



Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.1.1 : Energia elettrica da biomasse: sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica e l'upgrading dei biocombustibili

Gassificazione con acqua in condizioni supercritiche

Unità Tecnica Tecnologie Trisaia

Roma, 25 giugno 2015



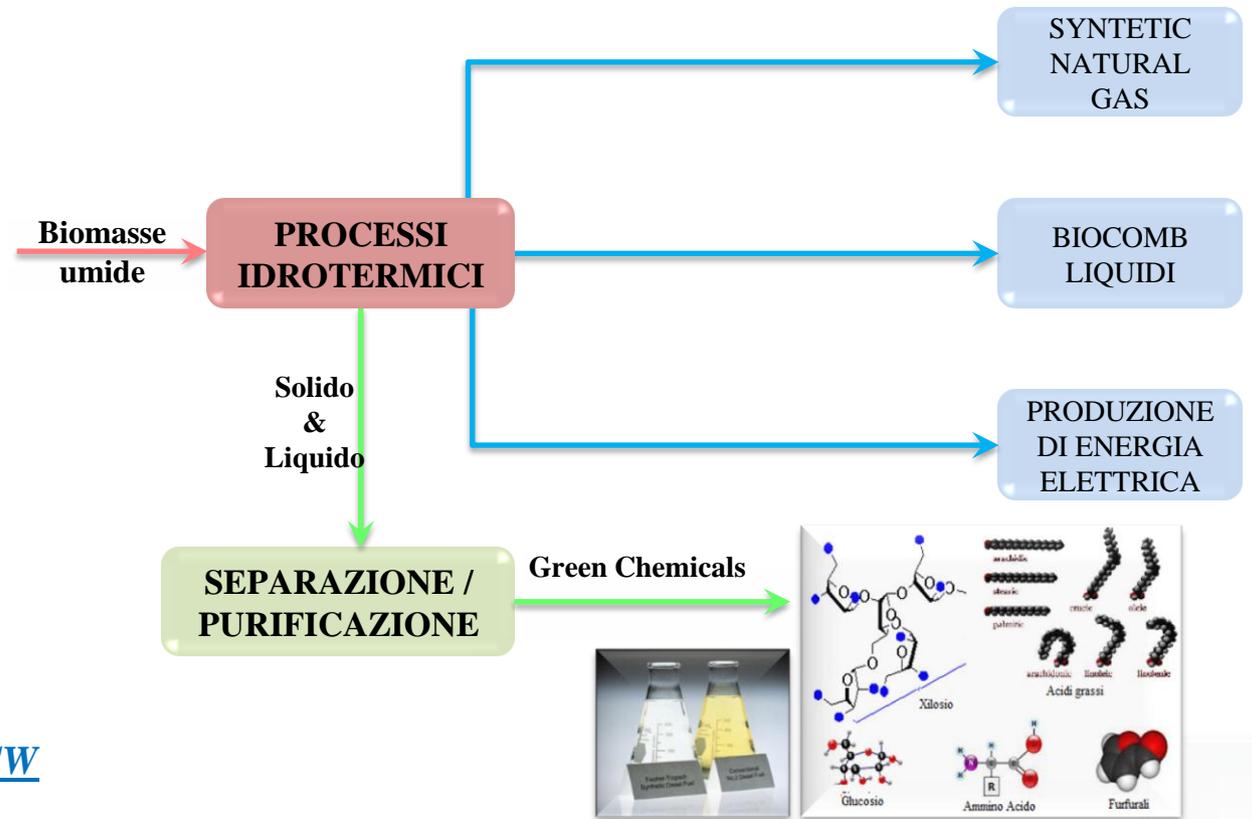
Usi Finali per i prodotti ottenibili da trattamenti idrotermici delle biomasse

Vantaggi del processo SCW

- La presenza di acqua in forma supercritica, promuove le reazioni di idrolisi, agevolando la possibilità di attaccare strutture polimeriche quali la lignina riducendo ad oligomeri più facilmente processabili;
- La SCW è un reagente a tutti gli effetti infatti fino al 50% dell'idrogeno prodotto proviene dall'acqua attraverso le reazioni di riforma del metano e monossido di carbonio
- Produce un syngas molto pulito

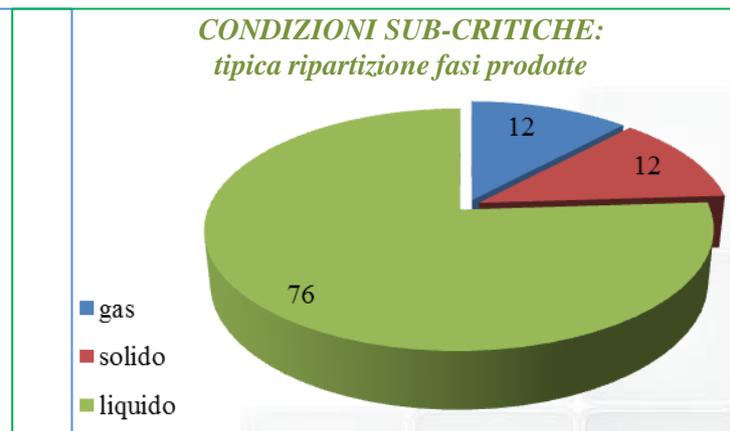
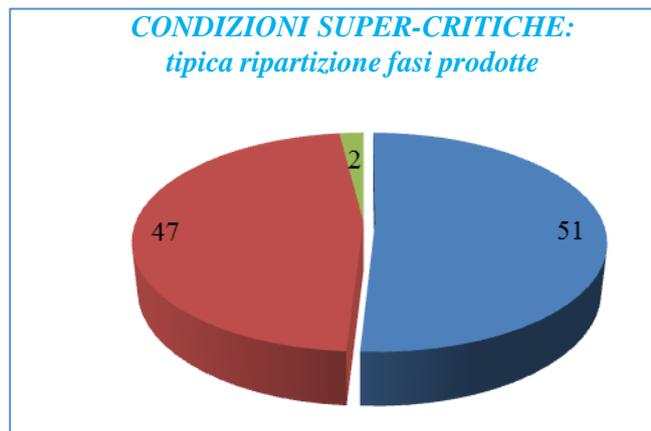
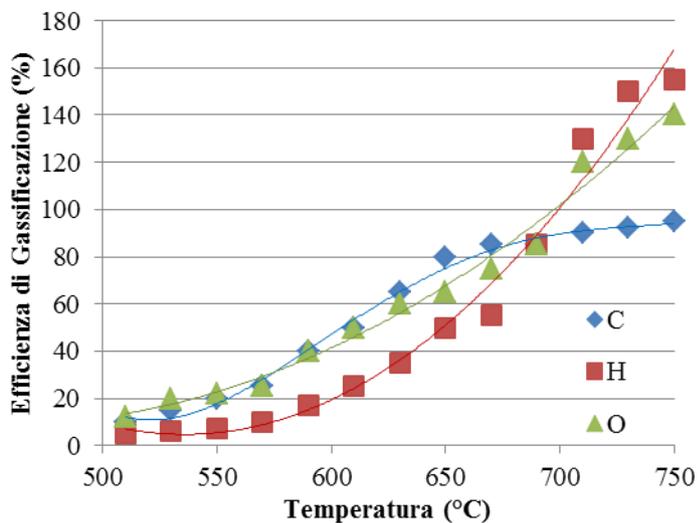
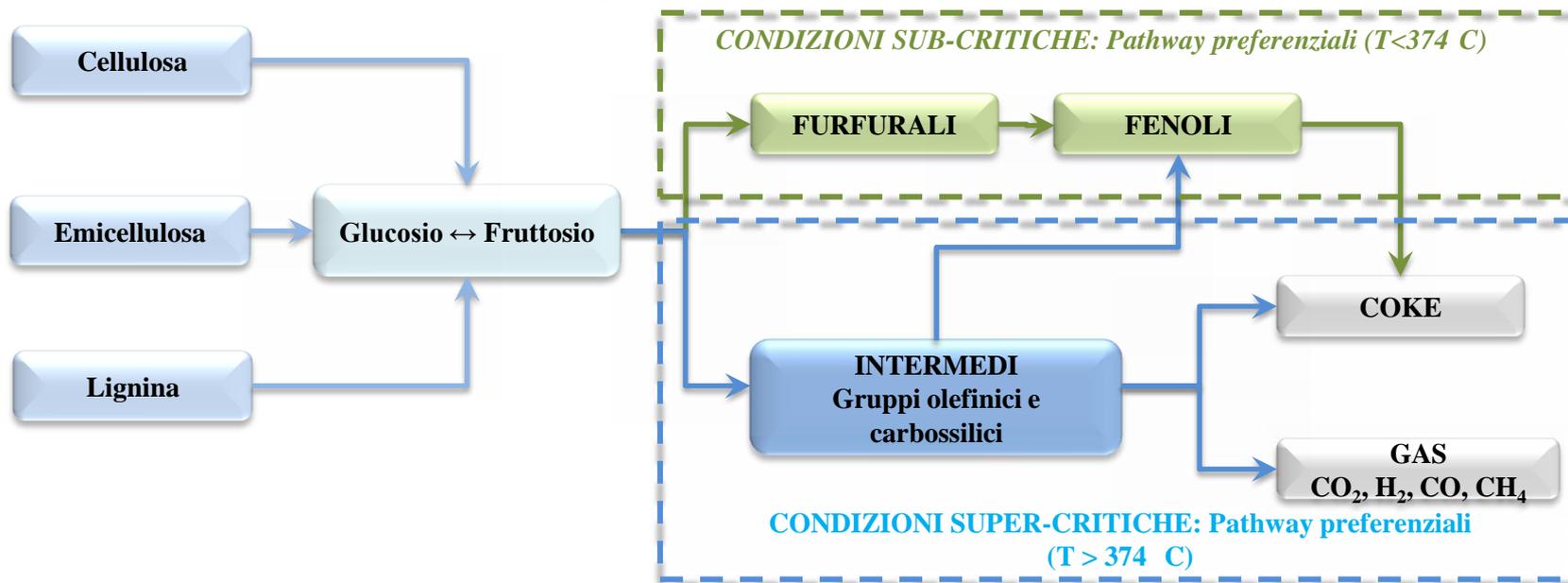
Usi finali del syngas ottenuto dal processo SCW

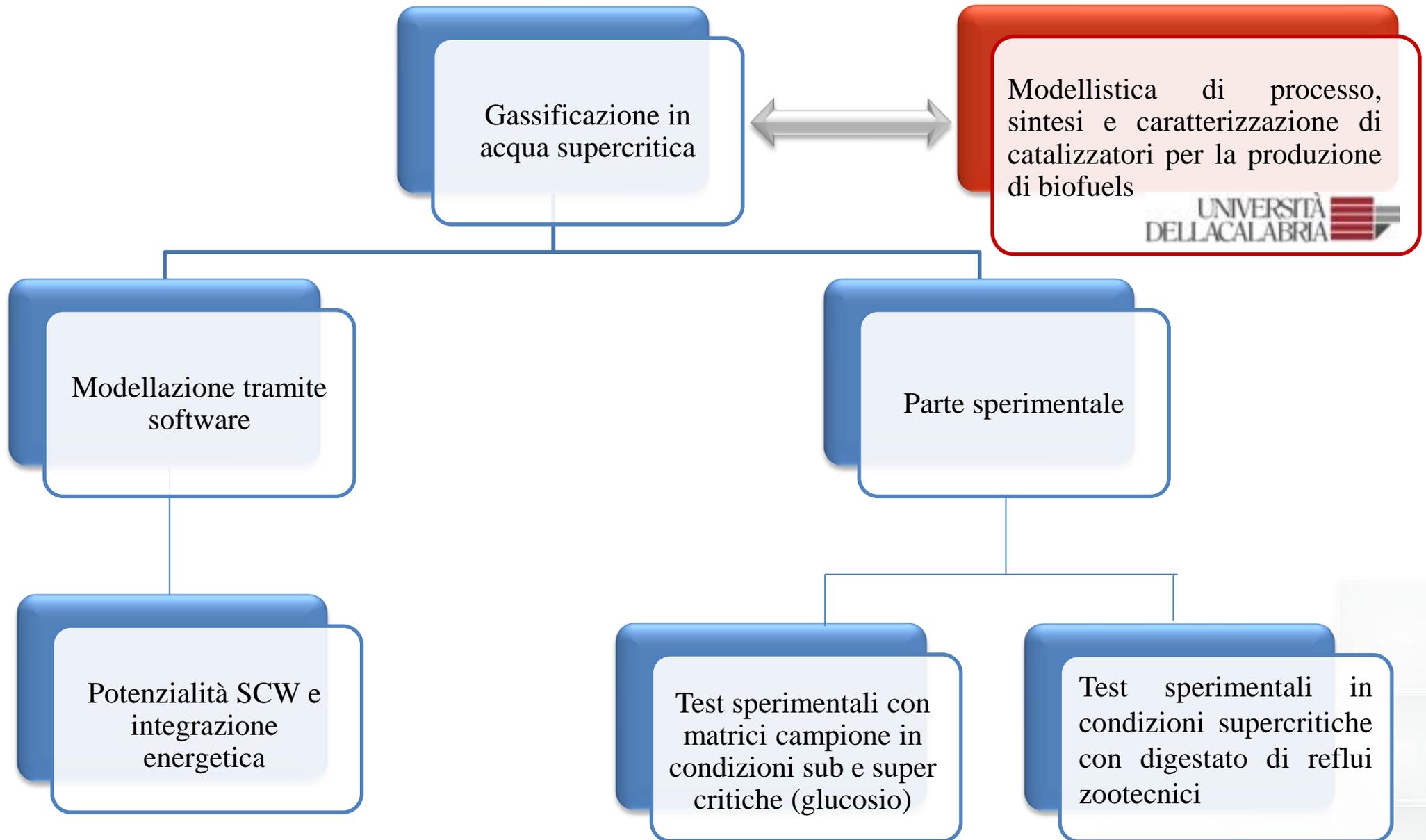
- Facilità di rimozione della CO₂ essendo il syngas già pressurizzato
- Elevatissima purezza del syngas in idrogeno
- Pulizia del syngas senza necessità di cleaning energivori
- Utilizzo del syngas tal quale (H₂/CO₂) in processi catalitici per la produzione di biocombustibili liquidi
- Qualificazione energetica dei fanghi di depurazione



Sub-task a.3: Prove sperimentali di gassificazione con acqua in condizioni supercritiche (SCW) di biomasse ad elevato tenore di umidità

Pathway di Reazione delle Biomasse gassificate con acqua in condizioni near-critiche







Alimentazione : Digestato da reflui zootecnici

- ❑ Processo in continuo
- ❑ Condizioni operative: 550 C – 250 bar
- ❑ Prove condotte variando la portata in alimentazione



Pompa a siringa
1-300 bar

Specie	% wt
Carbonio	1.35
Idrogeno	0.14
Ossigeno	1.14
Azoto	0.13
Ceneri	1.84
Acqua	95.4

Reattore
plug flow



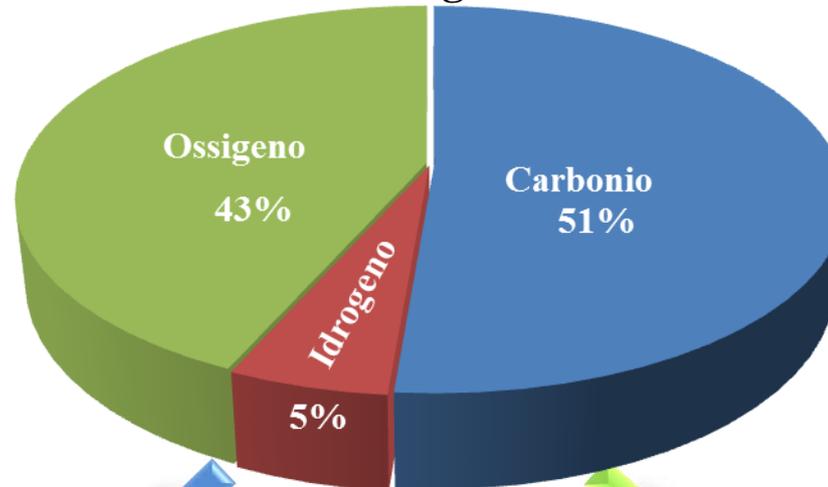
Condensatore e separatore di fase



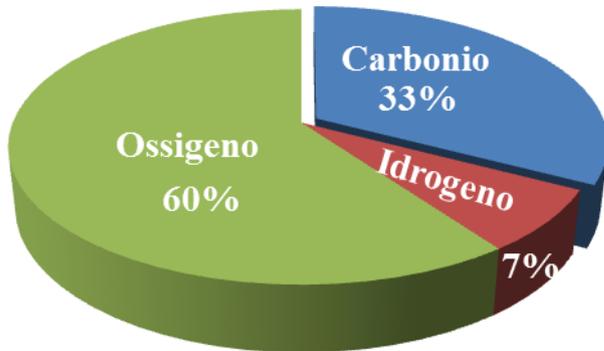
Evidenze Sperimentali – Ripartizione tra le fasi

Condizioni Operative:
550 C – 250 bar

Contenuto organico iniziale



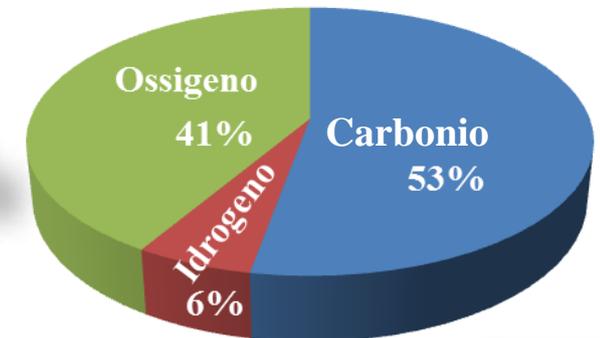
Fase gassosa



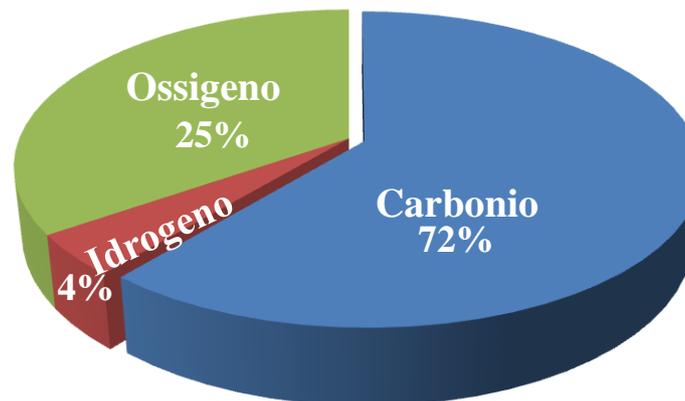
49 % wt dell'organico alimentato

Fase liquida

2 % wt dell'organico alimentato



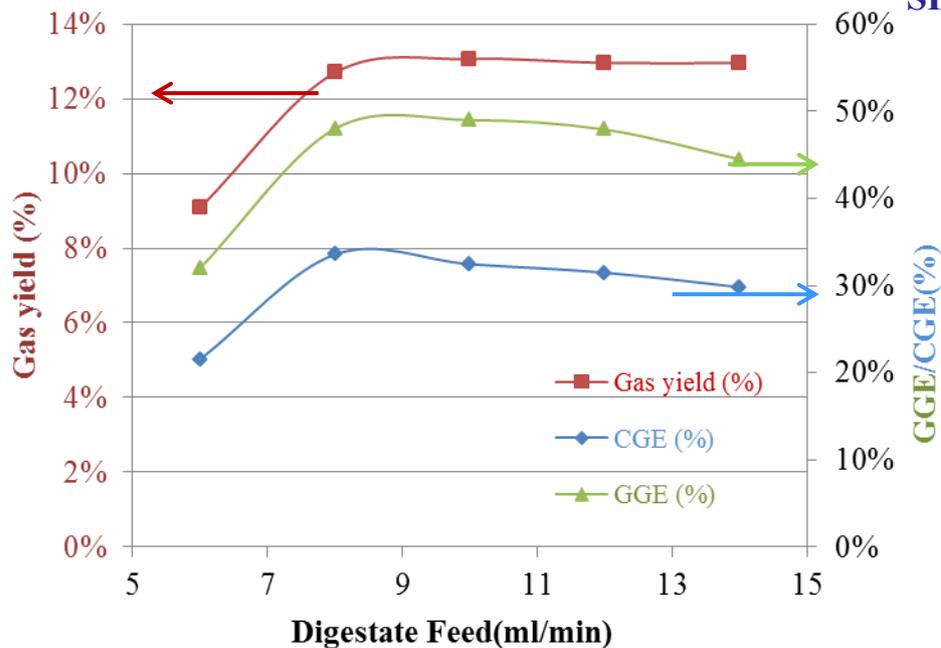
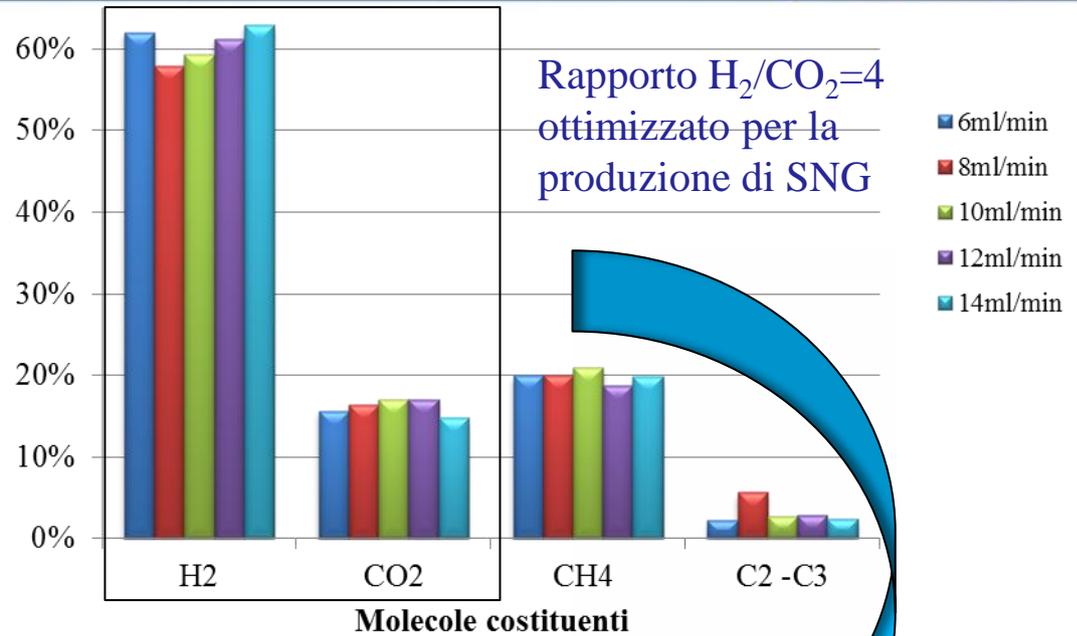
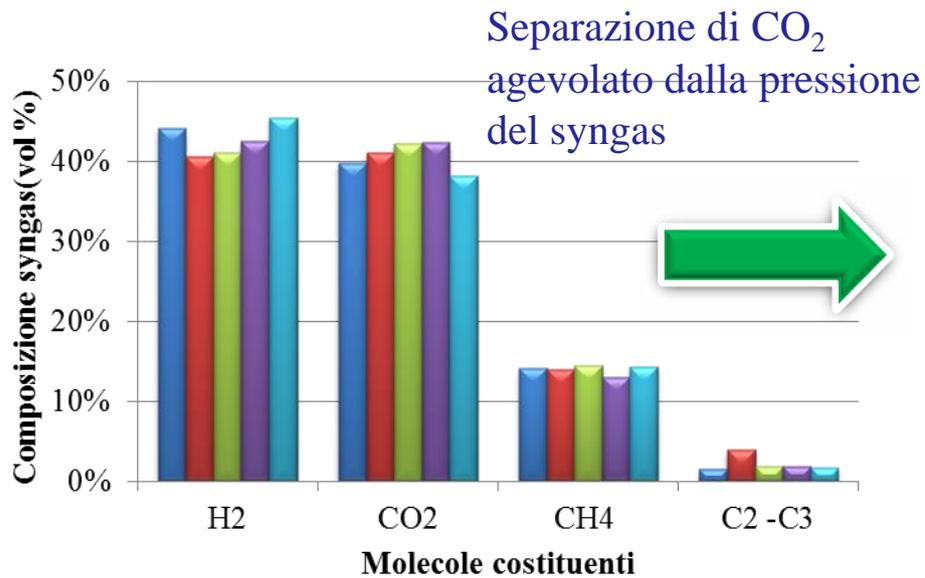
Fase solida



49 % wt dell'organico alimentato

Specie	Concentrazione [ppm]
Glucose	13 - 139
Xylitol	5,6 - 39
Formic acid	7,4 - 136
Acetic Acid	26 - 157
Hydroquinone	0 - 2,5
5-HMf	0 - 5,8
2-Furaldehyde	0,3 - 0,5
Catechol	10,7 - 31
4HBA	0 - 15
Syringaldehyde	182 - 279
Totale	335 - 633

Evidenze Sperimentali – il syngas ottenuto



SINOTTICO UNITA' di METANAZIONE



$$\text{Gas Yield, } GY = \frac{\text{mole of syngas product}}{\text{Digestate feed (dry kg)}}$$

$$\text{Carbon Gasification Efficiency, } CGE = \frac{\text{mass of carbon in the syngas (g)}}{\text{mass of carbon feed (g)}}$$

$$\text{Global Gasification Efficiency, } GGE = \frac{\text{mass of syngas (g)}}{\text{mass of organic feed (g)}}$$

Potenzialità ed integrazioni del processo di gassificazione SCW

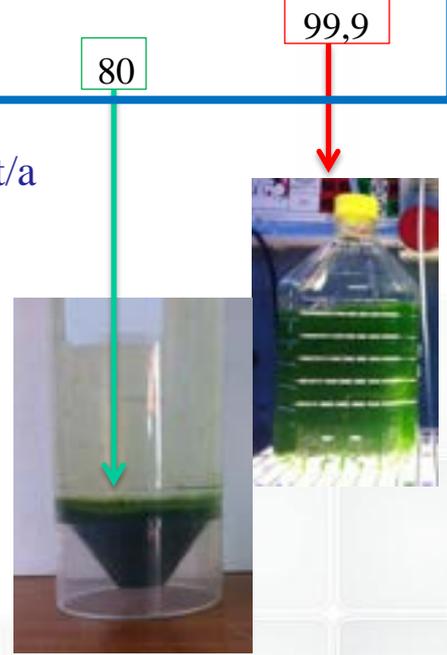


Matrici gassificabili in SCW	Contenuto in acqua (% wt)
Baby food	80-90
Fanghi di depurazione civile	80
Rifiuti della lavorazione di patate	80
Fanghi da digestione anaerobica FORSU	80
Lignina	50-80
Microalghe	99,9

POTENZIALE FORSU: 11 Mt/a

10 Mt/a di digestato

8 Mt/a di frazione liquida



Scenedesmus Dimorphus

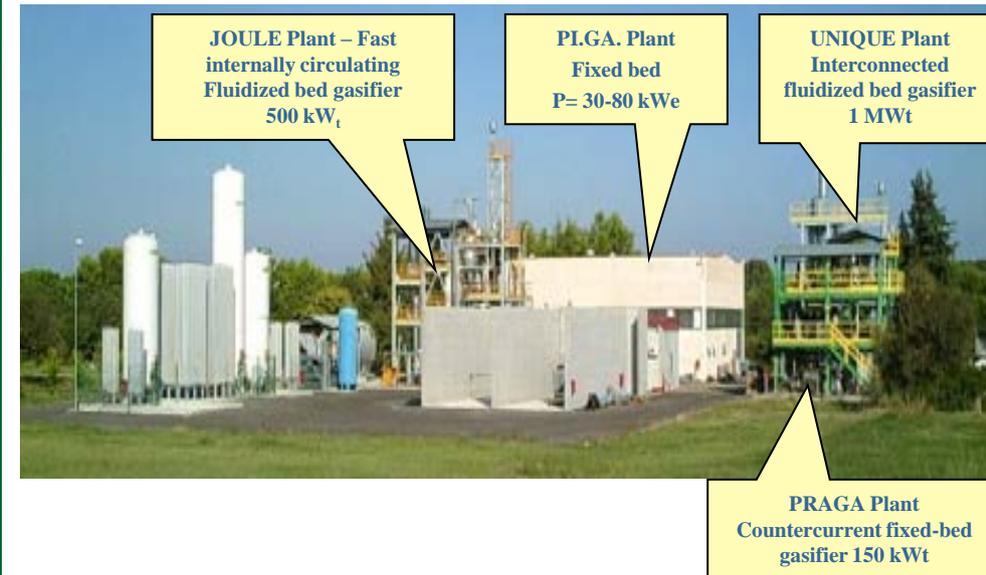
Reazioni di Sabatier:

- $CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$
- $CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O$
- Reazione esotermica
- Reattore catalitico a stadi adiabatici

BIOMASS GASIFICATION IN ESERCIZIO IN ITALIA

Task 33: Thermal gasification of biomass

IMPIANTI di GASSIFIAZIONE – DIVERSE TECNOLOGIE – CR ENEA Trisaia



NEW GASIFICATION PLANTS REALIZED

Location	kW(Power-Thermal)	Company	Type
Borgosesia(VC)	850 _{el} +1060 _{th}	Pyroxitalia – P850	Commercial plant - CHP
Lasa(BZ)	850 _{el} +1060 _{th}	Pyroxitalia – P850	Commercial plant - CHP
Mondovì(CN)	995 _{el} +1200 _{th}	Pyroxitalia – P995	Commercial plant - CHP
Ora(BZ)	2X200 _{el}	Motus Energy	Commercial plant - CHP
Trens(BZ)	5X200 _{el}	Motus Energy	Commercial plant - CHP
Accettura(MT)	30 _{el}	Stigliano	Demo plant

Biomasse
Lignocellulosiche



Pretrattamento di Steam
Explosion



Processi Fermentativi



Distillazione

RECUPERO ENERGETICO DAGLI SCARTI DELLA PRODUZIONE DI ETANOLO DI 2ND GENERAZIONE VIA GASSIFICAZIONE

**Attività presentata nell'ambito del Workshop IEA in Italia
organizzato da ENEA "Thermal biomass gasification in small scale"**

**IN ITALIA DALLA SOSTITUZIONE del 10% DEI COMBUSTIBILI
LIQUIDI CON ETANOLO DI 2ND GEN STIMA UNA PRODUZIONE di
CIRCA 7,5 Mt/a di LIGNINA**

 **LIGNINA, Fibre non
convertite, Lieviti ed
enzimi 20-50% DM**

 30% wt
ETANOLO

 Borlanda



*Impianto di Produzione di Etanolo di 2nd
gen. da 40.000 t/a in Italia, Piemonte
Crescentino -Vercelli*



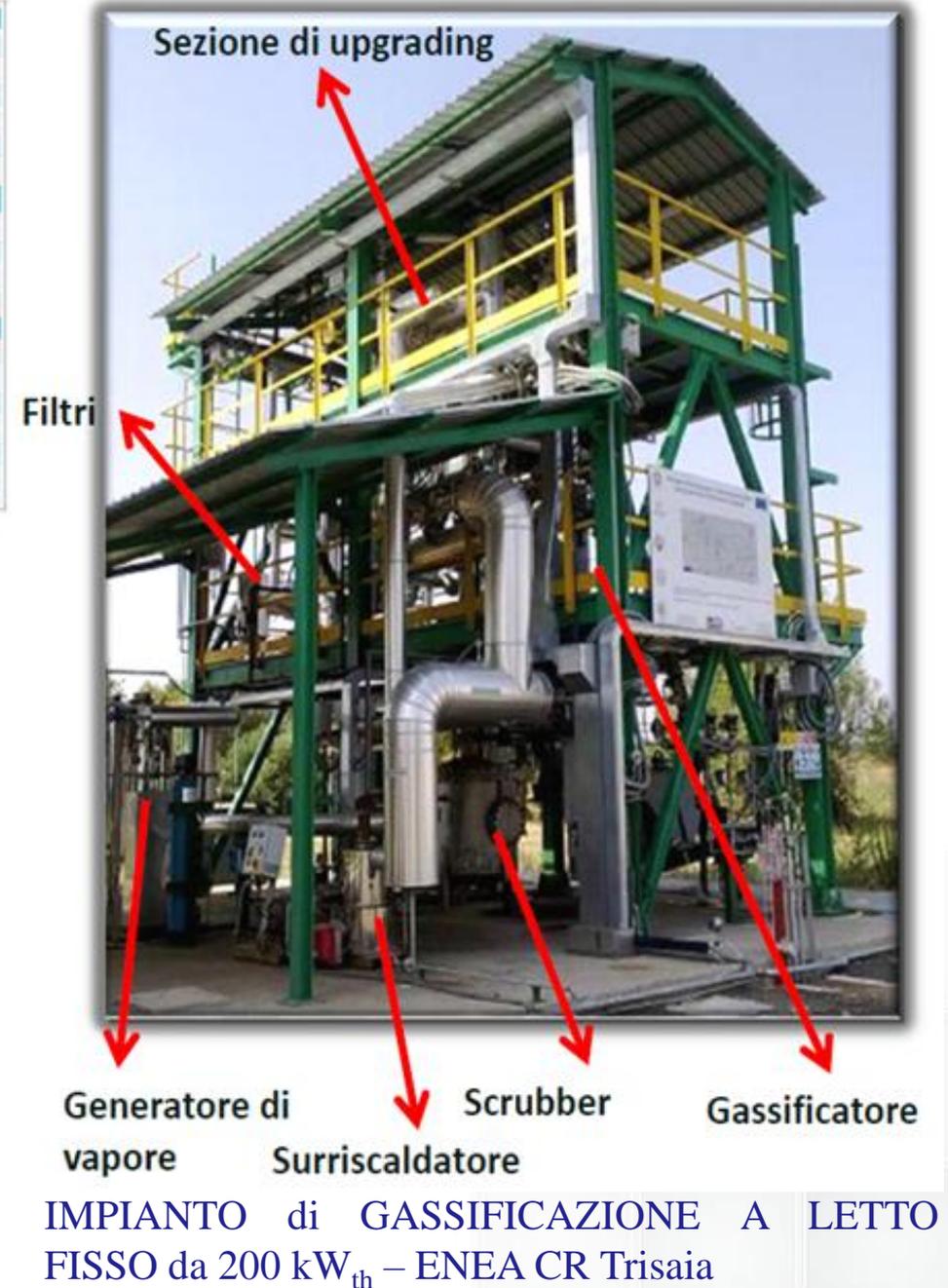
Tests were carried out using lignin as feedstock and operating the gasification at the following conditions and atmospheric pressure:

	Lig1	Lig2	method
Bulk density, kg/m ³	382	378	ASTM E873
Particle density, kg/m ³	710	707	Vol. displacement (in house)
HHV MJ/kg	18.5	19.5	ISO 1928
LHV MJ/kg	17.9	18.5 (a)	
Proximate Analysis			
Fix Carbon, %	21.6	24.6	ASTM D 3172
Volatile, %	64.7	68.7	ASTM D 3175
Ash, %	13.73	6.77	ASTM D 1102 (600°C)
Ultimate Analysis			
C %	48.0	50.5	UNI EN 15104
H %	5.45	5.83	UNI EN 15104
N %	2.7	0.69	UNI EN 15104
O %	34.9	37.8 (b)	
Cl %	0.075	0.041	UNI EN 15289
S %	0.14	0.077	UNI EN 15289

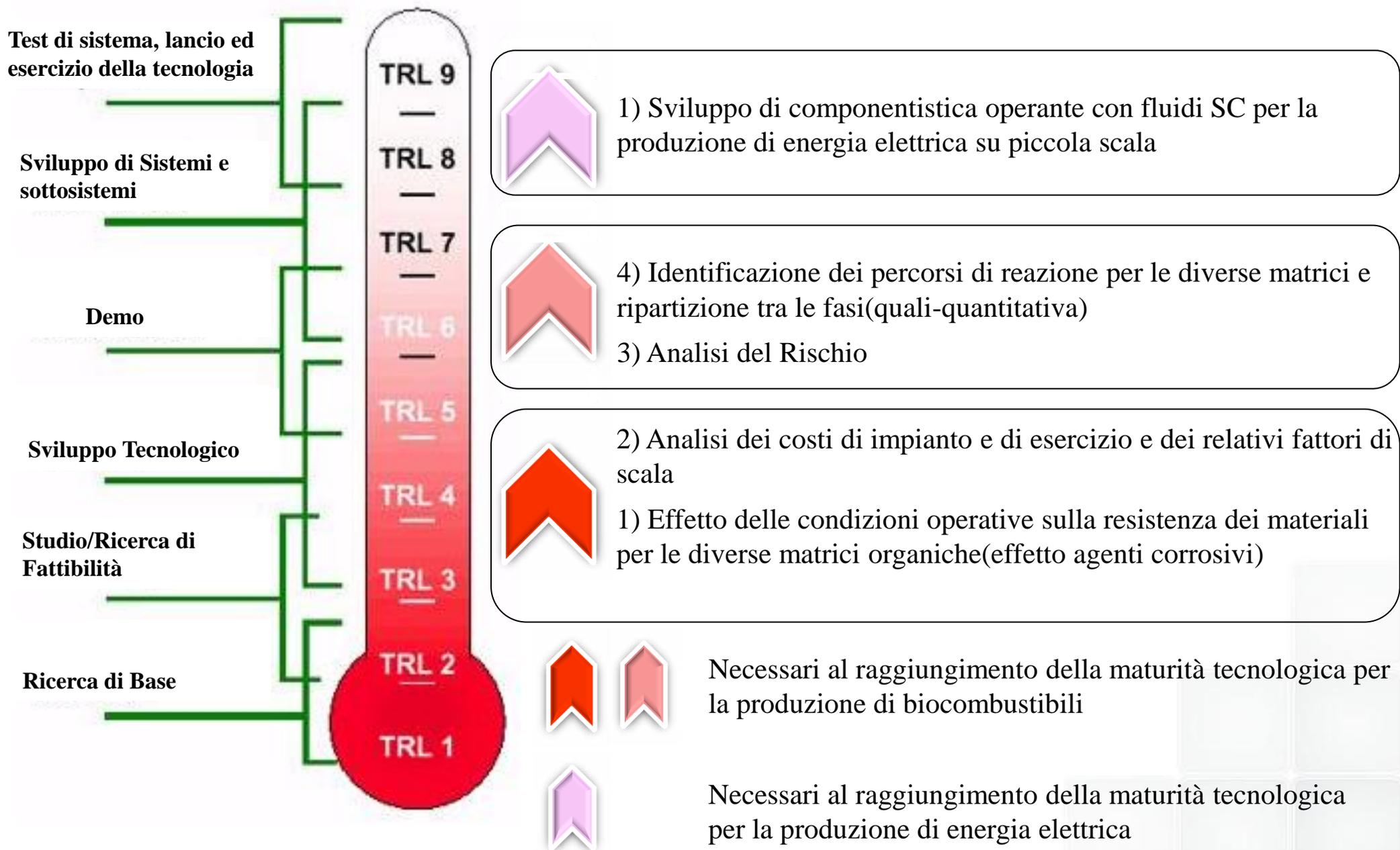
(a) Calculated from HHV on the basis of H content. (b) Calculated by difference: 100-%(C+N+O+Cl+S)

	Lig1		Lig2	
	Air	Air+ Steam	Air	Air + Steam
Gasification medium	Air	Air+ Steam	Air	Air + Steam
Feed, kg h ⁻¹	22.5	22.5	21.0	21.0
Moisture in feed, %	6.8	6.8	7.0	7.0
Air flow (IN), kg h ⁻¹	29.56	29.3	29.04	28.5
Steam flow (IN), kg h ⁻¹	-	6.1	-	7.4
ER	0.267	0.265	0.25	0.25
S/Lig	-	0.34	-	0.42

	Lig1	
	Air	Air+steam
Raw gas composition		
CO, vol%	29.3	17.6
H ₂ , vol%	15.9	21.3
CH ₄ , vol%	2.3	1.7
CO ₂ , vol%	9.3	17.02
Performance parameters		
Superficial velocity (gasifier), m s ⁻¹	0.175	0.190
Specific gasification rate, kg h ⁻¹ m ⁻²	297	297
Efficienza di gassificazione		75%



Conclusioni



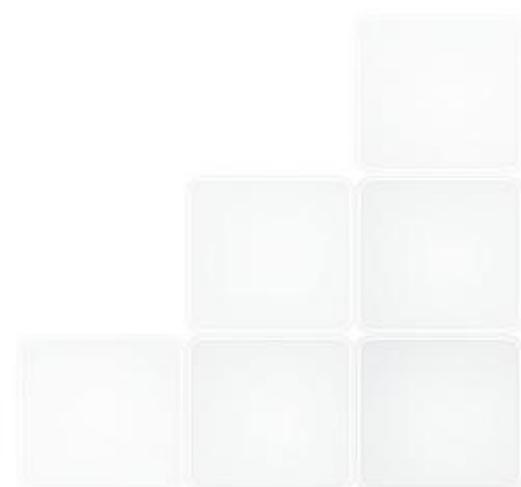


1° Premio al concorso “Technology for Human Beings” della Prysmian Group per una borsa di studio presso l’azienda del valore di 15.000 euro – Febbraio 2015



Il concorso si rivolgeva ai corsi di laurea magistrale in Ingegneria e Fisica, con l’obiettivo di **individuare tecnologie che potessero avere un impatto sociale positivo** nel proprio ambito di applicazione e **sostenere gli studi su tecnologie innovative e sostenibili applicabili negli ambiti in cui il Gruppo opera**, dando così un’opportunità economica e formativa a quei giovani che si distinguono in questi settori

Domenico Macrì: Laurea magistrale in Ingegneria chimica **“Gassificazione in continuo di biomasse in acqua supercritica: modellazione termodinamica ed analisi su impianto bench scale”**- Università della Calabria - ENEA



Alcuni output della ricerca:

- ❑ Molino, A., Migliori, M., Nanna, F. **Glucose gasification in near critical water conditions for both syngas production and green chemicals with a continuous process.** Fuel, Vol. 115, 2014, Pages 41-45;
- ❑ Molino, A., Iovane, P., et al. **Pressure and time effect over semi-continuous gasification of zootechnical sludge near critical condition of water for green chemicals production** Fuel, Vol. 136, 2014, Pages 172-176;
- ❑ Chianese, S., Rauch, R., Hofbauer, H., Molino, A. **Hydrogen from the high temperature water gas shift reaction with an industrial Fe/Cr catalyst using biomass gasification tar rich synthesis gas.** Fuel Processing Technology, Vol. 132, 2015, Pages 39-48;
- ❑ Molino, A., Braccio, G. **Synthetic natural gas SNG production from biomass gasification - Thermodynamics and processing aspects.** Fuel, Vol.139, 2015, Pages 425-429;
- ❑ Molino, A.; Nanna, F.; Iovane, P. **Experimental test with polymeric membrane for the biogas purification from CO₂ and H₂S.** Fuel, Vol. 135, 2014, Pages 352 – 358;
- ❑ Molino, A.; Nanna, F.; Iovane P. **Low pressure biomethane production by anaerobic digestion (AD) for the smart grid injection.** Fuel, Vol. 154, 2015, Pages 319 – 325.

Grazie per l'attenzione

Per info:

PhD Chem Eng

Antonio Molino

National task Leader IEA BioEnergy Agreement - Task33: Thermal Gasification of Biomass

Tel: 0835974736

Mail: antonio.molino@enea.it

<http://www.enea.it/>

<http://www.ieatask33.org/>

<http://www.trisaia.enea.it/>