



Accordo di Programma MSE-ENEA



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO



Le attività della Ricerca di Sistema Elettrico sulle bioenergie

Vito Pignatelli

ENEA, Dipartimento Tecnologie Energetiche

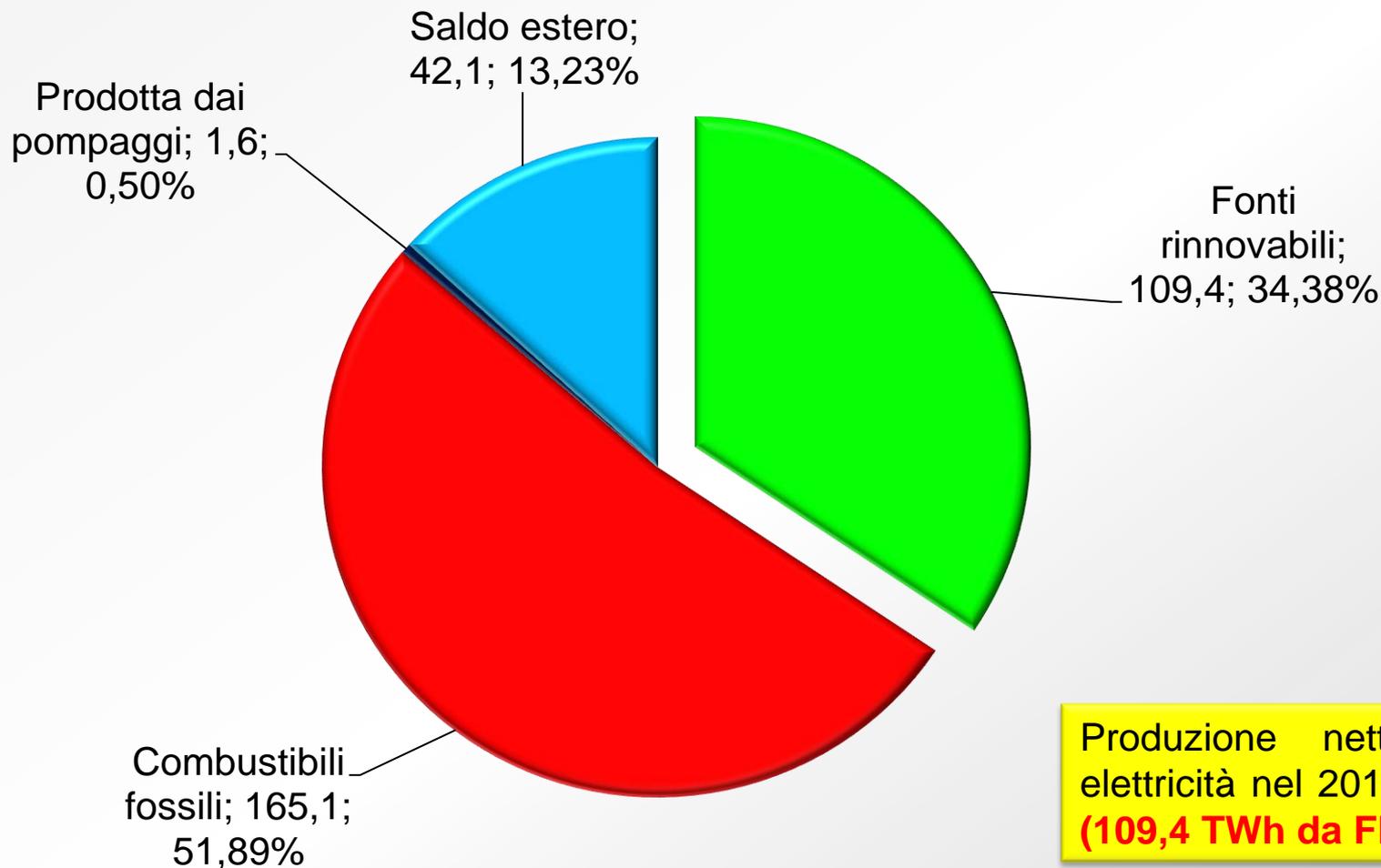
Workshop

LE BIOENERGIE E LA RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Roma, 25 Giugno 2015

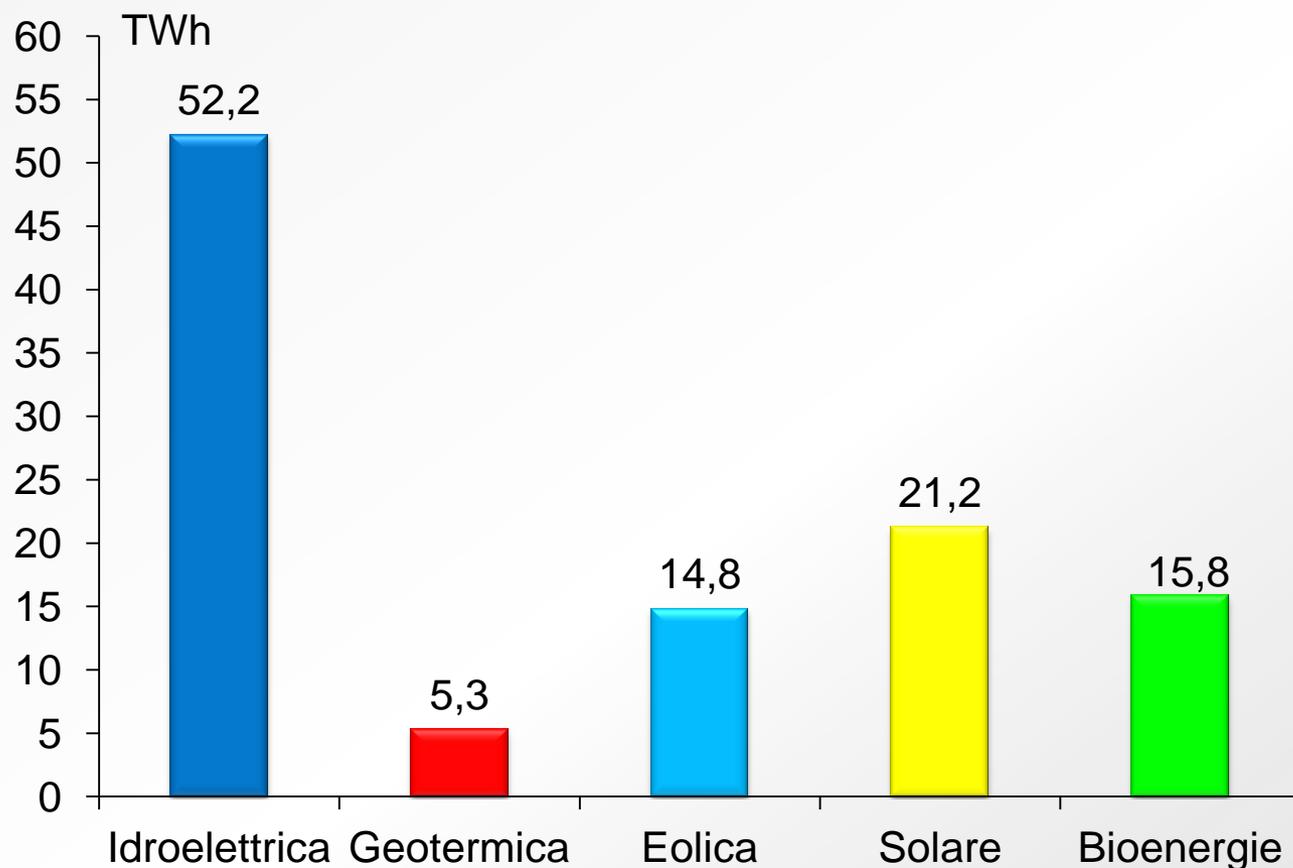


Contributo delle diverse fonti alla produzione di elettricità in Italia nel 2013 (in TWh e %)



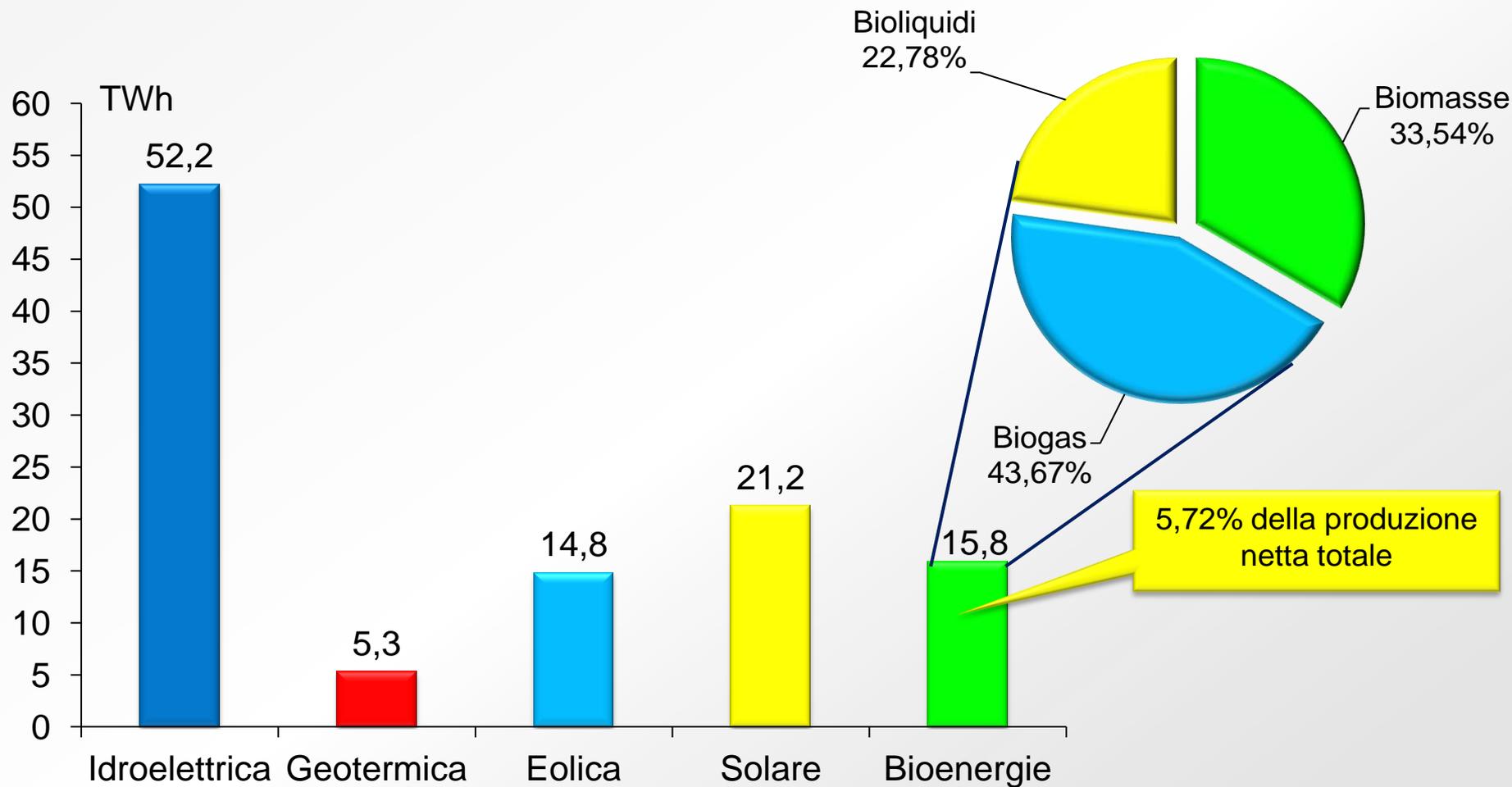
Elaborazione su dati GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

Contributo delle diverse FER alla produzione di elettricità in Italia nel 2013 (in TWh e %)



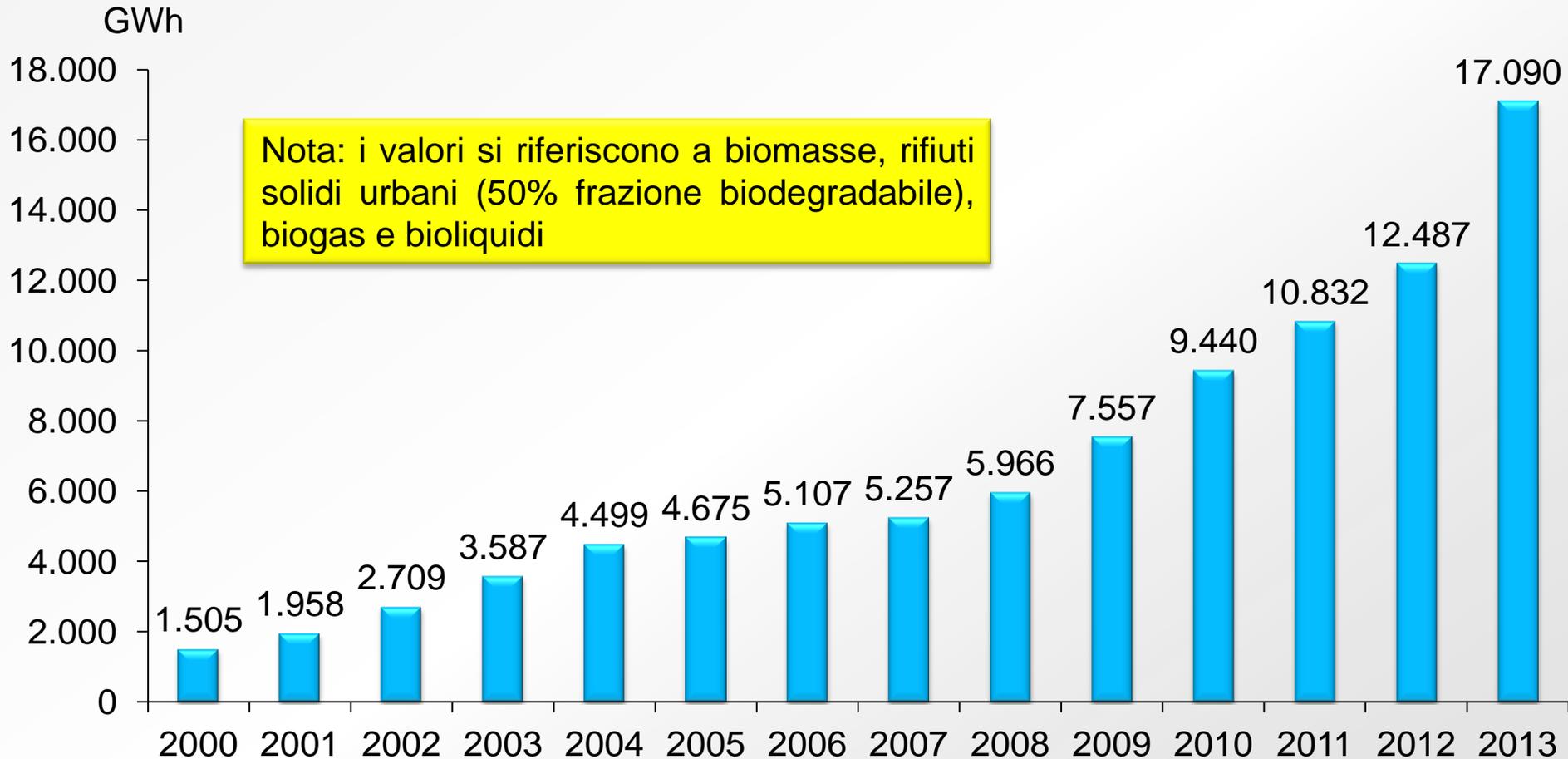
Elaborazione su dati GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

Contributo delle diverse FER alla produzione di elettricità in Italia nel 2013 (in TWh e %)



Elaborazione su dati GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

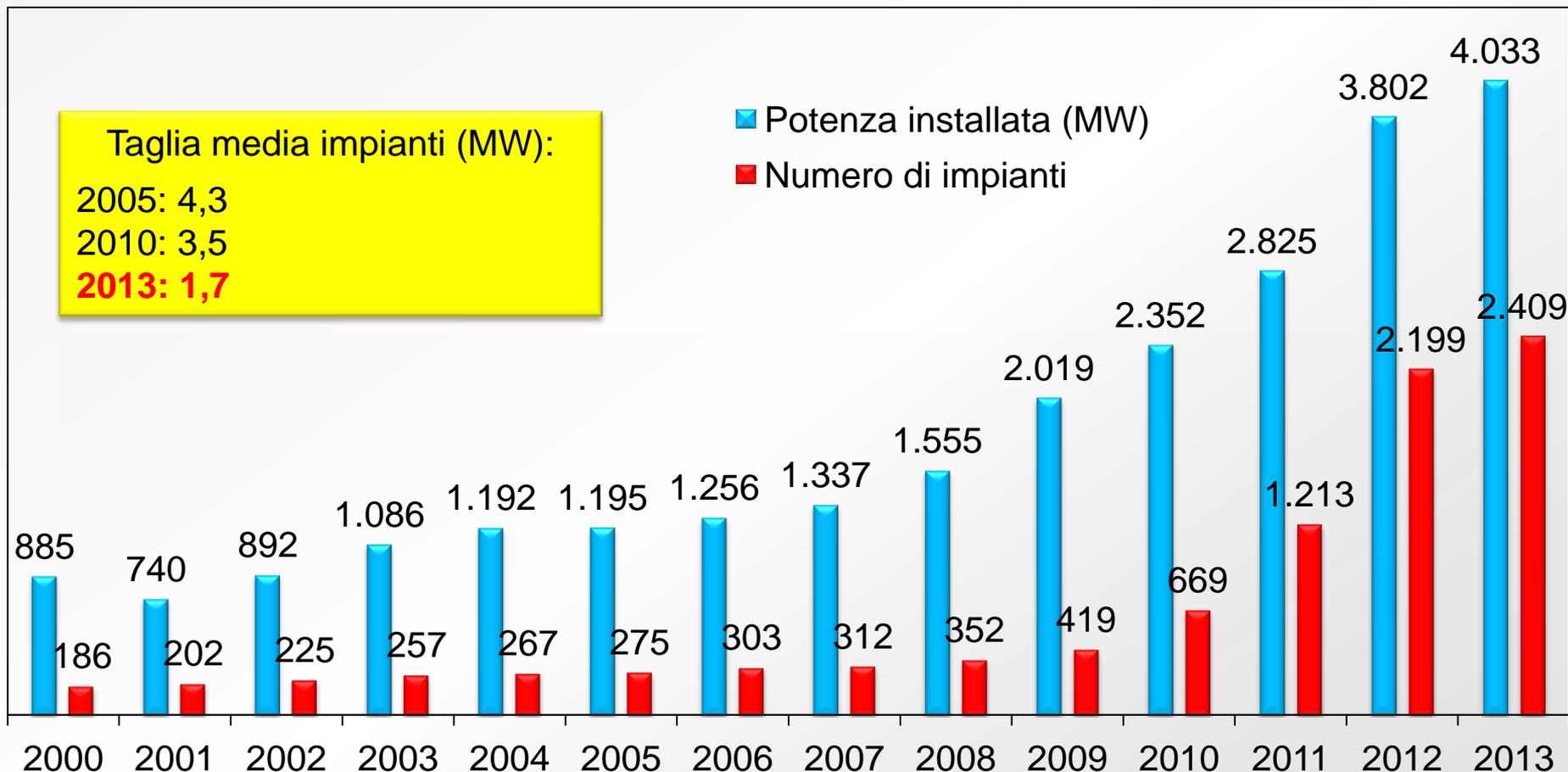
Produzione di elettricità da bioenergie in Italia



Elaborazione su dati GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

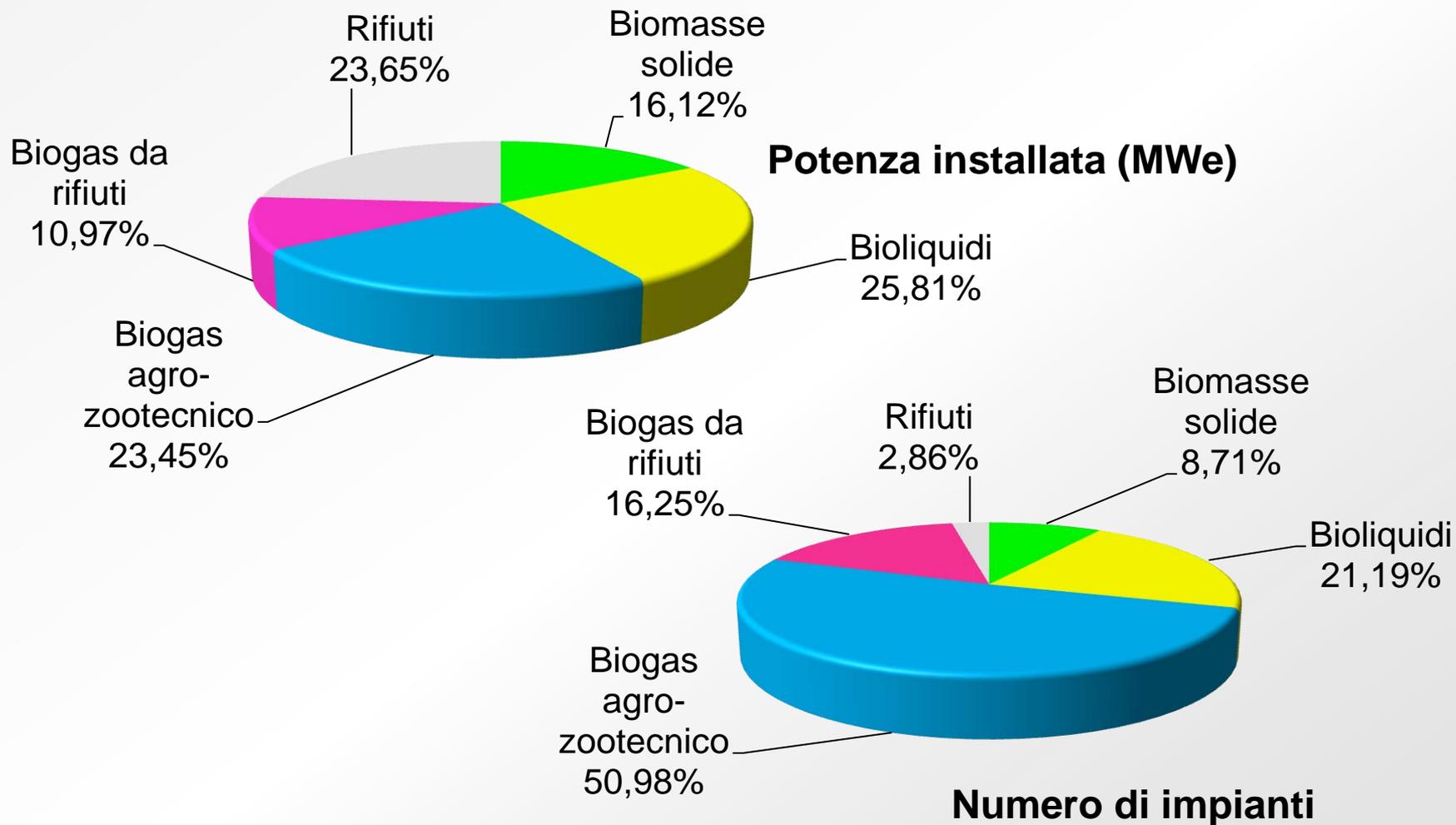
- ◆ ***Messa a punto e dimostrazione su scala pilota di sistemi per la valorizzazione energetica delle biomasse mediante:***
 - la produzione di biogas o syngas da utilizzare in **sistemi cogenerativi di piccola-media taglia** o per l'immissione come biometano nella rete nazionale del gas
 - lo sviluppo di sistemi di cogenerazione ad elevato rendimento basati su dispositivi innovativi, in grado di utilizzare sali fusi come vettori energetici a temperature superiori ai 450 C
 - lo studio di dispositivi innovativi in grado di ridurre i livelli di emissioni di particolato fine e altri inquinanti organici prodotte da **impianti di combustione di biomasse di piccola-media taglia** mediante sistemi di abbattimento basati su processi catalitici

Crescita della potenza e del numero di impianti a bioenergie in Italia



Fonte: GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

Composizione parco impianti di potenza a bioenergie in Italia nel 2013



Elaborazione su dati GSE, Rapporto statistico energia da fonti rinnovabili 2013, 2015

- ◆ ***Sperimentazione di processi e tecnologie sviluppate negli anni precedenti, finalizzate ad ampliare la tipologia di biomasse utilizzabili per produrre biogas o syngas mediante:***
 - La produzione di biogas da biomasse lignocellulosiche e chitinose, con sperimentazione per il potenziamento delle fasi di idrolisi e di fermentazione mediante l'uso di funghi anaerobici ruminanti e specifiche comunità batteriche
 - La produzione di microalghe, aumentando la capacità dei sistemi di coltura basati sull'uso di nutrienti presenti nel digestato liquido prodotto dall'impianto di digestione anaerobica, con conseguenti test di producibilità di biogas
 - La sperimentazione in impianto pilota di processi di gassificazione con acqua in condizioni supercritiche di particolari tipologie di biomasse ad elevato tenore di umidità (digestato, biomassa algale, fanghi di depurazione, ecc.)

- ◆ ***Sperimentazione di processi e tecnologie finalizzati alla produzione di biometano di qualità adatta all'immissione in rete mediante:***
 - La purificazione del biogas dall' H_2S con un processo biologico basato sulla fotosintesi anossigenica, operante ad umido ed a temperatura ambiente, o con uno di tipo chimico-fisico "a secco", che utilizza nuovi catalizzatori ad ossidi metallici a temperature intorno ai 100 C
 - La separazione selettiva della CO_2 mediante sistemi basati sull'utilizzo di ammine in soluzione organica con rigenerazione a bassa temperatura, o tramite formazione/dissociazione selettiva di gas idrati
 - L'implementazione del processo di produzione di gas naturale di sintesi (BIOSNG), ottenuto dalla gassificazione di biomasse lignocellulosiche (syngas), su un impianto pilota di piccola taglia, in modo da studiare la fluidodinamica del processo di metanazione e le prestazioni dei relativi catalizzatori in condizioni simili a quelle di un impianto industriale

- ◆ ***Sperimentazione di processi e tecnologie finalizzati allo sviluppo di sistemi cogenerativi innovativi di piccola-media taglia a maggior efficienza energetica mediante:***
 - La caratterizzazione di miscele di sali fusi adatte all'impiego come vettori termici alta temperatura per caldaie a biomasse
 - L'implementazione di un modello per la valutazione energetica ed economica dei sistemi cogenerativi
 - La realizzazione di dispositivi catalitici per la riduzione del particolato fine e degli inquinanti organici presenti nei fumi e relativi sistemi di rigenerazione a microonde

Il PAR 2014 è suddiviso in due parti:

Parte A. Attività ENEA, articolata, come nel PAR precedente, in quattro linee:

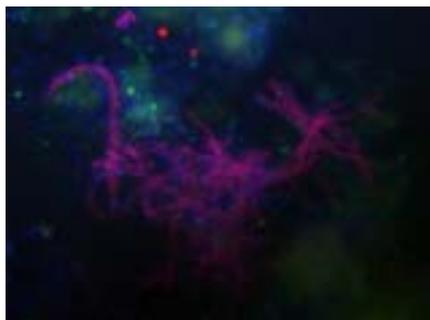
- a. Sviluppo di sistemi di produzione di biocombustibili
- b. Sviluppo di sistemi di upgrading di biocombustibili e riduzione dell'impatto ambientale
- c. Sviluppo di sistemi di produzione dell'energia elettrica e cogenerativi e riduzione dell'impatto ambientale
- d. Comunicazione e diffusione dei risultati, che comprende le attività di supporto ai ministeri e le collaborazioni internazionali

Parte B. Polo Tecnologico del Sulcis, con tre linee:

- a. Progetto e realizzazione delle modifiche dell'Impianto Dimostrativo SOTACARBO
- b. Sperimentazione presso Impianto Dimostrativo SOTACARBO
- c. Tecnologie avanzate di co-gassificazione e trattamento del tar

a.1 *Processi innovativi per la produzione di biogas a più elevato contenuto in metano*

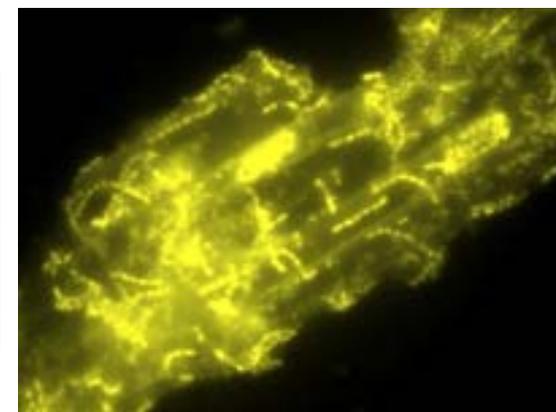
Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Università della Tuscia, Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche• Università di Napoli Federico II, Dipartimento di Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale	<ul style="list-style-type: none">• Studio e sviluppo di un processo fermentativo anaerobico di materiali ad alto contenuto in chitina e di acque di vegetazione• Ottimizzazione delle condizioni di processo per la valorizzazione energetica di substrati di scarto lentamente biodegradabili attraverso decomposizione biologica per via anaerobica



Comunità microbica di archea metano-produttori



Impianto di digestione anaerobica a doppio stadio

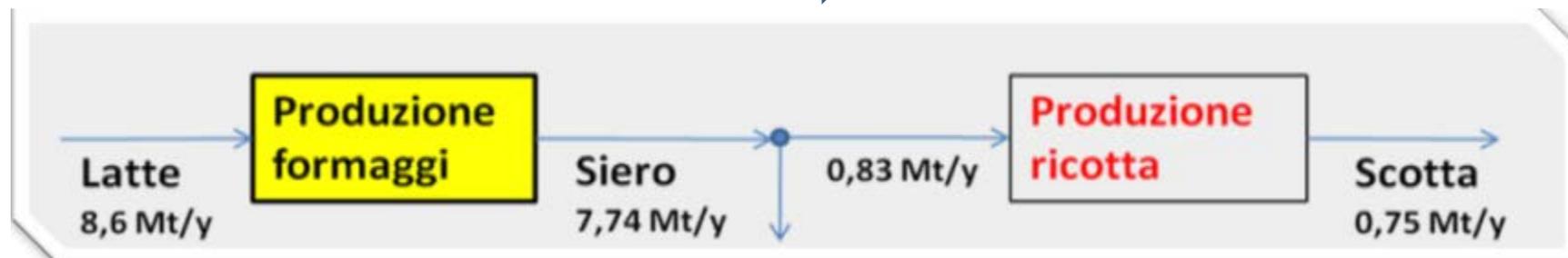


Colonie di batteri idrolitici su paglia di grano

Bioraffinerie (IEA): trasformazione sostenibile di biomassa in un spettro di prodotti per il mercato e per l'energia

“Da un processo lineare ad uno ciclico”

SCARTO  RISORSA



pH	5,9-6,2
Lattosio (g/l)	6-55
VS (g/L)	45-54
COD tot (g/L)	74-85
Proteine (g/L)	0,45-0,90

Costi di smaltimento per la Formaggi Boccea s.r.l.: fino a 4,6 euro per t di refluo prodotto



- Ciclizzazione dei processi produttivi
- Smaltimento autonomo dei rifiuti
- Autonomia energetica
- Ritorno economico

Caratteristiche dell'impianto pilota CSTR (continuous stirred tank reactor)



Inoculo I stadio:
sedimenti della laguna di Fogliano

Inoculo II stadio:
liquame (20%)+ scotta (10g/l lattosio).

Primo stadio:

Volume di lavoro: 3,4 L

HRT: 12-24 h

T: 37 C

pH: 5 - 5,5

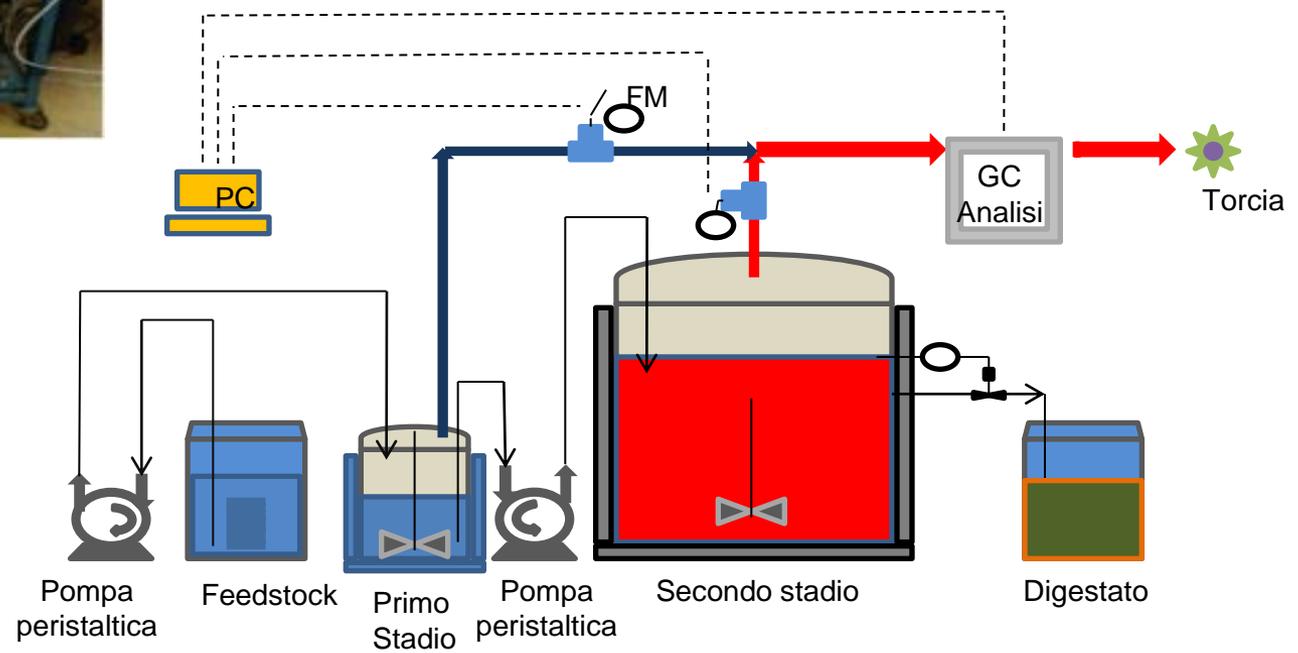
Secondo stadio:

Volume di lavoro: 51 L

HRT: 7,5 d

T: 37 C

pH: 6,7 - 7



- ✓ M1 (10 g/l lattosio); HRT CH₄ = 7,5 giorni; OLR CH₄ = 0.67gVS/L reattore * d
- ✓ B1 (10 g/l lattosio); HRT_{H₂} = 24h; HRT_{CH₄} = 7,5 d; OLR_{H₂} = 1,33g_{VS}/L; OLR_{CH₄} = 0.67g_{VS}/L reattore* d
- ✓ B2_H₂ (10 g/l lattosio); HRT_{H₂} = 12h; HRT_{CH₄} = 7,5 d; OLR_{H₂} = 1,33g_{VS}/L OLR_{CH₄} = 0.67 g_{VS}/L reattore * d

Parametri di processo	M1	B1	B2_H ₂
Flusso H ₂ (NL/d)	-	-	3,91 ± 0,50
Flusso CH ₄ (NL/d)	9,59 ± 0,54	12,2 ± 0,64	11.6 ± 0,44
H ₂ (%)	-	-	39,2 ± 2,0
CH ₄ (%)	56,3 ± 0,65	66,8 ± 2,75	58,7 ± 1,2
Resa (NL _{H₂} *g _{VS} ⁻¹)	-	-	0,115 ± 0,02
Resa (NL _{CH₄} *g _{VS} ⁻¹)	0,28 ± 0,016	0.36 ± 0,02	0,34 ± 0,13
KJ tot/g VS	8,86	11,4	12,0

Vantaggi del bistadio:

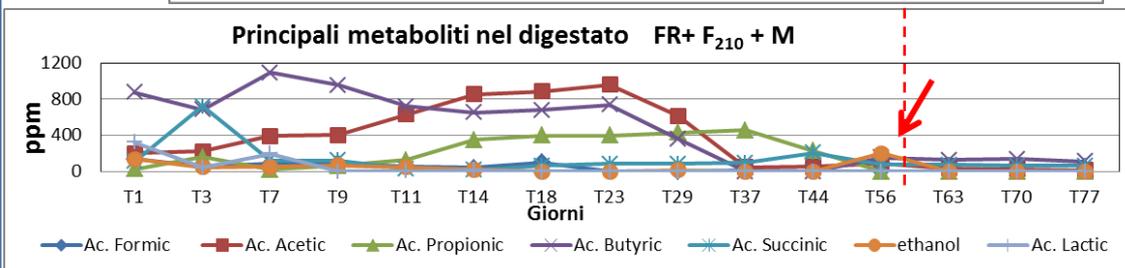
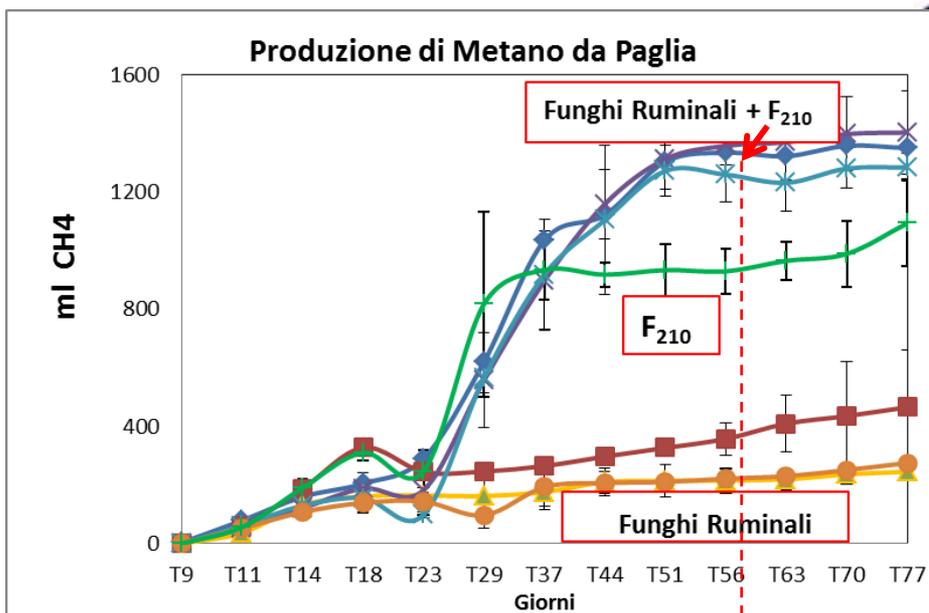
- Incremento della resa energetica anche in assenza di produzione di H₂ (B1)
- Incremento della percentuale di CH₄ nel biogas
- Gestione e controllo del processo sul primo reattore
- Produzione di una miscela arricchita di H₂

	H ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
Miscela B2_H ₂	11,1 ± 4,33	43 ± 7,3	44,7 ± 3,12

Potenziamento della produzione di CH₄ da substrati lignocellulosi e chitinosi

Utilizzando funghi ruminali:

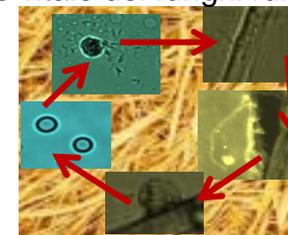
- ✓ si incrementa l'**idrolisi** di biopolimeri resistenti
- ✓ si evitano pretrattamenti costosi e complessi dei substrati



Ecosistema ruminale



Ciclo vitale dei funghi ruminali

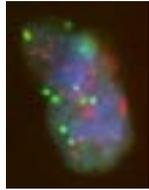


Utilizzando funghi ruminali (FR) in associazione con un pool microbico fermentante (F₂₁₀):

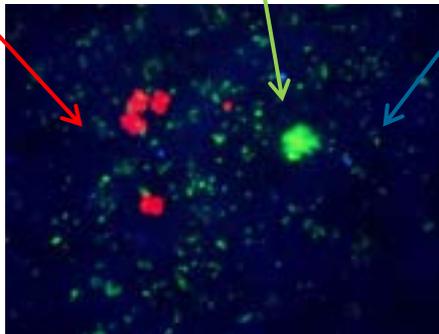
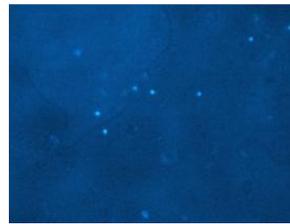
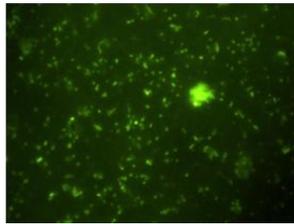
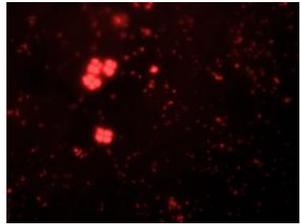
- ✓ Aumenta la quantità di CH₄ prodotta da paglie del 68%
- ✓ Si incrementa la percentuale di CH₄ nel biogas del 5%
- inoltre
- ✓ Si contrastano gli accumuli di metaboliti nel digestato

Individuazione di indicatori microbiologici di funzionalità del processo di DA in mesofilia

L'efficienza del processo di DA si basa sulle interazioni sinergiche tra popolazioni microbiche appartenenti ai diversi gruppi funzionali



Mediante la tecnica *non colturale* FISH è possibile rilevare le componenti microbiche metabolicamente attive: ogni colorazione evidenzia uno specifico gruppo



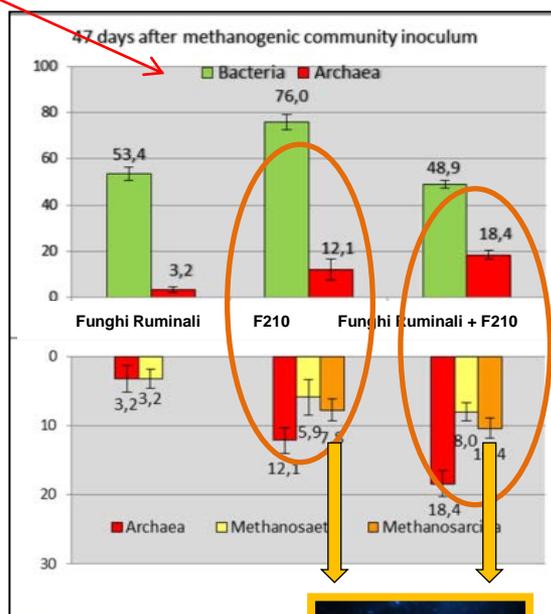
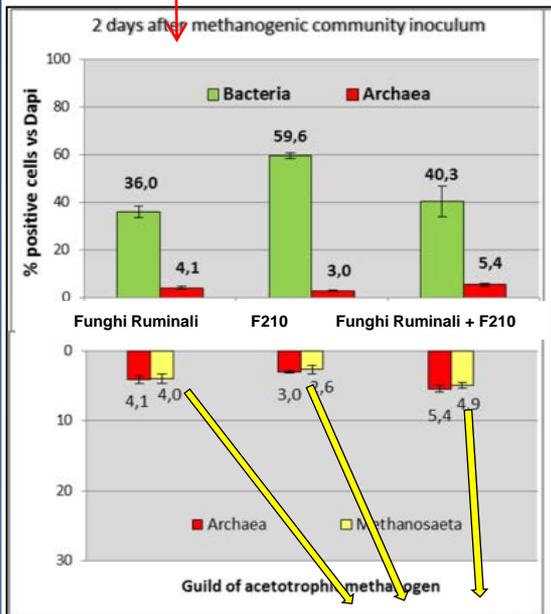
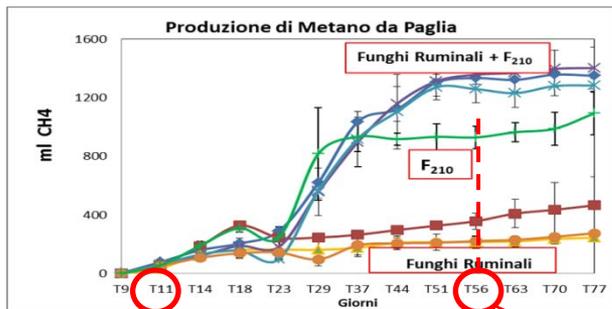
Micrografie relative alla comunità microbica attiva nello stadio a CH₄ dell'impianto pilota ENEA

- in rosso batteri del dominio degli Archea (sonda Arch 915);
- in verde batteri del dominio degli Eubacteria (sonde EUB 338, I, II, III);
- in azzurro batteri della famiglia delle Enterobacteriaceae (sonda EBAC), appartenenti al dominio degli Eubacteria

Sovrapposizione delle immagini ottenute per uno stesso campo del microscopio

Individuazione di indicatori microbiologici di funzionalità del processo di DA in mesofilia

Indispensabili per far procedere la DA sono:



Analisi di comunità:

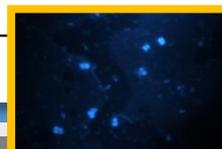
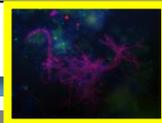
1) *Eubatteri* (green square) vs *Archaea* metanogeni (red square)

Analisi Guild di metanogeni acetotrofi:

2) *Methanosaeta* (yellow square) vs *Methanosarcina* (orange square)

INIZIO PRODUZIONE CH₄
Solo *Methanosaeta*
 Specialisti obbligati nell'uso dell'acetato
 Alta affinità per il substrato

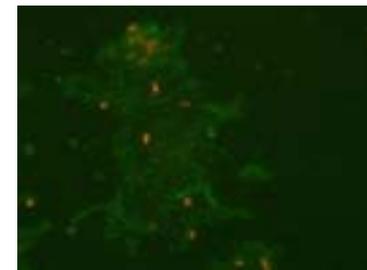
FINE PRODUZIONE CH₄
Anche *Methanosarcina*
 Generalisti nell'uso dell'acetato. In base alla disponibilità possono utilizzare anche metanolo, metilammine e H₂



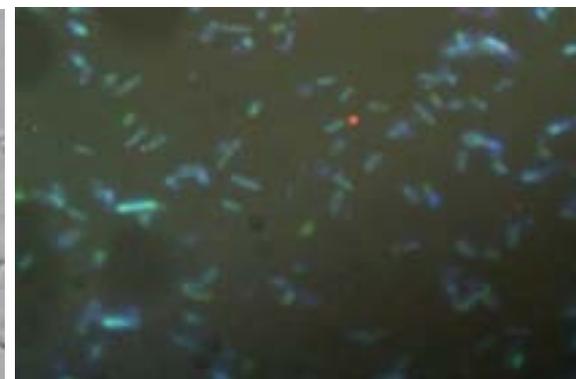
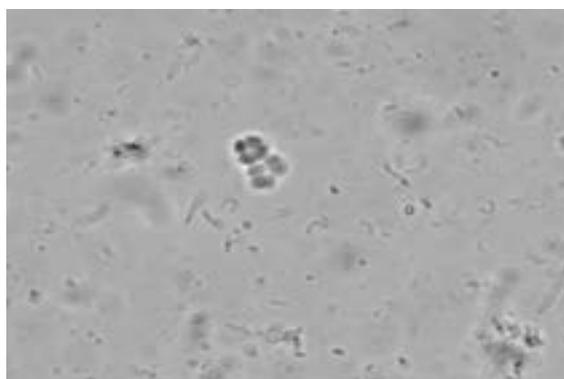
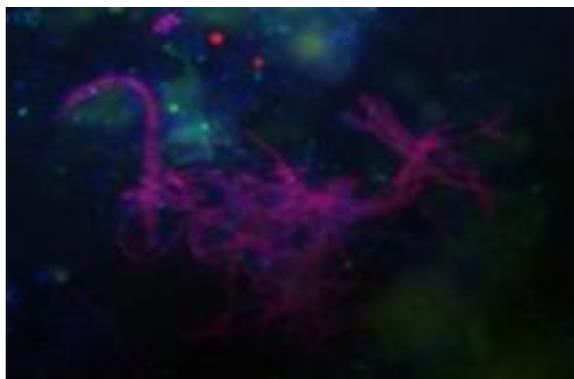
L'inoculo con Funghi ruminanti + idrogeno produttori F_{210} incrementa la produzione di metano confermando l'importanza della cooperazione tra gruppi funzionali di microorganismi

- Ceppi di Funghi Ruminanti e Pool Microbici Selezionati possono essere utilizzati per:

- ✓ incrementare l'efficienza della Digestione Anaerobica
- ✓ accelerare la fase di avviamento dei reattori
- ✓ il recupero del processo in caso di malfunzionamenti o fallimenti

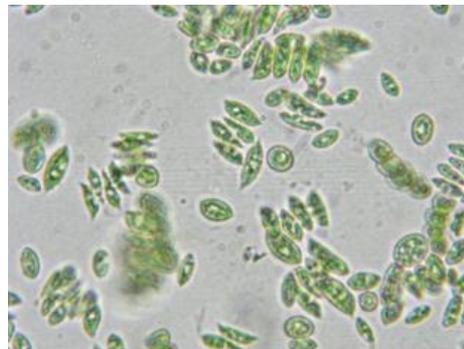


- A differenti produzioni di CH_4 corrispondono differenti composizioni della guild di metanogeni acetotrofi
- La dominanza di specifiche componenti microbiche esprime la risultante dei parametri di processo



a.2 Sistemi per la produzione di microalghe da inserire a valle del processo di DA

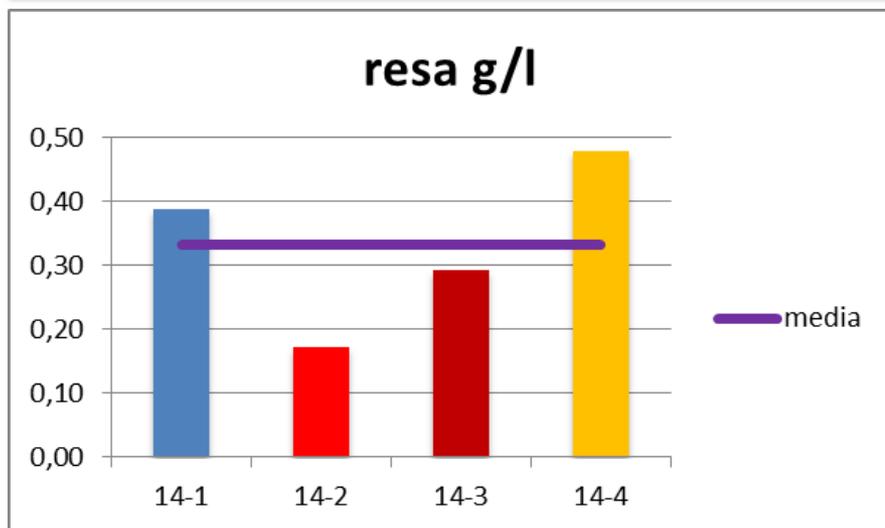
Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Chimica	<ul style="list-style-type: none">Caratterizzazione di colture microalgali prodotte con l'ausilio di digestato liquido derivante da digestione anaerobica



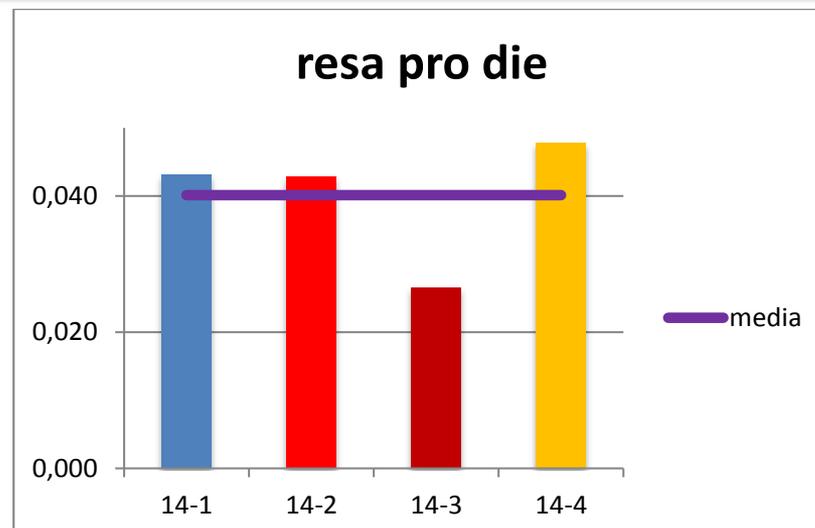
Scenedesmus dimorphus



- ◆ Nel corso del 2014 sono state intraprese coltivazioni microalgali in vasche da 1.500 litri di volume utile
- ◆ Le rese in termini di produttività giornaliera hanno fornito risultati verificati con medie giornaliere di 40 mg/L, assimilabili a circa 24 t/ha sulla base di 8 mesi di operatività all'anno, da ritenere interessanti tenuto conto dello stato di sviluppo iniziale e del fatto che non è stata immessa CO₂ aggiuntiva oltre a quella atmosferica
- ◆ La quantità standard di digestato immesso nelle vasche, impiegato come unico fertilizzante, pari a 1mg/L, è da considerarsi sicuramente dosata prudenzialmente, e potenzialmente suscettibile di incrementi significativi



Resa finale in biomassa secca (g/L)



Resa in biomassa secca (g/L) giornaliera

Figura 25 : resa giornaliera delle vasche analizzate in g/l

- ◆ Ai fini della determinazione del potenziale produttivo di biogas della biomassa microalgale, sono state effettuate prove sperimentali adottando la tecnica SOUR, una tecnica respirometrica che consente la misurazione del consumo di ossigeno durante la degradazione aerobica di una matrice organica portata in una sospensione acquosa, in condizioni che garantiscano l'attività microbica ottimale e velocità di reazione massima
- ◆ Nella sospensione si sviluppa una comunità microbica che degrada aerobicamente la sostanza organica, consentendo di misurare il potenziale biochimico di biogas (ABP).



Coltura matura concentrata per decantazione prima dell'essiccazione



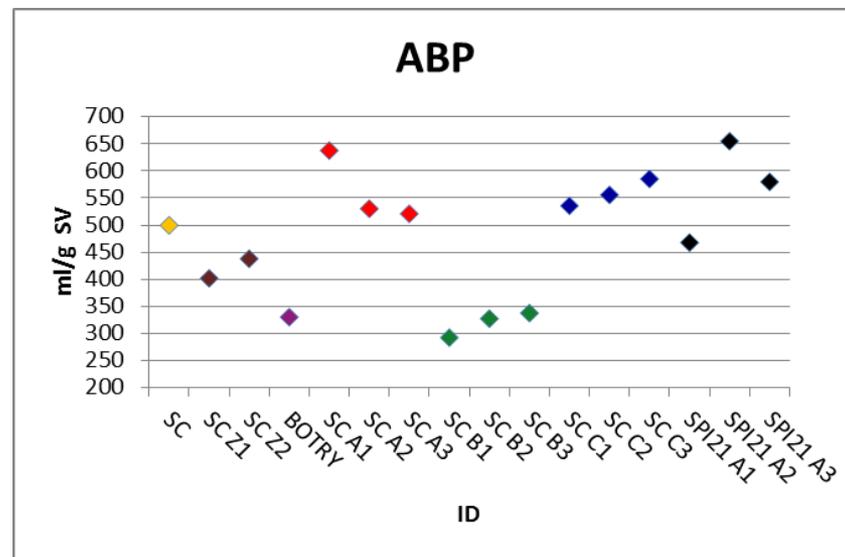
Campione di biomassa di *Arthrospira* dopo essiccazione a 105 C

Potenziale produttivo di biogas della biomassa microalgale

ID	Grammi utilizzati	ABP mL/gSV	MEDIA ABP	Dev.stand. ABP mL/gSV
SC	0,403	499,868		
SC Z1	0,35	402		
SC Z2	0,35	438,05		
BOTRY	0,353	330,47		
SC A1	0,35	637,74	563,04	64,85
SC A2	0,33	530,33		
SC A3	0,352	521,06		
SC B1	0,351	292,64	319,38	23,73
SC B2	0,382	327,58		
SC B3	0,35	337,92		
SC C1	0,362	535,73	558,93	24,94
SC C2	0,366	555,77		
SC C3	0,349	585,30		
SPI21 A1	0,357	468,06	567,61	94,01
SPI21 A2	0,366	654,88		
SPI21 A3	0,33	579,89		

Risultati ottenuti

Dai risultati ottenuti si osserva una diversa capacità di **produzione di biogas** nelle varie colture. Il valore di ABP oscilla tra 292,64 e 637,74 mL/g SV, a seconda dei ceppi utilizzati (SC = *Scenedesmus dimorphus*; BOTRY = *Botryococcus braunii*; SPI21 = *Arthrospira platensis*).



a.3 Gassificazione con acqua in condizioni supercritiche (SCW) di biomasse ad elevato contenuto idrico

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Università della Calabria, Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio e Ingegneria Chimica	<ul style="list-style-type: none">• Analisi sperimentale dei catalizzatori a base di nichel supportato su zeolite per la SCWG



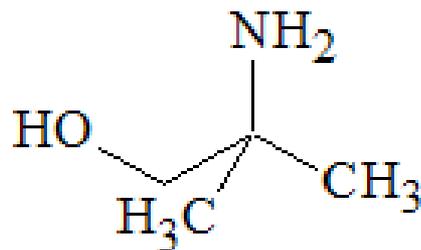
b.1 Processi chimico-fisici e biologici per l'abbattimento dell'acido solfidrico presente nel biogas

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Università di Salerno, Dipartimento Ingegneria Industriale	<ul style="list-style-type: none">• Sistemi catalitici per il clean-up di biocombustibili e la riduzione dell'impatto ambientale



b.2 Nuovi sistemi per la rimozione selettiva della CO₂ dal biogas basati sull'impiego di ammine in fase organica e sulla formazione/dissociazione di idrati

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">Sapienza Università di Roma, Dipartimento di Ingegneria Chimica, Materiali, Ambiente	<ul style="list-style-type: none">Sviluppo del processo di separazione della CO₂ dal biogas mediante assorbimento con soluzioni di AMP in solvente organico



*Formula di struttura del
2-ammino-2-metil-1-propanolo (AMP)*



b.2 Nuovi sistemi per la rimozione selettiva della CO₂ dal biogas basati sull'impiego di ammine in fase organica e sulla formazione/dissociazione di idrati

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">Università G. D'Annunzio di Chieti-Pescara, Dipartimento di Farmacia	<ul style="list-style-type: none">Studio del processo di separazione della CO₂ dal biogas mediante formazione di idrati



Apparato RDPower ed esempio di formazione idrato della miscela CH₄/CO₂



Dispositivo sperimentale HM1-UniCH

b.3 Ottimizzazione del processo di produzione del biometano a partire da syngas sull'impianto pilota di metanazione BIOSNG

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Università dell'Aquila, Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia• Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari"	<ul style="list-style-type: none">• Studio sperimentale di sorbenti-catalizzatori per processi SEWGS da correnti gassose multicomponente• Sviluppo e caratterizzazione di catalizzatore di metanazione Ni/Mg/Al per impiego su corrente di gassificazione di biomassa



Impianto pilota BIOSNG

c.1 *Caratterizzazione termo-fluidodinamica di miscele di sali fusi in funzione del loro utilizzo come vettori termici in caldaie innovative a biomasse*



Sistema sperimentale per la misura della stabilità termica



Reometro - Particolare dello statore (sotto) e del rotore (sopra) con il campione



Impianto per prove di corrosione statiche su acciai in una miscela ternaria dei nitrati fusi a 550 °C

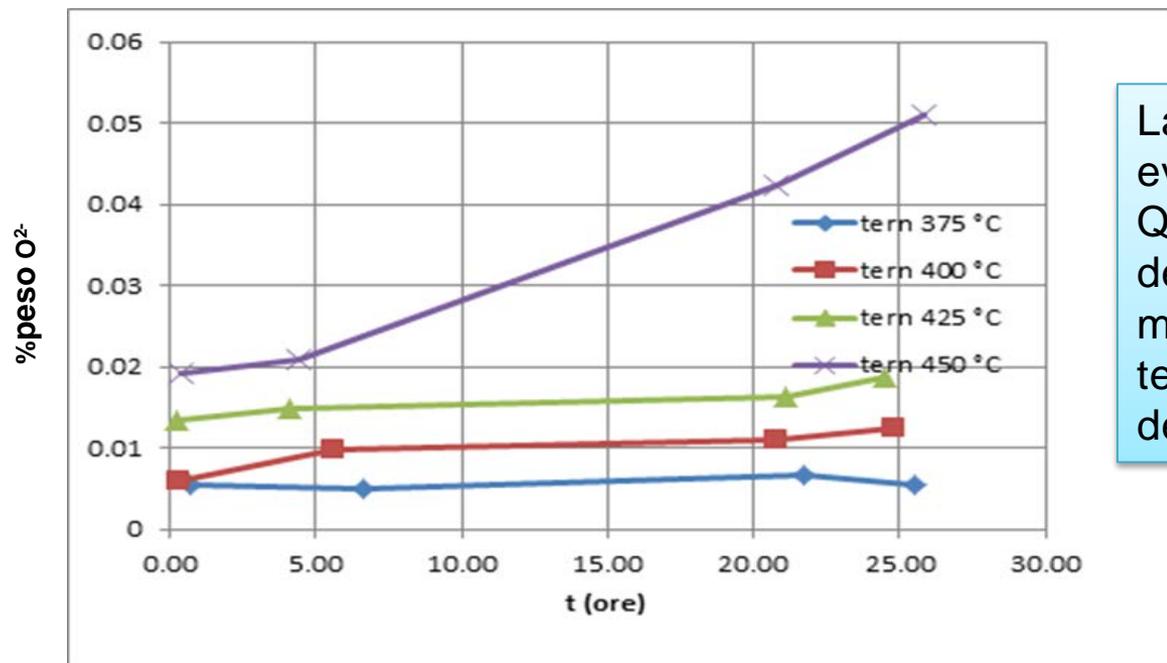
Tre caratteristiche principali:

- 1) Punto di inizio solidificazione (limite inferiore di utilizzo)
- 2) Proprietà termofisiche: calore specifico, viscosità, densità, diffusività termica
- 3) Stabilità termica (limite superiore di utilizzo)

NaNO ₃ (%p)	KNO ₃ (%p)	Ca(NO ₃) ₂ (%p)	LiNO ₃ (%p)	NaNO ₂ (%p)	T inizio solidificaz. (C)	Max T (C)	Cp [J K ⁻¹ g ⁻¹]	μ [cP]	P [gr/ml]	k (W K ⁻¹ m ⁻¹)
60	40	-	-	-	238	550-600	1.5 1.6	1.5 30	1.7 2.1	0.45 0.85
7	53	-	-	40	141	450 (aria)- 538(N ₂)				
18	53	-	30	-	120	550-600				
15	42	42	-	-	140	505 (da verificare)		3.5 200		
18	40	21	22	-	<95	n.a.				

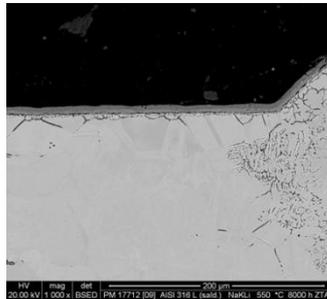
In tabella sono riportati i valori di di Cp, viscosità dinamica, densità e conducibilità termica nell'intervallo dalla T più bassa (di solidificazione) alla più alta (inizio degradazione termica)

- Tutte le miscele riportate nella tabella presentano valori simili (alla stessa temperatura) rispetto alle proprietà termofisiche: calore specifico, viscosità, densità, diffusività termica. Solo i fluidi contenenti calcio presentano viscosità maggiore, specialmente vicino al punto di congelamento
- Le miscele si differenziano rispetto ai punti di inizio solidificazione ed alla stabilità termica, definita come la massima temperatura alla quale non si nota formazione di ossidi in conseguenza della degradazione di nitrati e/o nitriti



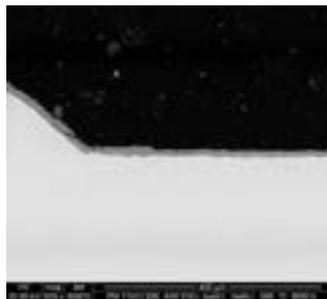
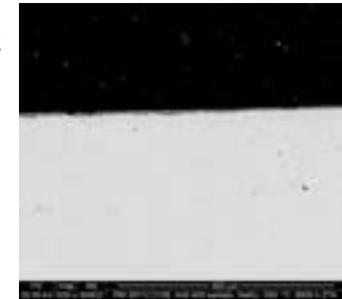
La formazione di ossido è evidente fra 425 e 450 °C. Quindi, 425 °C può essere definito come il valore massimo conservativo di temperatura per l'utilizzo del fluido

- Un altro punto fondamentale è la compatibilità fra nitrati/nitriti fusi e i materiali da costruzione delle caldaie
- In particolare, pochi dati sono presenti in letteratura riguardo le miscele contenenti nitrato di calcio e/o litio, e considerando leghe economiche (carbon steels p.e.) per i fluidi con sodio nitrito
- L'attività sperimentale è stata dedicata alla caratterizzazione di un acciaio ferritico (430) ed austenitico (316 L) a contatto con il ternario contenente nitrati di Na/K/Li, a 550 e 590 °C e per 8.000 h in condizioni di contatto statico



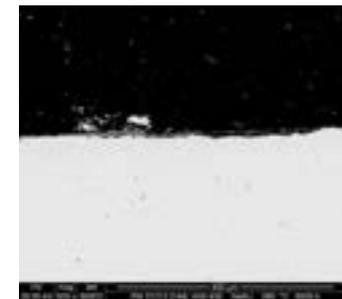
316L, 550 °C

430, 550 °C



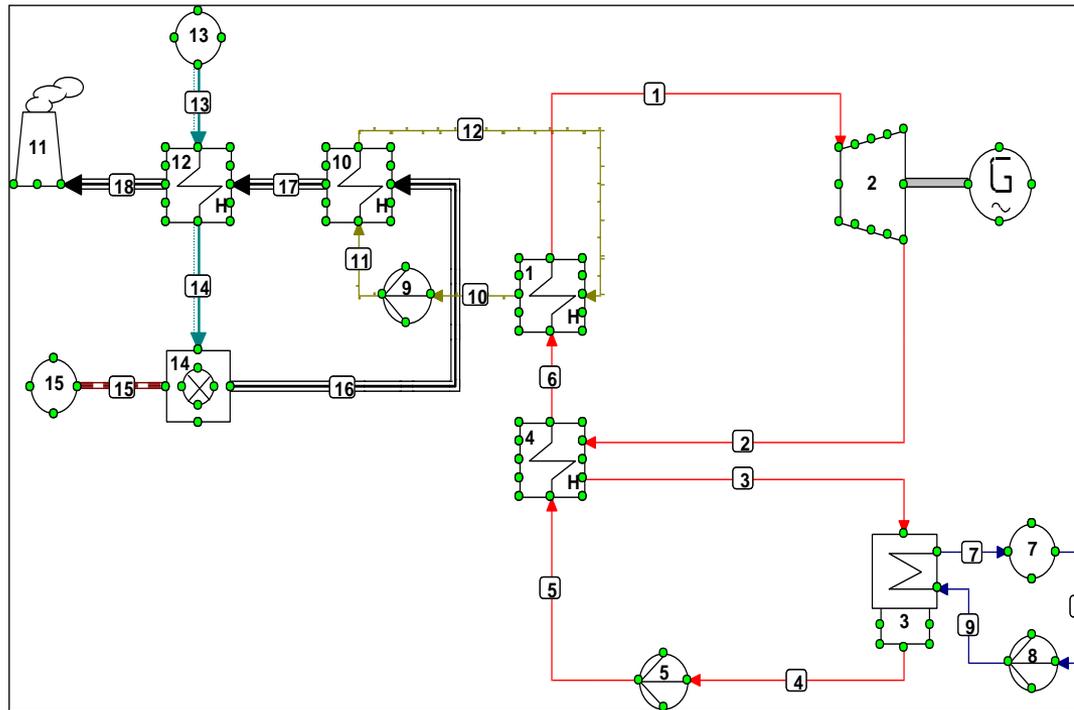
316 L, 590 °C

430, 590 °C



L'acciaio austenitico presenta in generale uno strato protettivo più stabile, quello ferritico presenta strati esterni di ossido molto fragili già a 550 °C e molto facilmente sfogliabili a 590 °C

c.2 Sviluppo di un modello per la valutazione energetica ed economica dei sistemi cogenerativi



Schema impianto ORC modellato con Cycle Tempo

c.3 Sistemi di filtrazione ceramici per la rimozione del particolato fine (< 10 micron) nelle emissioni gassose

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Università di Salerno, Dipartimento Ingegneria Industriale	<ul style="list-style-type: none">• Sistemi catalitici per il clean-up di biocombustibili e la riduzione dell'impatto ambientale



Soluzione impregnante di catalizzatore e filtro wall flow



Caldaia a biomassa KWB Multifire



Linea sperimentale per l'analisi del particolato

Società Tecnologie Avanzate Carbone S.p.A.

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



- Come previsto dall'Accordo MSE/RAS/ENEA/Sotacarbo, si effettueranno attività di sviluppo di tecnologie per la co-gassificazione di biomasse e carbone, utilizzando l'impianto di gassificazione up-draft della Sotacarbo



- ENEA, oltre a collaborare con Sotacarbo per le modifiche all'impianto necessarie per utilizzare biomassa e la definizione delle condizioni operative migliori per la co-gassificazione, continuerà ad approfondire gli studi sulla purificazione del syngas dai tar



a.1 Progetto e realizzazione delle modifiche dell'Impianto Dimostrativo Sotacarbo

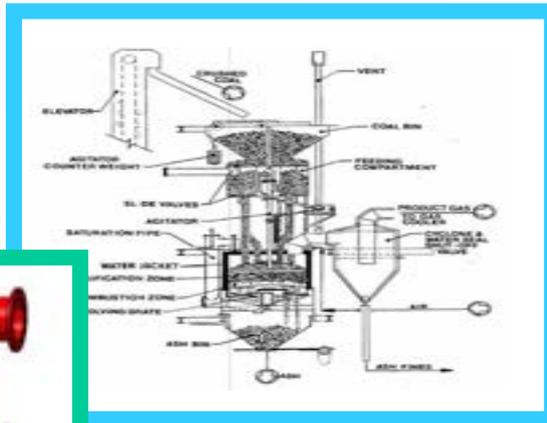
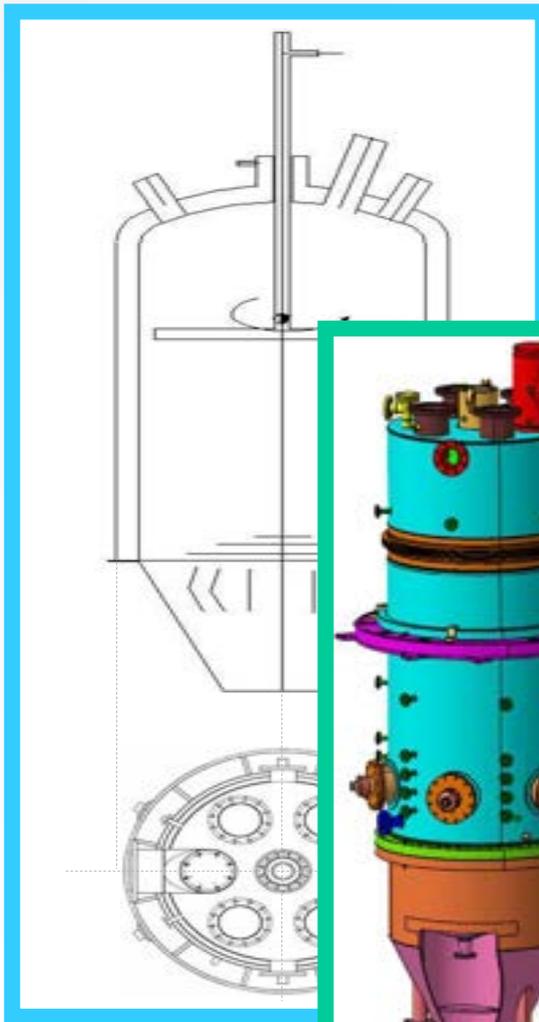
- Riprogettazione, modifica e ottimizzazione dell'impianto dimostrativo per la gestione in continuo dello stesso

a.2 Sperimentazione presso l'Impianto Dimostrativo Sotacarbo

- Verifica del funzionamento del gassificatore in continuo e della stabilità del processo mediante esecuzione di test di lunga durata
- Definizione dei parametri operativi di co-gassificazione di biomassa e carbone e di pulizia del syngas da tar

Principali collaborazioni	Attività
<ul style="list-style-type: none">• Sotacarbo S.p.A .	<ul style="list-style-type: none">• Studi sullo sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse

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



Nuovi test sperimentali 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 per soddisfare i requisiti di qualità richiesti dalle unità genset commerciali
- Nuovo disegno della griglia realizzato ed attualmente 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
- Acquisizione di un gruppo elettrogeno a combustione interna completo di quadro parallelo

Gli sviluppi futuri includono l'ottimizzazione e la completa automazione del processo

- 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 sarebbe un sistema prototipale che potrebbe essere felicemente replicato, con brevetti e attività commerciali, ma anche aperta a futuri progetti di ricerca e programmi nel settore della gassificazione delle biomasse e del carbone

a.3 Tecnologie avanzate di co-gassificazione e trattamento tar

- Verifica del funzionamento in continuo e della stabilità del processo mediante esecuzione di test di lunga durata sull'impianto di gassificazione GESSYCA dell'ENEA
- Definizione dei parametri operativi di co-gassificazione di biomassa e carbone e di pulizia del syngas da tar

