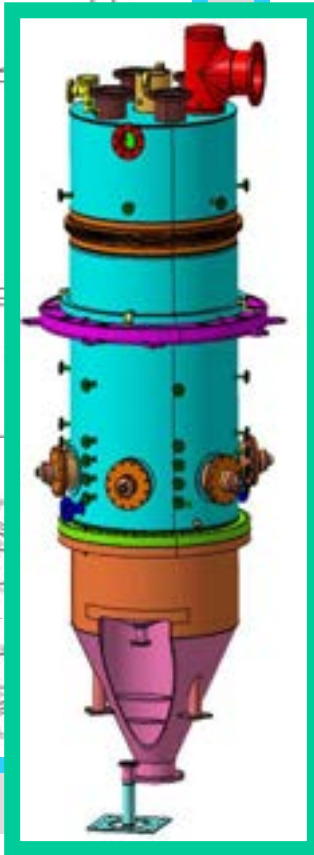
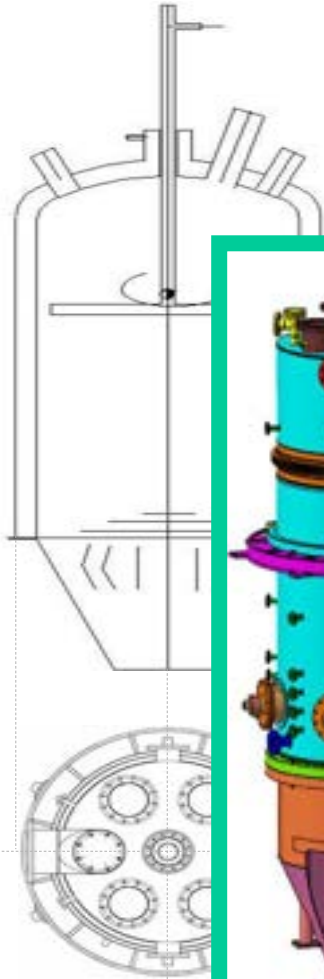


Vista NORD



Vista SUD

Il gassificatore



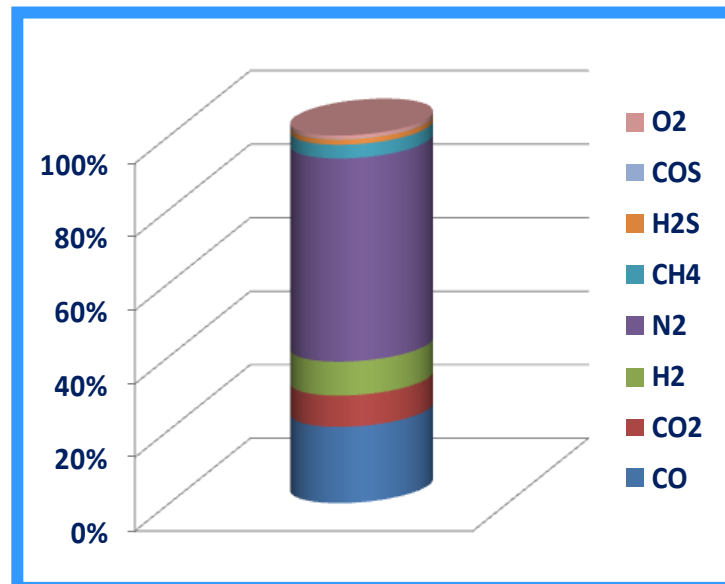
- Letto fisso con griglia rotante
- Tipologia Wellman-Galusha
- Caricamento dall'alto
- Progettato per alimentazione a carbone
- Capacità massima 700 kg/h
- Capacità operativa 500 kg/h
- Pressione di progetto 3.0 bar a
- Pressione operativa 0.2 bar g
- Temperatura Uscita Syngas 200-300°C
- Alimentazione mista biomasse/carbone
- Water jacket
- Stirrer raffreddato
- Start up a irradiator ceramici
- Scarico ceneri asciutte



Le procedure operative sviluppate ad hoc prevedono:

1. testing and start-up dei sistemi ausiliari;
2. avviamento dell'impianto;
3. operatività in regime continuo e stazionario;
4. spegnimento dell'impianto.

Type	sub-bituminous coal	Woodchips	Mixture
Name	Sulcis	Eucalyptus	-
Provenance	Sardinia	Sardinia	-
<i>Mixture percentage</i>			
Mass Percentage	75%	25%	-
Bulk density (kg/dm ³)			
Density	0,8	0,3	0,7
<i>Immediate analysis (% in mass)</i>			
Fixed Carbon	40,65	19,10	32,40
Moisture	7,45	7,75	7,48
Volatiles	40,45	63,14	44,00
Ash	11,45	9,96	16,08
<i>Elemental analysis (% in mass)</i>			
Total Carbon	66,49	39,40	51,85
Hydrogen	6,18	4,98	5,17
Nitrogen	1,41	0,18	1,17
Sulfur	7,02	0,01	5,12
Oxygen	n.d.	-	-
Moisture	7,45	7,70	7,46
Ash	11,45	9,96	16,08
<i>Calorimetric Analysis (MJ/kg)</i>			
Higher Heating Value	22,59	14,51	20,82
Lower Heating Value	21,07	13,25	19,51



Rough Syngas properties (on dry basis)

Volume flow rate (Nm³/h) 400

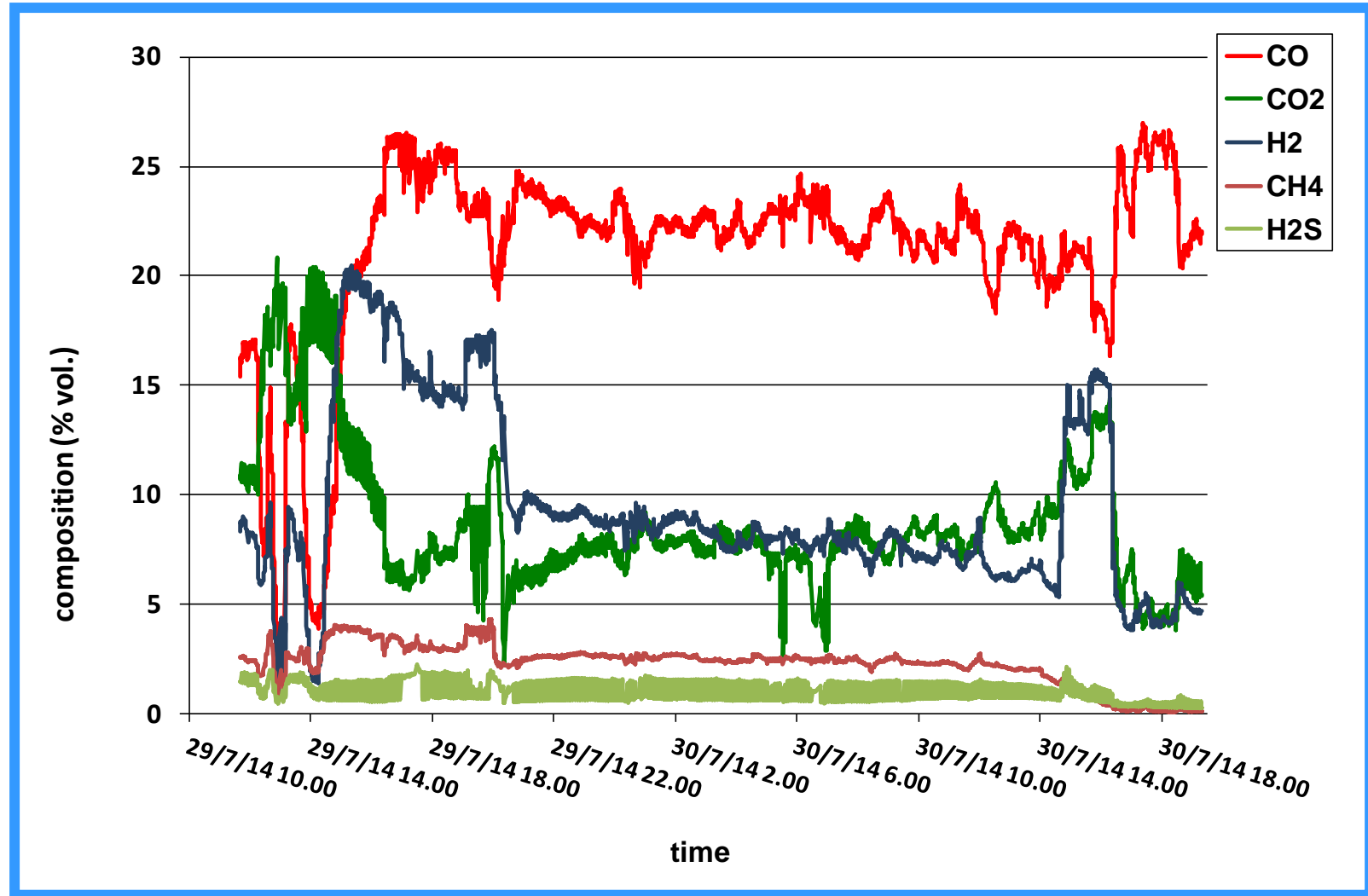
Lower Heating Value (MJ/kg) 4,2

Pressure (MPa) 0,014

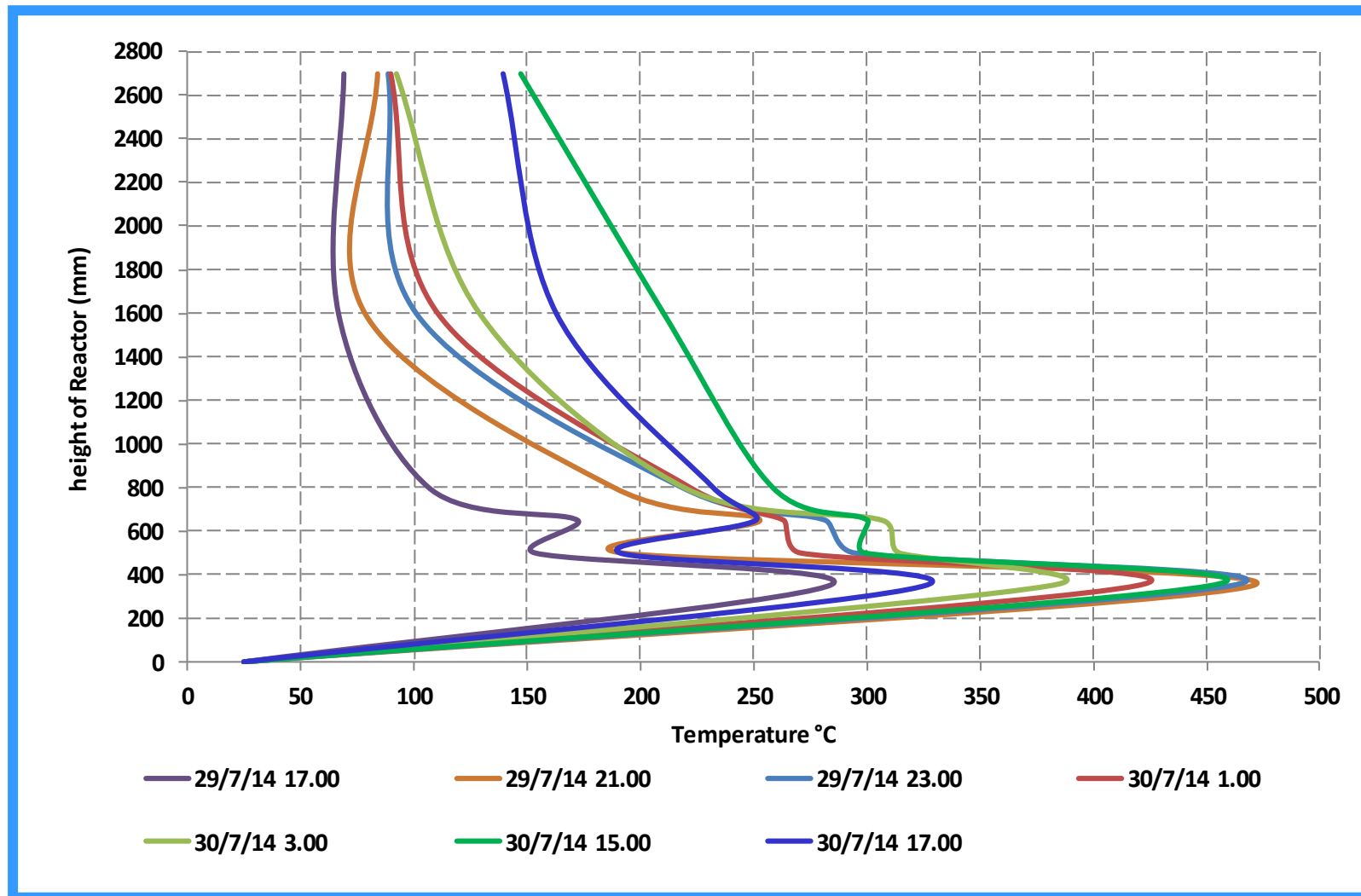
Temperature (° C) 50,4

...fino a 1tonn/h alimentazione x 1000 m³/h di syngas

Composizione del syngas



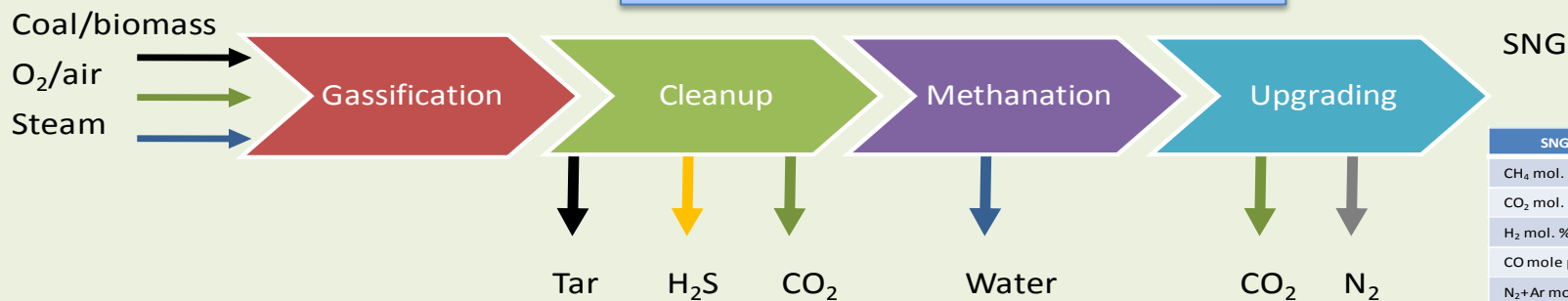
Profili di temperatura



Migliorare la **competitività economica** rispetto ai competitors
(Gas Naturale e GPL)



- Differenziazione delle **fonti energetiche**
- Sicurezza energetica
- Integrazione con le tecnologie **CCS**
- Mercato di utilizzo: pipeline o locale
- Utilizzo CO₂ applicazione nel **power to gas**



SNG Typical composition	
CH ₄ mol. %	97
CO ₂ mol. %	0.16
H ₂ mol. %	1.36
CO mole ppm	11
N ₂ +Ar mol. %	0.53
HHV MJ/Nm ³	39
Wobbe Index MJ/Nm ³	51.6

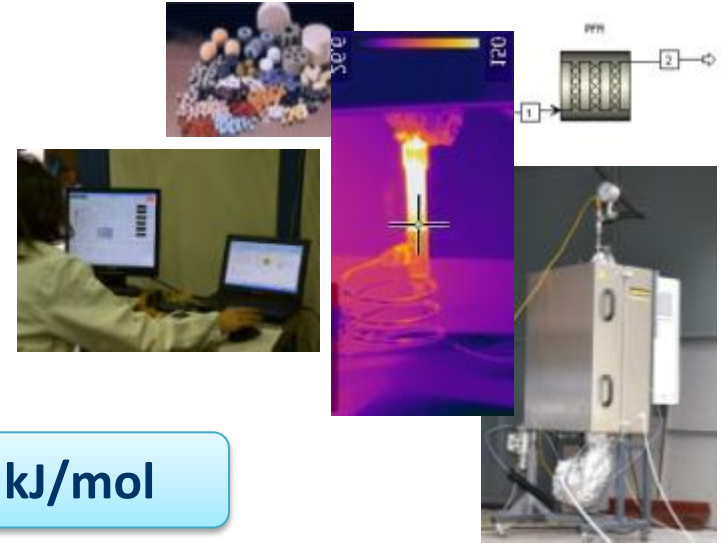
1. **Test sperimentali** su **catalizzatori** di natura commerciale su **scala laboratorio**
2. **Sperimentazione** su scala **pilota** di sistemi e componenti
3. Ricerca di base sui materiali (**metallici, sorbenti, catalizzatori**)
4. **Analisi e modellazione di processi** e sistemi energetici con l'ausilio di **software industriali** finalizzata alla valutazione di **parametri prestazionali** sia in termini **energetici** che **economici e ambientali (LCA)**
5. **Coordinamento** attività e progetti, collaborazioni con **Università (POLIMI UNIBO CAGLIARI)**
6. Trasferimento tecnologico, brevetti, partecipazione a tavoli di discussione



Test sperimentali su catalizzatori di natura commerciale

Condizioni operative ottimali in termini di resa in CH₄

Forte esotermicità reazioni → ricircolo o diluizione



Set up sperimentale e metodo

Utilizzo di Aspen PFR

Reattore monotubolare

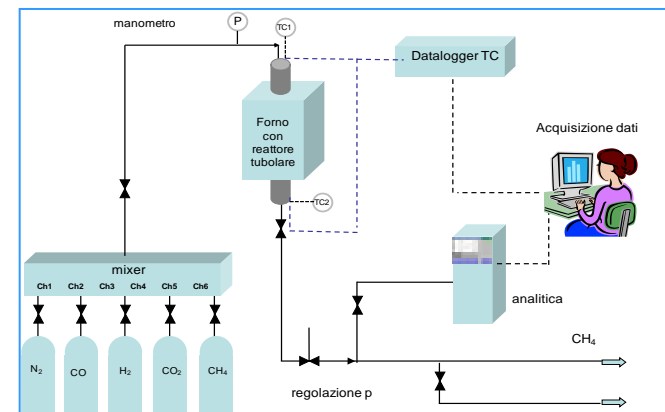
Catalizzatori

Test variando p

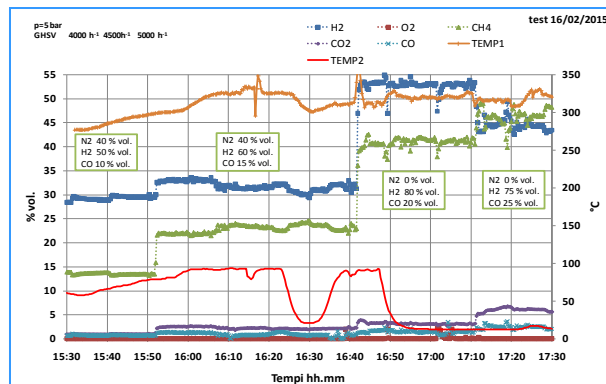
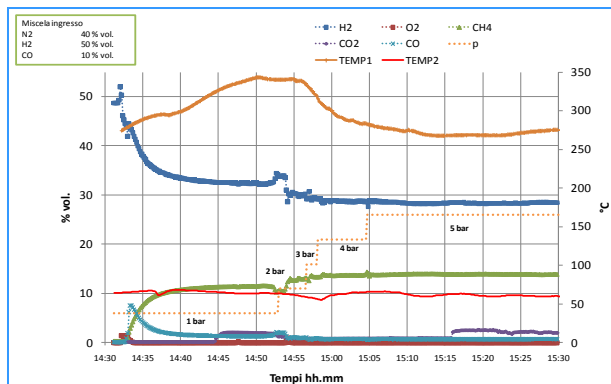
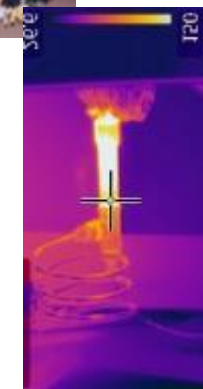
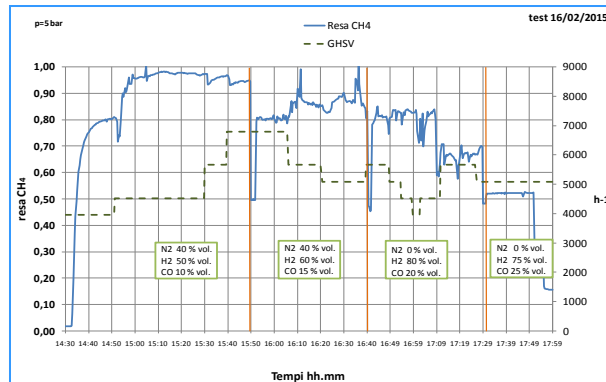
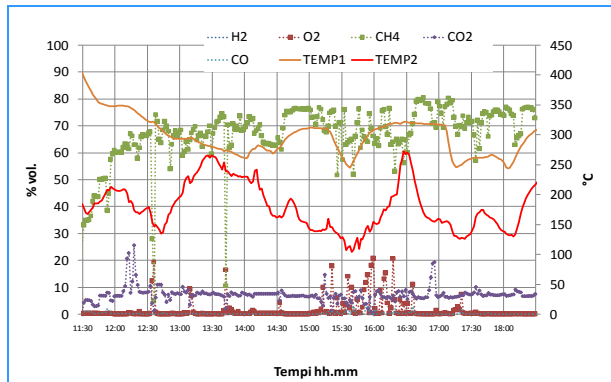
Test variando miscele

Temperatura

Ru/Al₂O₃ Ni/Al₂O₃
Pressioni 1- 5 bar
N₂/CO/H₂ /CO₂/CH₄
300-350 ° C

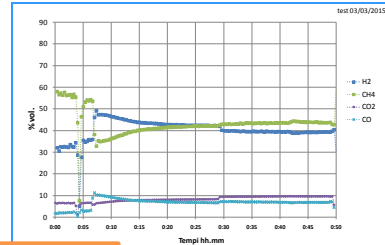
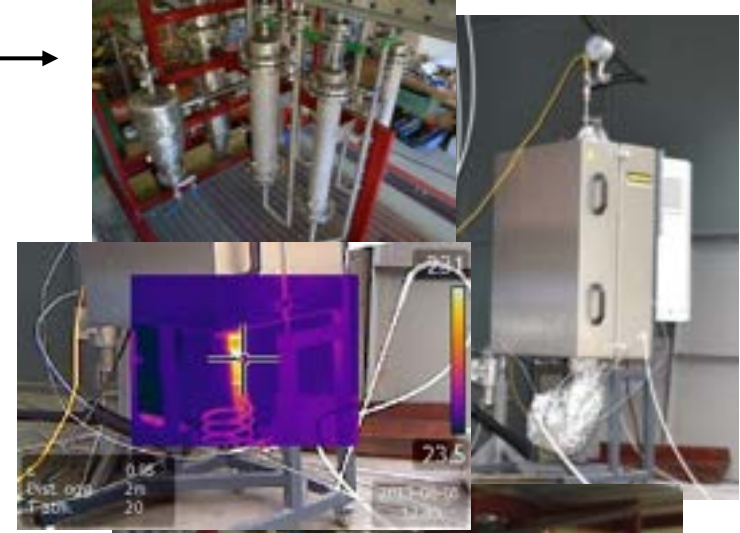
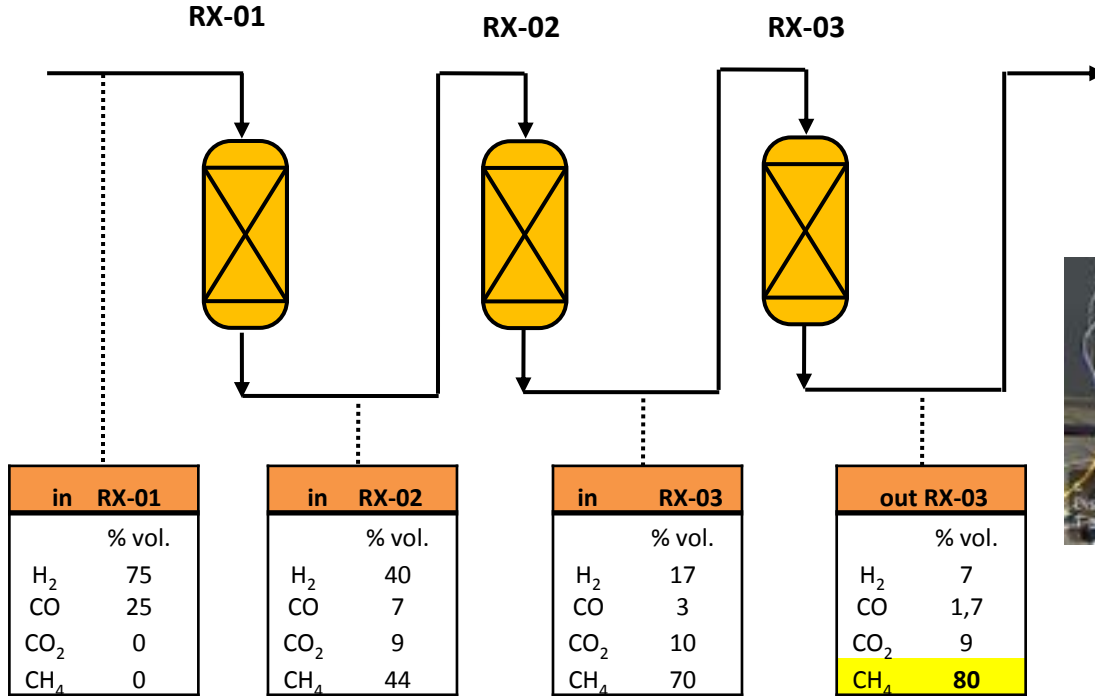


SNG: sperimentazione su scala laboratorio

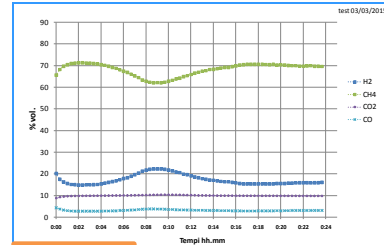


Controllo della temperatura → Reattore monotubolare al multitubolare ai reattori in serie

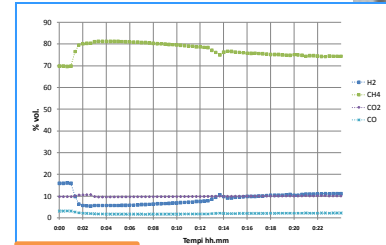
SNG: Sperimentazione su scala pilota



RX-01



RX-02



RX-03



Attività SNG: impianto GESSICA



GESSICA an experimental plant for studies about Gasification, SNG and P2G

GESSICA is an experimental facility dedicated to the study and testing of gasification process, of Synthetic Natural Gas production from coal and its implementation in "Power to Gas" sector.

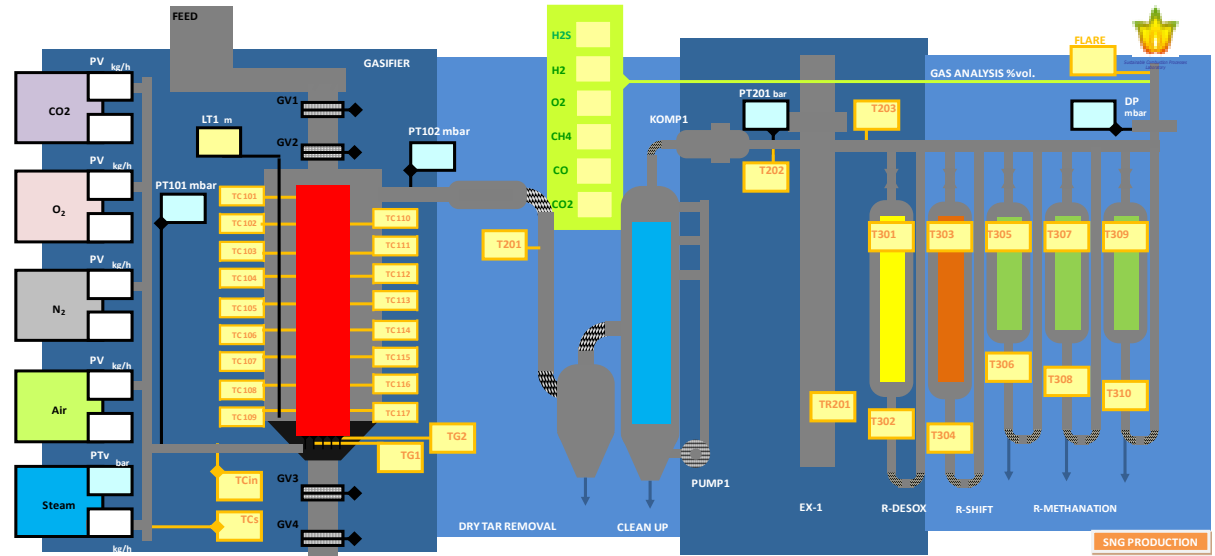
Potential users:
Public and private Research bodies, energy and transport operators; catalysis producers.

Several power plant configurations have been recently studied as feasible alternatives to conventional technologies in the field of energetic conversion of coal. As a matter of fact, a new interest arises in the coal and biomass conversion technologies to produce synthetic natural gas (SNG) involving energy recovery optimization.

SNG has great market opportunities in the context of reducing fossil fuel gas use in the automotive sector. Furthermore, the SNG produced from coal can be used either directly in the case of auto fuel substitutes by natural gas or introduced into the methane pipeline, partly allowing the energy decoupling of storage gas and enhancing energy security.

Hydrogenation and directly becoming a greater part of the global energy mix, in particular in the power sector. Nevertheless, the SNG produced from coal can be used either directly in the case of auto fuel substitutes by natural gas or introduced into the methane pipeline, partly allowing the energy decoupling of storage gas and enhancing energy security.

Moreover, the excess of electrical energy can be used to produce H₂ by electrolysis that reacts with CO and CO₂ contained in the syngas coming from the gasification process, to produce high methane content SNG. It also could be seen as a viable alternative to use CO₂ instead of storing it into geological sites.



Gasifier type	Updraft/Downdraft	
Feed	10-15	kg/h
Syngas	25	kg/h
LHV _{syngas}	3-10	MJ/kg
Gasifier cold gas efficiency	>75	%
Ash removal	Automatic	
Fuel feeding	Automatic	
Methane	3-5	Nm ³ /h
Average efficiency process SNG	40-50	%
CH ₄ yield	0.4-0.5	Nm ³ CH ₄ /kg feed
Plant size	20-40	kWth _{SNG}

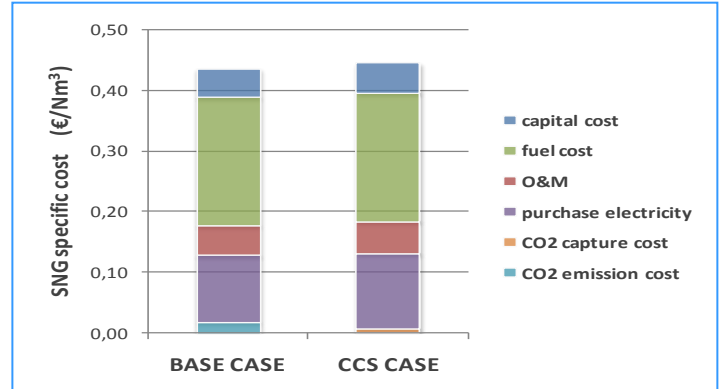
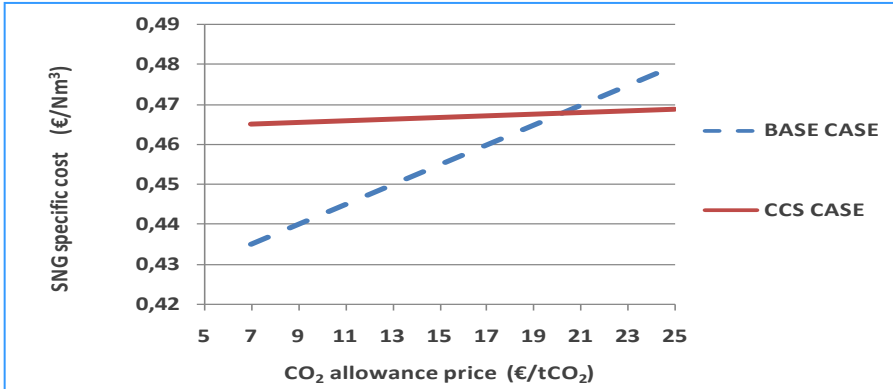
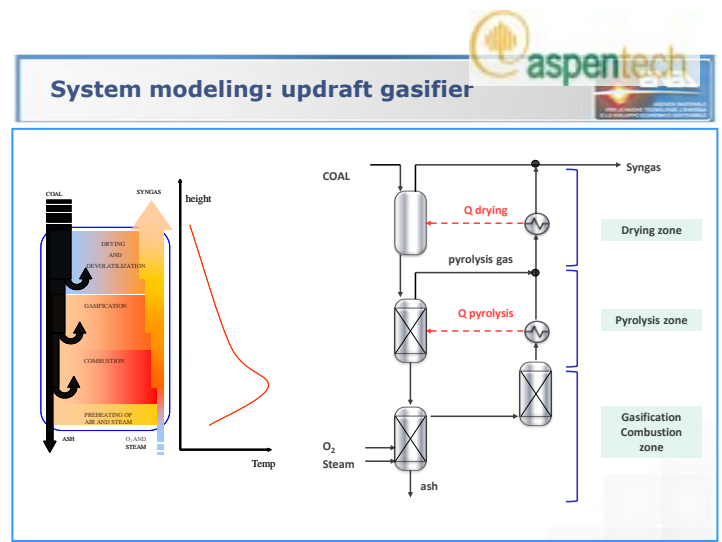


- ❑ Test dei processi di **gassificazione updraft e downdraft**
- ❑ Test di differenti processi e tecnologie di abbattimento del **tar (POX)**
- ❑ Test di differenti **sorbenti** per la desolforazione a caldo
- ❑ Test di differenti **catalizzatori** per la metanazione
- ❑ Test di differenti **tecnologie di upgrading del SNG** (es. membrane)

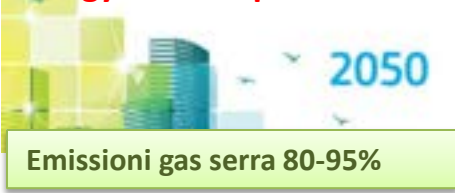


SNG: Analisi di fattibilità economica

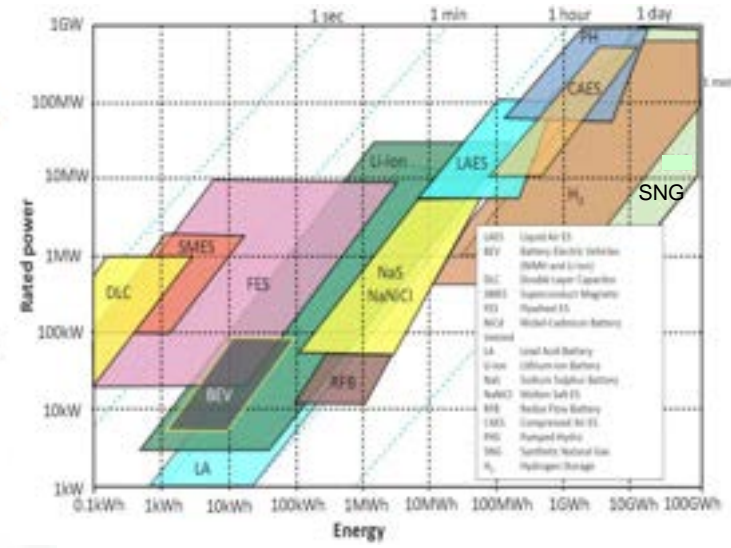
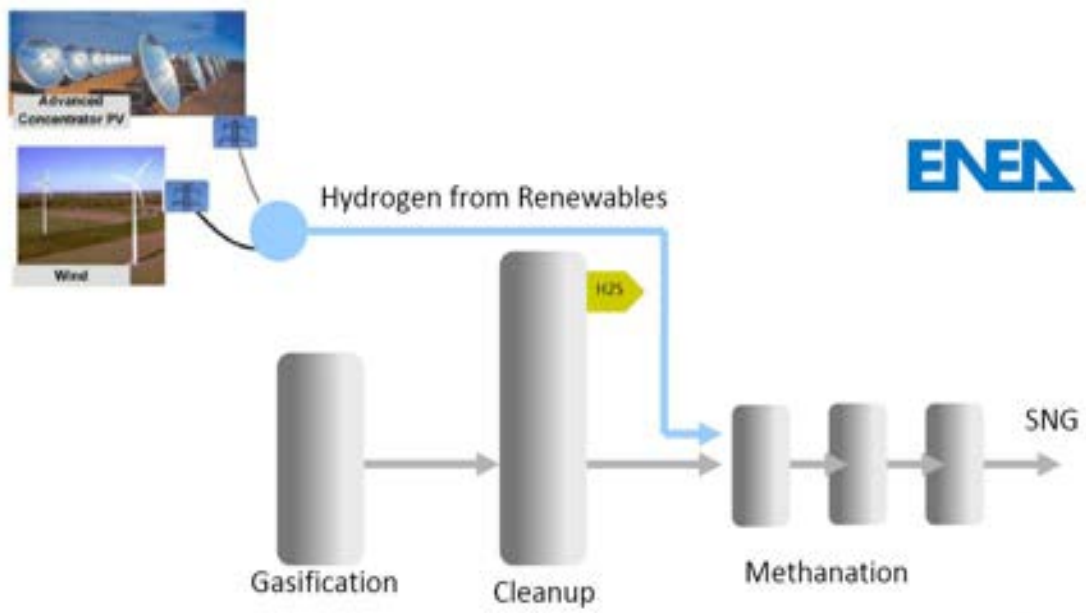
- Studio di fattibilità tecnica economica di un impianto di produzione di SNG da carbone
- Rese in metano ed efficienze $\eta=0.52$
- Integrazione con la cattura della CO₂ $\eta \downarrow 2\%$
- Studio di fattibilità tecnica economica di un impianto di produzione di SNG da carbone
- Stima del costo del metano e sensitività rispetto all'EUA (€/tonCO₂)



Energy Roadmap



Crescita delle rinnovabili
 Aleatorietà delle fonti rinnovabili
 Ruolo importante dei combustibili fossili a medio termine (CCS)



Si aggiusta a piacere il rapporto H₂/CO e H₂/CO₂ in modo che virtualmente si può eliminare la sezione di cattura della CO₂. Vanno fatte verifiche economiche e di disponibilità dell'H₂
 Flessibilità rispetto ai prezzi volatili dell'energia elettrica



**International Sulcis
CCS Summer School
3rd edition**

The interest in the Sulcis CCS Summer School can easily be explained by the growing attention worldwide for the technologies of separation and containment of carbon dioxide (so-called CO₂ - "Carbon Capture and Storage"). The lecture programme will cover the range of techniques developed for the capture, transport and geological storage of CO₂, for which the Sulcis basin is the ideal laboratory for experimentation. It is one of the few sites in the world potentially able to accommodate large amounts of carbon dioxide with almost no environmental risks, thanks to the presence of deep layers of rock suitable for the permanent storage of large quantities of CO₂ due to its peculiar geological features and also of an aquifer underneath the coal basin.

**Centro Ricerche
Sotacarbo
Grande Miniera di
Serbariu
Carbonia, Italy**

**13-17
July 2015**

Monday, July 13th, 2015
Introduction to CCS

Tuesday, July 14th, 2015
CO₂ capture and transport technologies

Wednesday, July 15th, 2015
Dynamics and transport technologies

Thursday, July 16th, 2015
CO₂ storage

Friday, July 17th, 2015
Event and CCS demonstration

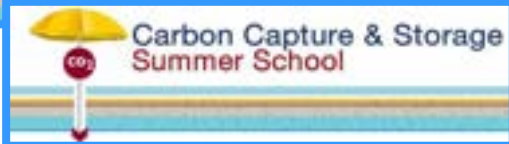
Logos: ENEA, SOTACARBO, CLEAN CO2, CO2@EUROPE

Terza edizione della Sulcis CCS Summer School.
Organizzata da ENEA, Università di Cagliari (Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali) e Sotacarbo.



**3rd Annual International Sulcis CCS
Summer School 13-17 July 2015**

Sotacarbo Research Center, Carbonia, Sardinia, Italy



**Carbon Capture & Storage
Summer School**

Programma delle lezioni copre la gamma di tecniche

- la cattura,
- il trasporto
- lo stoccaggio geologico di CO₂

Comitato Scientifico

Claudia Bassano (ENEA)
Giorgio Cau (University of Cagliari)
Paolo Delana (ENEA)
Marcella Fadda (Sotacarbo)
Silvana Fais (University of Cagliari)
Francesca Ferrara (Sotacarbo)
Giuseppe Girardi (ENEA/Sotacarbo)
Salvatore Lombardi (University of Rome "La Sapienza")
Enrico Maggio (Sotacarbo)
Árpád B. Palotás (University of Miskolc, Hungary)
Sergio Persoglia (OGS)
Alberto Pettinau (Sotacarbo)
Mario Porcu (Sotacarbo)
Giulio Cesare Sarti (University of Bologna)
Vittorio Tola (University of Cagliari)

Ottimizzazione e **completa automazione del processo di gassificazione.**

L'obiettivo dichiarato è quello di dimostrare il funzionamento continuo dell'unità da 1MWe, alimentata da carbone e biomasse e collegata in rete per la generazione di energia.

L'impianto completo rappresenta il FOAK, che potrebbe essere felicemente replicata ma anche aperta a futuri progetti di ricerca e programmi nel settore della gassificazione delle biomasse e del carbone.

Studio e sperimentazione di **sistemi di cattura della CO₂ di seconda e terza generazione.**

Sviluppo e messa a fattor comune degli impianti per prove e test sperimentali su nuovi materiali e processi nel campo dei solventi liquidi, sorbenti solidi e membrane.

Studio e sperimentazione delle **tecnologie di stoccaggio geologico definitivo.**

Attività di caratterizzazione del bacino dell'area del Bacino del Sulcis, test site CO₂.

Studio e sperimentazione **tecnologie SNG**

Applicazioni tecnologiche **SNG, P2G e verifica di fattibilità economica**



Grazie per la cortese attenzione

claudia.bassano@enea.it
www.enea.it

