



Freie Universität Bozen  
Libera Università di Bolzano  
Università Lìedia de Bulsan



*Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige  
Fiera Klimaenergy - Venerdì 27 marzo 2015*

# I risultati del progetto: campagna di misurazione e conclusioni

Francesco Patuzzi, Dario Prando  
*Libera Università di Bolzano, Facoltà di Scienze e Tecnologie*

Progetto finanziato da

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Abteilung 40. Bildungsförderung,  
Universität und Forschung



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Ripartizione 40. Diritto allo Studio,  
Università e Ricerca scientifica



## Sommario

### Introduzione

La raccomandazione 13 del CTI

Il progetto GAST

### Metodi

Tipologie di impianto analizzate

Metodologie applicate: flussi monitorati, analisi gas, analisi tar

### Risultati

Bilanci di massa ed energetici

Prodotti e sottoprodotti del processo

## La raccomandazione 13 del CTI

Pubblicata il 17 maggio 2013, rappresenta un **riferimento** per i soggetti coinvolti nel processo di **acquisto e realizzazione di un impianto di gassificazione alimentato da biomassa ligno-cellulosica** (cippato e/o pellet di legno, sansa, residui agricoli e agro-industriali, nocciolino, ecc.) destinato alla produzione di energia elettrica e termica

Contenuti:

- classificazione dei reattori di gassificazione
- requisiti essenziali (generali, costruttivi e di sicurezza)
- regole per l'offerta, l'ordinazione, la costruzione e il collaudo degli impianti

## La raccomandazione 13 del CTI

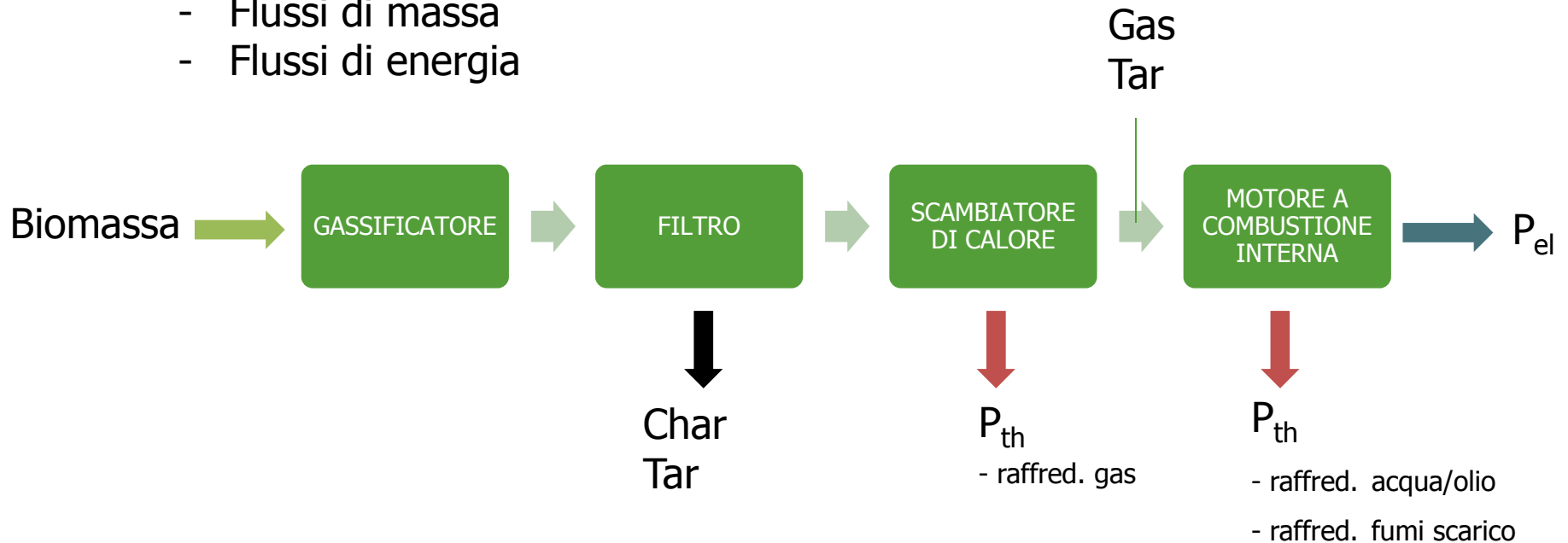
### Parametri minimi oggetti del collaudo prestazionale

- caratteristiche della biomassa ligno-cellulosica  
tipologia, pezzatura e stato di aggregazione, umidità, potere calorifico, contenuto di ceneri, presenza di eventuali materiali inorganici
- caratteristiche dei residui solidi/liquidi  
composizione e stato di aggregazione, contenuto di carbonio solido, contenuto di TAR (catrami)
- sezione di conversione energetica  
produzione elettrica netta e lorda, potenza termica disponibile
- caratteristiche funzionali dell'impianto  
bilancio di energia, portata di alimentazione della biomassa, resa, composizione e potere calorifico del gas di gassificazione, efficienze di conversione, produzione di residui solidi/liquidi, ...

## Il progetto GAST

### Parametri analizzati

- Caratteristiche della biomassa in ingresso e dei prodotti della gassificazione (gas, char e tar)
- Flussi di massa
- Flussi di energia



*Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015*

## Tipologie di impianto investigate

Tecnologia	A	B	C	(D)
<b>Combust.</b>	cippato	pellet	cippato	cippato
<b>Alimentaz.</b>	dall'alto	dal basso	dall'alto	dall'alto
<b>Potenza nominale</b>	45 kW <sub>el</sub> / 120 kW <sub>th</sub>	180-190 kW <sub>el</sub> / 220-240 kW <sub>th</sub>	100-150 kW <sub>el</sub> / 200-250 kW <sub>th</sub>	300 kW <sub>el</sub> / 600 kW <sub>th</sub>
<b>Tipologia reattore</b>	letto fisso equicorrente	letto fisso equicorrente	letto fisso equicorrente	letto fisso equicorrente
<b>Pulizia gas</b>	a secco, gas freddo	a secco, gas caldo	a secco, gas caldo	a secco, gas caldo
<b>Motore</b>	ciclo Otto turbocompresso	ciclo Diesel dual-fuel	ciclo Diesel modificato	ciclo Diesel modificato
<b>Peculiarità</b>	Essiccazione della biomassa (già di per sé a basso contenuto di umidità) in una sezione separata, subito a monte del reattore	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'alimentazione del combustibile dal basso movimentata il letto, che risulta essere leggermente fluidizzato.</li> <li>• Motore co-alimentato ad olio di colza per l'auto-ignizione</li> </ul>	Il cippato utilizzato è molto umido e viene preventivamente essiccato in un essiccatore ad aria che sfrutta il calore in eccesso per l'asciugatura del combustibile	Il cippato utilizzato è molto umido e viene preventivamente essiccato in un essiccatore ad aria che sfrutta il calore in eccesso per l'asciugatura del combustibile

## Metodologie applicate

### Flussi di massa

- Portata del combustibile legnoso
- Portata dell'agente gassificante (aria)
- Portata di gas prodotto
- Portata di char in uscita

**Parametro essenziale** per i bilanci di massa ed energia, è **tra i più complicati da determinare** con precisione a causa delle diverse modalità di alimentazione dei vari impianti



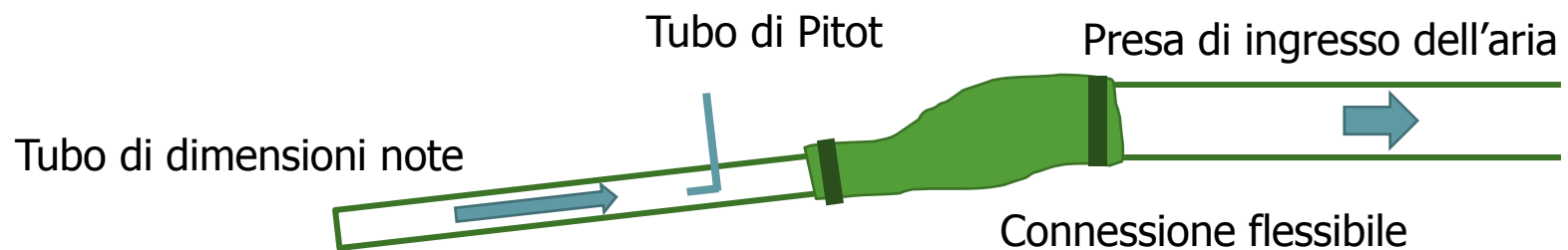


## Metodologie applicate

### Flussi di massa

- Portata del combustibile legnoso
- Portata dell'agente gassificante (aria)
- Portata di gas prodotto
- Portata di char in uscita

Determinata misurando la **velocità in un tubo di dimensioni note** collegato alla presa di ingresso dell'aria. Misura della velocità effettuata tramite **tubo di Pitot**.





## Metodologie applicate

### Flussi di massa

- Portata del combustibile legnoso
- Portata dell'agente gassificante (aria)
- Portata di gas prodotto
- Portata di char in uscita

Determinata una volta nota la **composizione del gas** e la **portata di aria** in ingresso, assumendo che l'azoto nel combustibile sia trascurabile.

$$\dot{V}_{\text{gas}} = \frac{X_{\text{N}_2}}{0.21} \dot{V}_{\text{aria}}$$

## Metodologie applicate

### Flussi di massa

- Portata del combustibile legnoso
- Portata dell'agente gassificante (aria)
- Portata di gas prodotto
- **Portata di char in uscita**

Determinata raccogliendo il char durante tutto il periodo di monitoraggio.



**Tutte le grandezze sono state monitorate per un periodo di funzionamento continuo (e a regime) di almeno 5-6 ore.**

## Metodologie applicate

### Flussi di energia

- Energia associata al combustibile in ingresso
- Energia associata al gas prodotto
- Energia elettrica e termica prodotta

Determinata sulla base della **portata di biomassa** e del suo **Potere Calorifico Inferiore (PCI)**, misurato tramite bomba calorimetrica.

$$P_{\text{comb}} = \dot{m}_{\text{comb}} \cdot \text{PCI}_{\text{comb}}$$

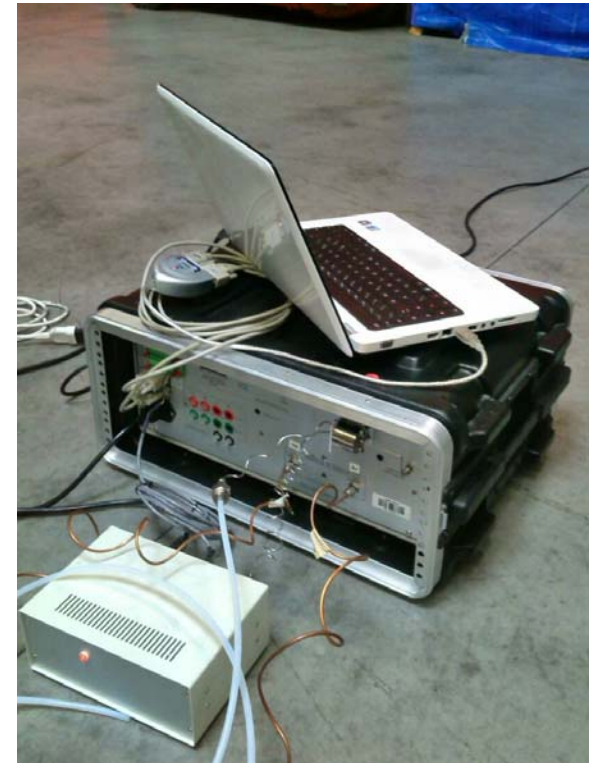
## Metodologie applicate

### Flussi di energia

- Energia associata al combustibile in ingresso
- Energia associata al gas prodotto
- Energia elettrica e termica prodotta

**PCI del gas** calcolato sulla base della sua **composizione**, determinata utilizzando un **gascromatografo portatile**.

$$P_{\text{gas}} = \dot{m}_{\text{gas}} \cdot \text{PCI}_{\text{gas}}$$



Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Metodologie applicate

### Flussi di energia

- Energia associata al combustibile in ingresso
- Energia associata al gas prodotto
- Energia elettrica e termica prodotta



**Potenza elettrica e agli ausiliari** misurate tramite analizzatore di rete e/o misuratore integrato in centrale.

**Potenza termica** ricavata da:

- portata del fluido termovettore, determinata tramite misuratore ad ultrasuoni
- temperatura di mandata e ritorno, misurata tramite termocoppie di tipo K



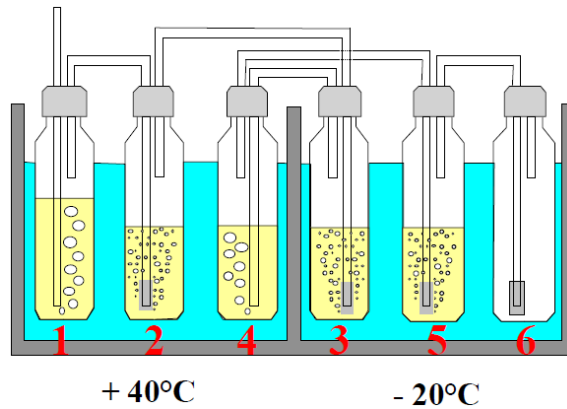


## Metodologie applicate

### Contenuto di tar

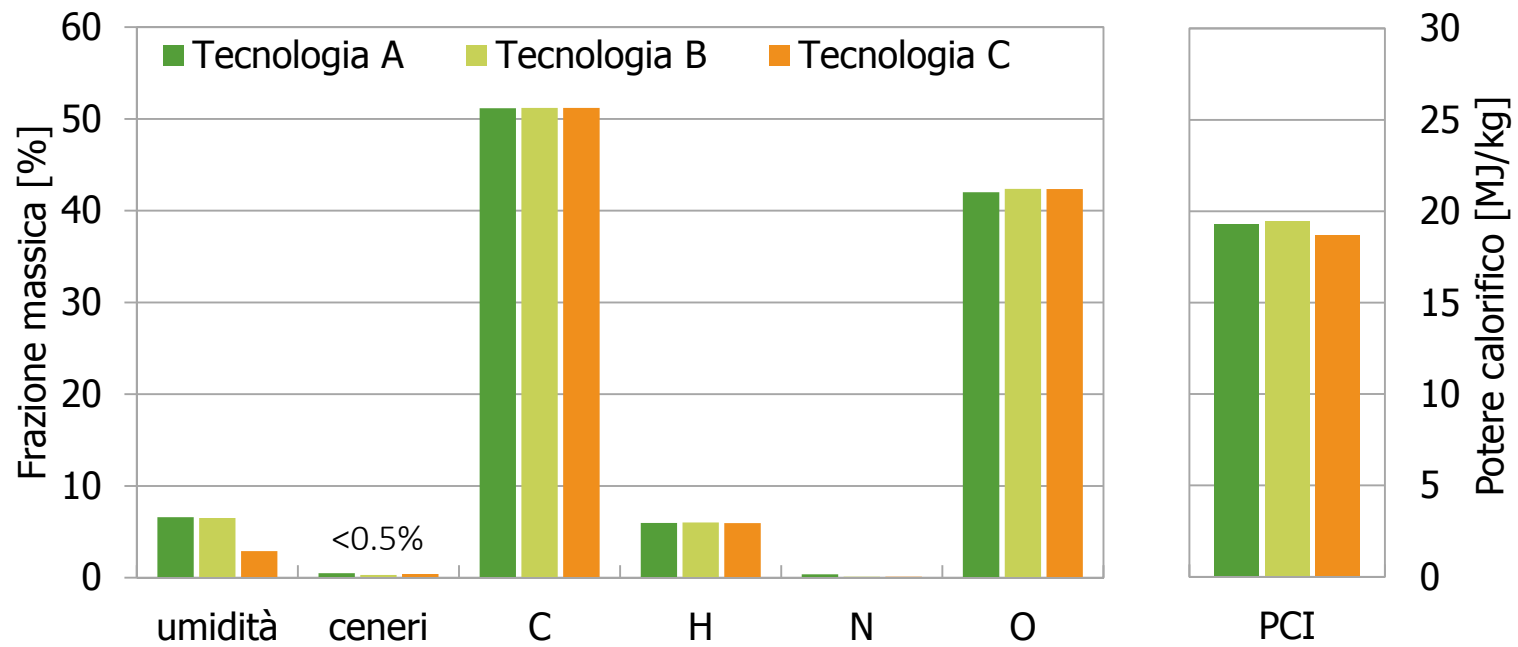
Campionato e analizzato secondo il metodo proposto dalla specifica tecnica **UNI CEN TS 15439**:

- gorgogliamento del gas in una serie di bottiglie contenenti **isopropanolo**, mantenute a temperature di 40°C e -20°C
- analisi del campione raccolto tramite GC-MS



Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Caratterizzazione combustibile in ingresso

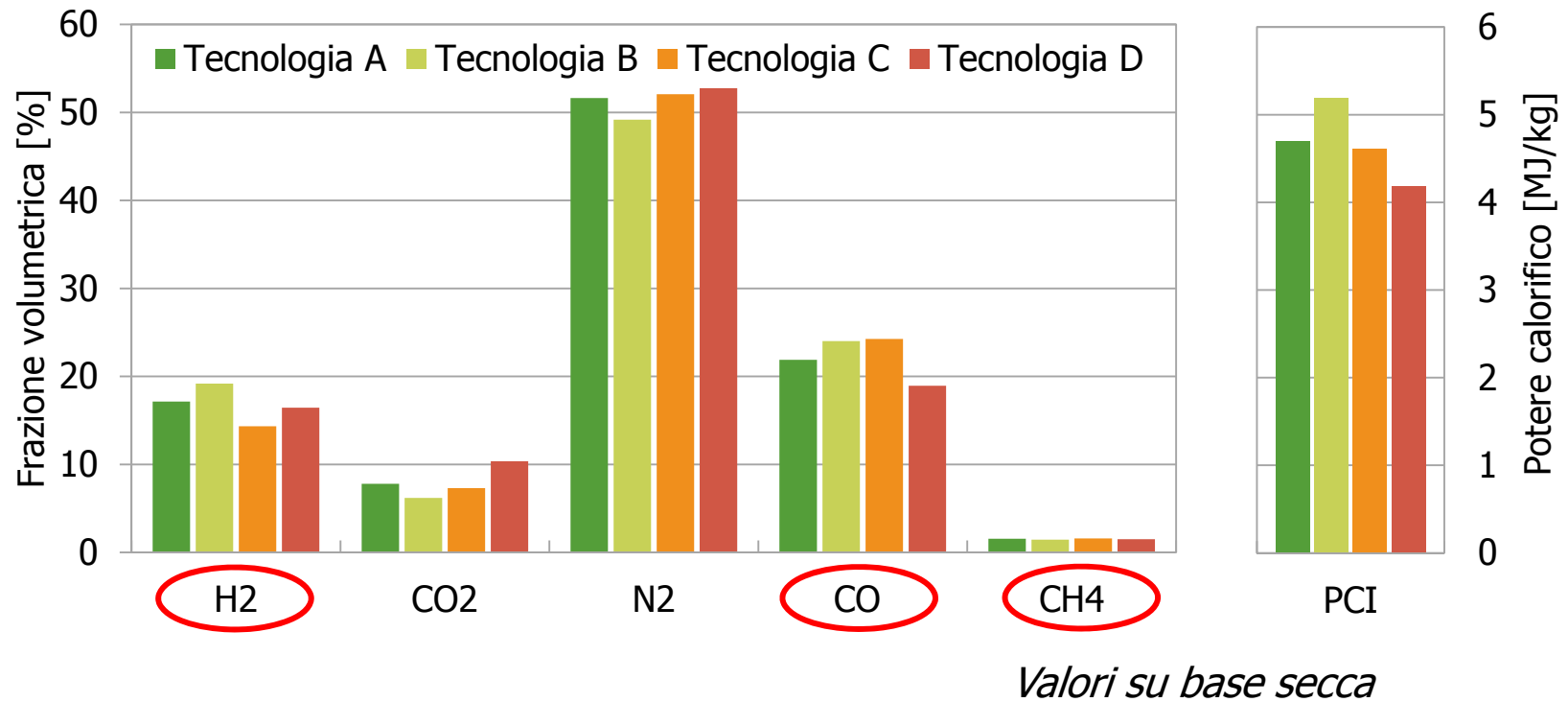


Valori su base secca



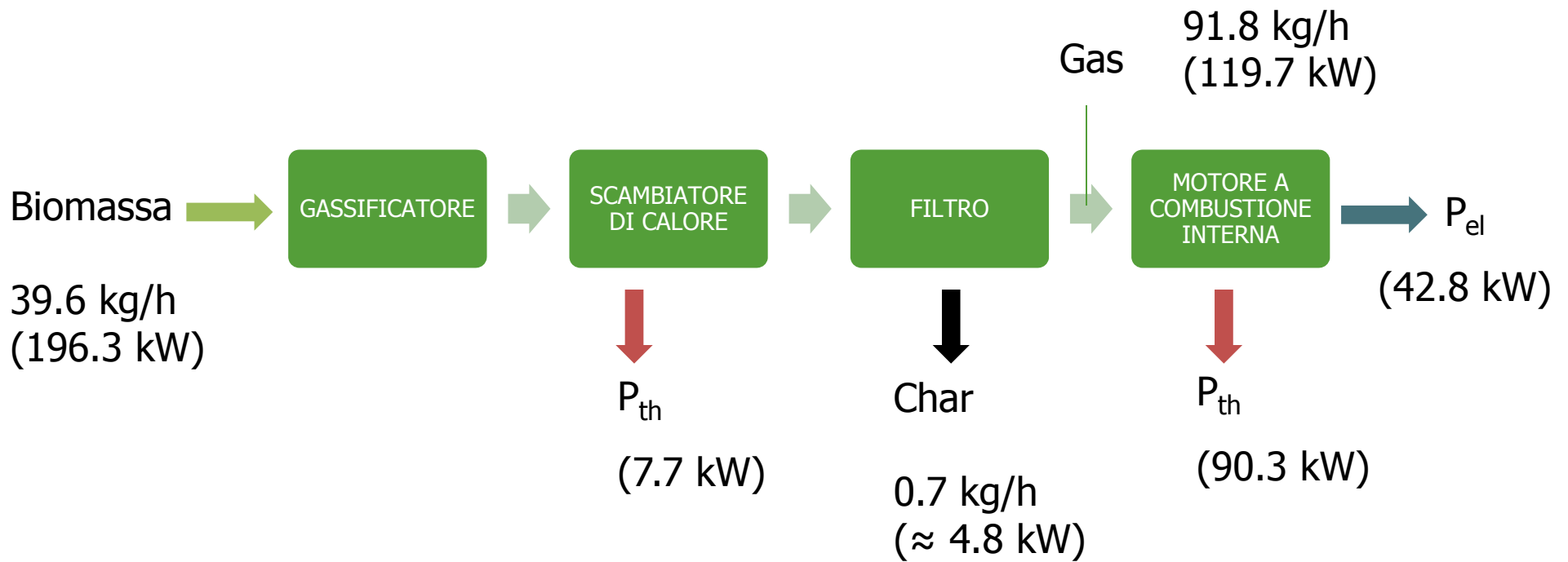
Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Composizione gas



Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Bilanci di massa ed energia (tecnologia A)

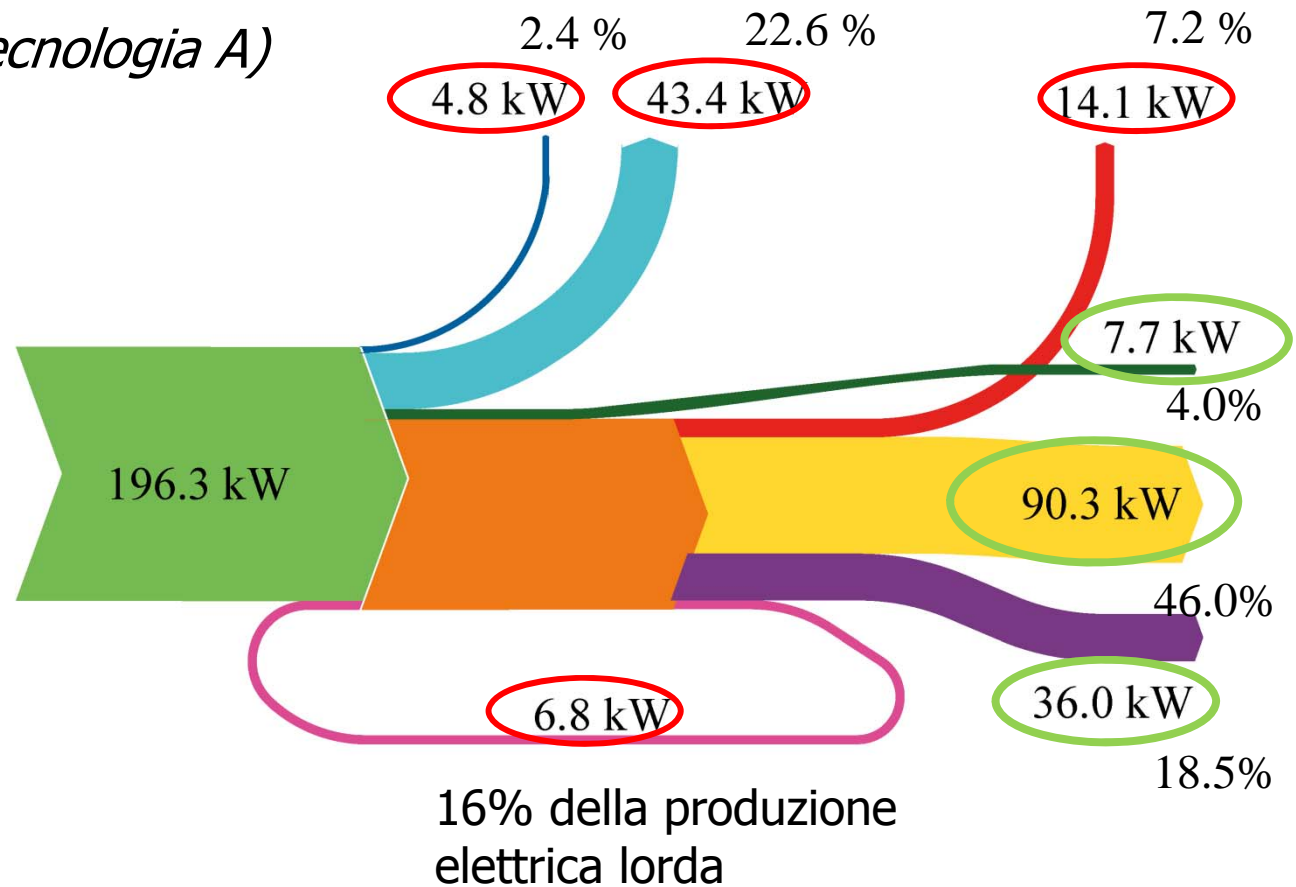


Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Bilanci di energia

(tecnologia A)

- Input biomassa
- Output char
- Perdita calore gassificatore
- Calore raffreddamento gas
- Input MCI
- Perdita termica MCI
- Produzione calore MCI
- Produzione elettrica MCI
- Consumo elettrico ausiliari



% based on LHV of biomass

*Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015*

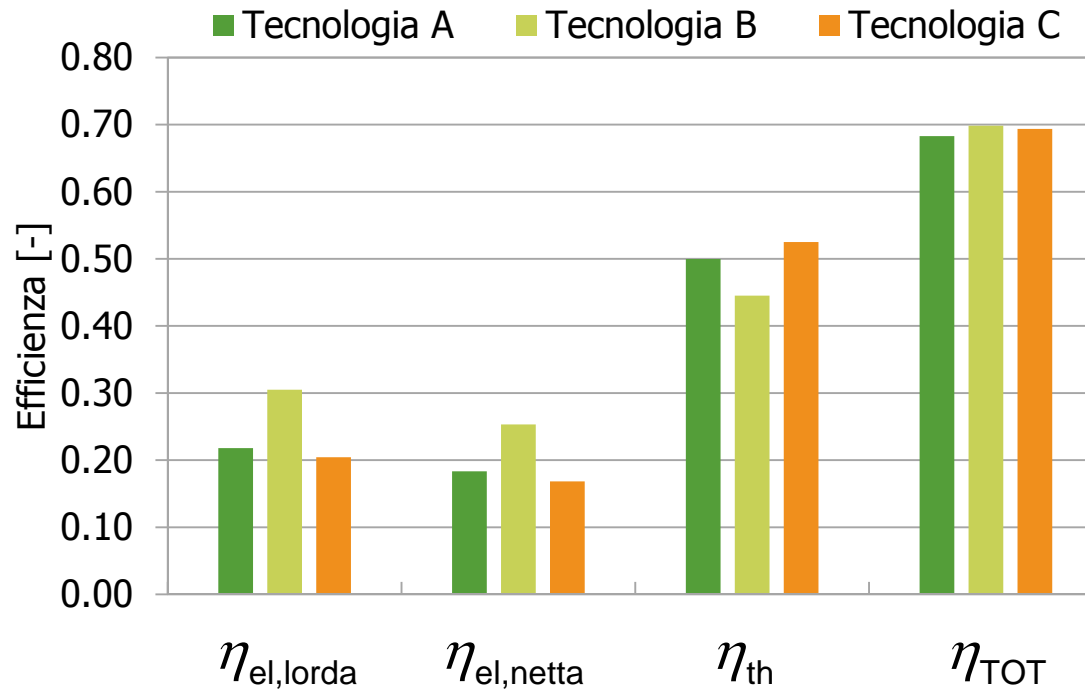
## Bilanci di energia

	Tecnologia		
	A	B*	C
<b>Perdite</b>			
Char	2.4%	1.5%	1.9%
Termica gassificatore	22.1%	23.9%	22.3%
Termica CHP	7.2%	4.8%	6.4%
<b>Rese</b>			
Termica gassificatore	3.9%	11.7%	7.9%
Elettrica netta CHP	18.3%	25.3%	16.8%
Termica CHP	46.0%	32.8%	44.6%
<b>Autoconsumo elettrico</b>			
Ausiliari	15.9%	17.0%	17.6%

\*considera 3 l/h di olio di colza come combustibile secondario in ingresso

Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Efficienze



Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Tar (catrami) nei gas di gassificazione

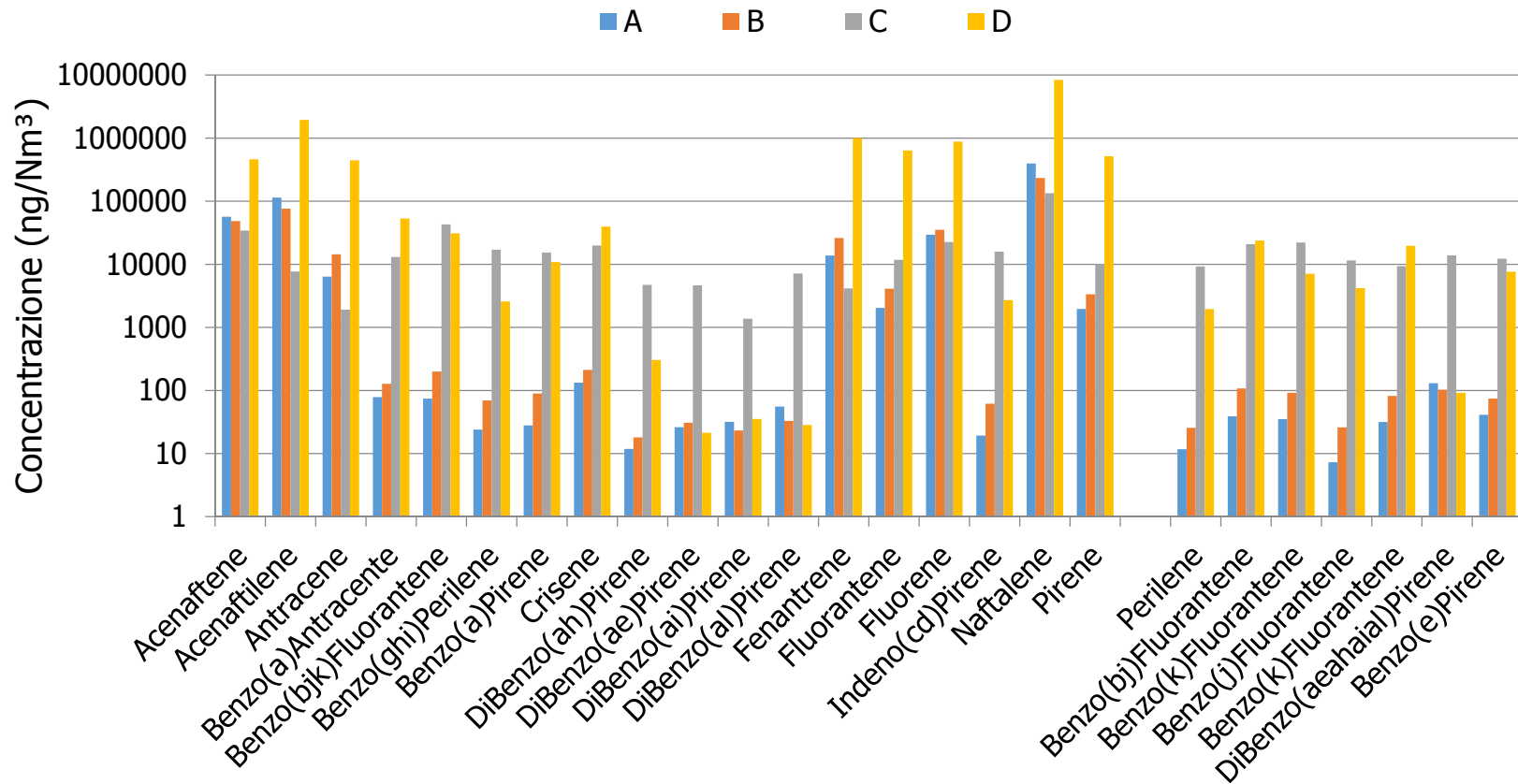
Valore limite consigliato per MCl:  $\approx 100 \text{ mg/Nm}^3$

Tecnologia	A	B	C	(D)
Tar gravimetrico (mg/Nm <sup>3</sup> )	650-750	200-300	150-250	150-250



Progetto GAST: Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige, Fiera Klimaenergy, 27 marzo 2015

## Tar (catrami) nei gas di gassificazione





## Conclusioni

- Umidità combustibile < 10 %
- Efficienze elettriche superiori alle tecnologie tradizionali (20-30 %) (considerando impianti piccola scala < 200 kW<sub>el</sub>)
- Efficienze termiche  $\approx$  50%
- Efficienze totali comparabili tra le tecnologie ( $\approx$  70%)
- Contenuto di tar superiore al limite suggerito dalla letteratura scientifica
- Gli impianti garantiscono 7000 h/anno di funzionamento



Freie Universität Bozen  
Libera Università di Bolzano  
Università Lìedia de Bulsan



**THANKS FOR YOUR ATTENTION!**

**francesco.patuzzi@unibz.it**

**dario.prando@unibz.it**

*Progetto GAST:*

*Analisi degli impianti di gassificazione di piccola taglia in Alto Adige*

*Fiera Klimaenergy - Venerdì 27 marzo 2015*

---

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Abteilung 40. Bildungsförderung,  
Universität und Forschung



---

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Ripartizione 40. Diritto allo Studio,  
Università e Ricerca scientifica