

Le Biomasse

L'energia solare si immagazzina nelle biomasse: la sfida tecnologica consiste nel cambiarle forma a mezzo di una conversione ad alta efficienza, in modo da renderla più facilmente utilizzabile per la produzione di elettricità. La gassificazione è il processo di conversione termochimica di una massa organica in un combustibile gassoso, il syngas, che può essere bruciato direttamente in motori a combustione per la produzione di energia elettrica e calore.

I tipi di biomassa adatti per la gassificazione sono:

- residui boschivi
- scarti dell'industria del legno
- scarti da agricoltura e silvicoltura
- manufatti legnosi da smaltire
- legno contaminato da incenerire
- colture a rotazione rapida (a ciclo breve)
- potature e bio-scarti municipali

Composizione tipica del legno: 52% C; 6% H; 41% O; 1% Ceneri.

Costituenti principali delle biomasse legnose dal punto di vista dell'analisi termogravimetrica (ovvero delle modificazioni temporali in composizione e peso della biomassa durante una pirolisi controllata): umidità e sostanze altamente volatili, emicellulosa, cellulosa, lignina, e sostanze inorganiche (metalli alcalino-terrosi, solfati, carbonati). (vedi figura)

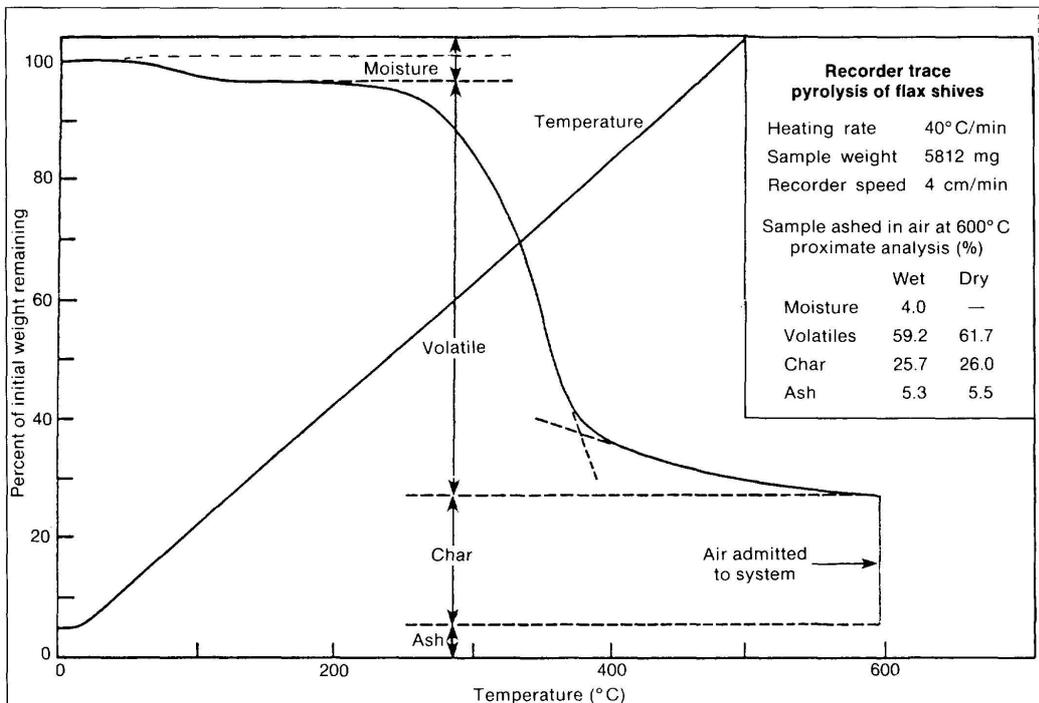


Fig. 4-3. Thermogravimetric analysis of a typical biomass sample heated in the absence of air (Source: Reed 1981, Fig. 5-2)

Pezzatura: cippato di legno (dim. XxXxX) o pellets.

Umidità: X

La Gassificazione: una sfida secolare

La gassificazione è un processo noto sin dalla fine del XVIII secolo.

Le prime applicazioni, risalenti al 1850, riguardarono il carbone per la produzione del gas di città, destinato all'illuminazione pubblica e agli usi domestici.

Dall'Europa, in particolare, dall'Inghilterra e dalla Francia, si diffuse rapidamente in America, finché a partire dal 1930 non cominciò a essere soppiantato dal più economico gas naturale del Texas, trasportato attraverso il paese dai nuovi gasdotti.

In Inghilterra, il gas di città continuò ad essere utilizzato fino all'inizio degli anni '70, quando furono scoperti i giacimenti di petrolio nel mare del Nord.

A cominciare dalla I guerra mondiale, si realizzarono gassificatori di piccola taglia a carbone o a biomassa per la propulsione di mezzi di trasporto (terrestri e navali) e per l'alimentazione di piccoli generatori elettrici.

Tra le due guerre mondiali, lo sviluppo di questi sistemi conobbe un rallentamento, dovuto al più conveniente e facile utilizzo della benzina, ma a partire dal 1939, per motivi bellici fu bloccato l'approvvigionamento di petrolio in Europa e pertanto, i prodotti petroliferi furono riservati alle operazioni militari, dando nuovo impulso e interesse ai combustibili alternativi.

La Germania nazista, grazie ai nuovi impianti basati sul processo Fischer-Tropsch (1923) di sintesi di combustibili liquidi a partire dalla gassificazione del carbone su larga scala, fu in grado di soddisfare più del 57% del fabbisogno di carburanti durante il conflitto: si ritiene che proprio tale tecnologia generò in Hitler la convinzione che i tempi fossero maturi per il compimento dei propri disegni.

Tristemente, il processo Fischer-Tropsch fu anche alla base del regime di apartheid in Sud Africa a partire dal 1948, nonostante le pesanti sanzioni internazionali.

Alla fine della II guerra mondiale c'erano più di 700.000 gassificatori a legno (di tipo Imbert, vedi figura) applicati a mezzi di trasporto in Europa, e più di un milione nel mondo, eccetto che nel Nord America dove la benzina continuò ad essere conveniente e reperibile anche durante le ostilità.

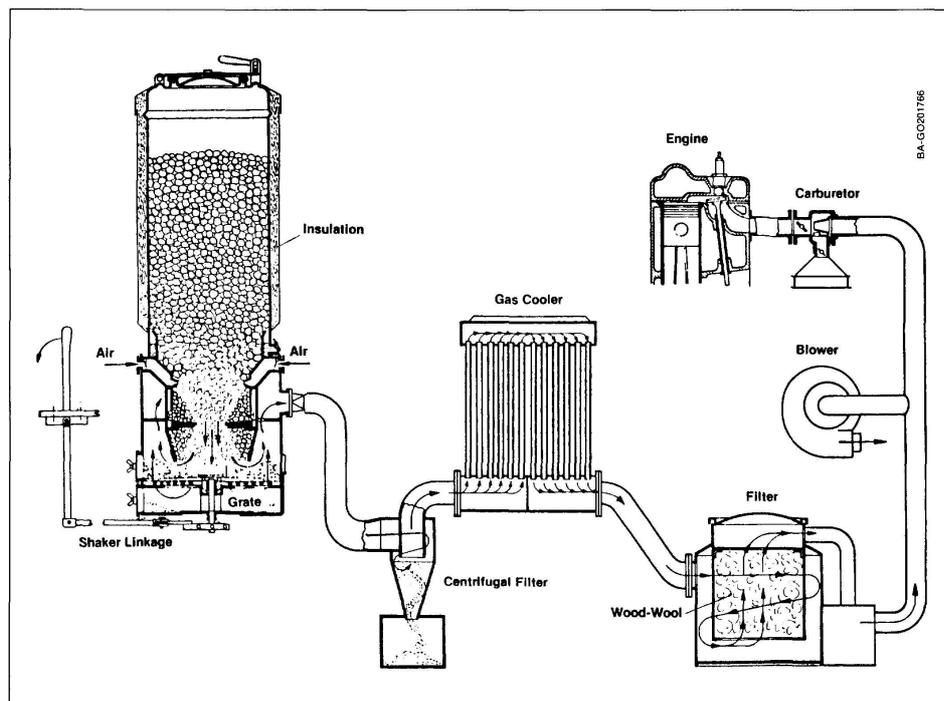


Fig. 8-3. Typical vehicle gasifier system showing cyclone and gas cooler (Source: Adapted from Skov 1974)

Dopo l'embargo del 1973, le energie alternative tornarono ad essere appetibili, soprattutto il loro impiego in impianti di grande scala, per la produzione di gas combustibile di sintesi, in particolare da carbone.

I gassificatori di piccola taglia (da 10 KW a 1 MW) sono considerati di grande interesse da quelle organizzazioni internazionali che si occupano di programmi di sviluppo nei paesi industrialmente arretrati, che possiedono grandi quantitativi di biomasse ma non hanno estese e capillari reti di distribuzione dell'energia elettrica.

Inoltre, recentemente, l'attenzione alle biomasse come fonte rinnovabile ha portato numerosi curiosi e gruppi di ricercatori professionisti a realizzare e condurre impianti di gassificazione dimostrativi.

Sfortunatamente, la raccolta di informazioni al fine di affrontare in modo sistematico e congiunto i fattori critici per la produzione di gas pulito e di qualità con minimi interventi di manutenzione all'impianto ha sempre incontrato grandi difficoltà, nonostante negli ultimi tempi siano aumentati gli sforzi da parte di alcuni istituti nella pubblicazione di testi e nella promozione di conferenze fra i massimi esperti a livello mondiale.

La diffusione e l'affermazione di questa tecnologia è legata a considerazioni di natura economica e politica.

Principali fattori che determinano la fattibilità economica di un impianto di gassificazione per la produzione di energia elettrica:

- costo e disponibilità della biomassa (costi di cippatura o cubettatura, vagliatura, essiccazione ed immagazzinamento);
- investimento iniziale, tempo di recupero, e vita dell'impianto;
- tasso di interesse sul denaro;
- costi di gestione e manutenzione;
- costo di smaltimento dei rifiuti (ceneri e catrami);
- costo di acquisto dell'elettricità;
- valore dell'energia prodotta;
- valore legato al recupero di calore (cogenerazione);
- benefici derivanti dall'uso di fonti rinnovabili (incentivi fiscali).

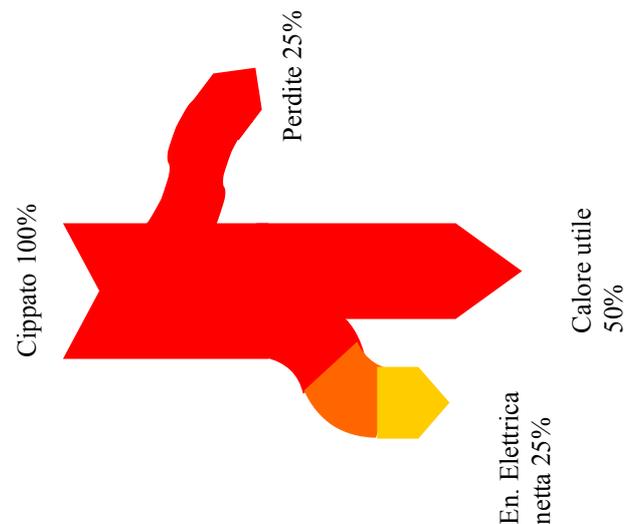
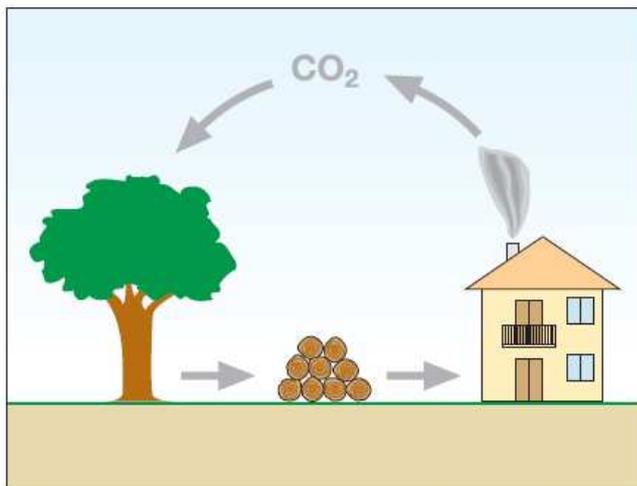
Perché gassificare?: L'energia e l'ambiente

Nonostante le problematiche storiche, oggi la gassificazione è una tecnologia matura, affidabile, e ad alta efficienza:

- rendimento globale: 75%
- rendimento elettrico netto: 25%
- rendimento termico netto: 50%

Le biomasse rappresentano una fonte di energia rinnovabile con molte caratteristiche positive:

- grandi quantitativi a basso costo provenienti come sottoprodotto dall'agricoltura e dalla silvicoltura;
- basso contenuto di ceneri e zolfo;
- non incrementano il livello di anidride carbonica, principale gas-serra, nell'atmosfera, a patto che il loro consumo, non ecceda la loro produzione (inoltre, molti paesi nel mondo hanno aderito a programmi di riforestazione)



Lo stato dell'arte e oltre: il nostro Pirogassificatore multistadio

Attualmente, esistono alcune varietà di impianti di gassificazione, ciascuna con le sue peculiarità costruttive, connesse in particolare alla potenzialità termica, al tipo di combustibile da processare, e al modo di utilizzo del gas di sintesi (Turbogas, MCI, ORC).

Per impianti di potenza fino a 1 MWeI, il sistema più appropriato da accoppiare a un motore a combustione interna o a una turbina a gas, soprattutto per l'elevata pulizia del gas prodotto in termini di particolato e catrami, risulta essere il gassificatore a letto fisso di tipo downdraft.

La gassificazione del legno a mezzo di aria genera un gas di sintesi con la seguente composizione media: 15% H₂; 21% CO; 13% CO₂; 2% CH₄; 47% N₂; 2% altri composti; con un potere calorifico inferiore da 5 a 7 MJ/Nmc.

L'aggiunta di modeste percentuali di ossigeno e/o di vapore acqueo all'aria di gassificazione produce significativi aumenti delle percentuali di idrogeno (oltre il 25%) e metano (oltre il 10%), anche per effetto del minor apporto di azoto, con conseguente incremento del potere calorifico inferiore che può superare i 10 MJ/Nmc, nonché una superiore pulizia del gas grezzo da tar e particolato.

La gassificazione è un processo di conversione energetica ad alta temperatura che comporta un consumo di combustibile per generare il calore necessario ad alimentare le reazioni endotermiche.

In un reattore a letto fisso si possono così distinguere quattro zone:

- essiccazione;
- pirolisi;
- pirolisi fiammante ovvero ossidazione parziale a mezzo degli agenti gassificanti;
- riduzione dei gas di pirolisi attraverso il letto di carbone

Al fine di produrre un gas di sintesi a basso contenuto di tar e particolato, sono state individuate alcune efficaci soluzioni, tra cui la suddivisione dell'aria in primaria e secondaria all'interno di un unico reattore o la separazione fisica di una sezione di pirolisi da una di gassificazione, essendo le tecniche di minimizzazione della formazione sempre da preferirsi a quelle di abbattimento a valle del processo.

Il nostro impianto di gassificazione è stato concepito con l'idea di integrare i principali elementi di successo dei sistemi esistenti, inserendo importanti elementi di innovazione progettuale all'assetto bi-stadio. Tale concetto trova pienezza già nella denominazione della macchina, ovvero, Piro-gassificatore multistadio, intendendo con ciò la presenza di due distinti moduli:

- un pirolizzatore a recupero di calore dal syngas grezzo per essiccare e pirolizzare la biomassa prima del suo ingresso nel reattore;
- un gassificatore a più livelli di immissione dell'agente gassificante, in cui avvengono le reazioni di ossidazione parziale e successivamente di riduzione del carbone.

La presenza di una prima unità di trattamento termico (in assenza di ossigeno) risponde all'intenzione di trasformare una generica biomassa (cippata o cubettata) in un prodotto di caratteristiche costanti ed omogenee in ingresso alla successiva unità di gassificazione in modo da garantire stabili condizioni per un funzionamento ottimale che massimizzi le prestazioni dell'intero sistema.

La configurazione compatta dell'insieme, associata a una coibentazione accurata delle superfici calde minimizza le perdite di calore, contribuendo al raggiungimento di elevati rendimenti di conversione.



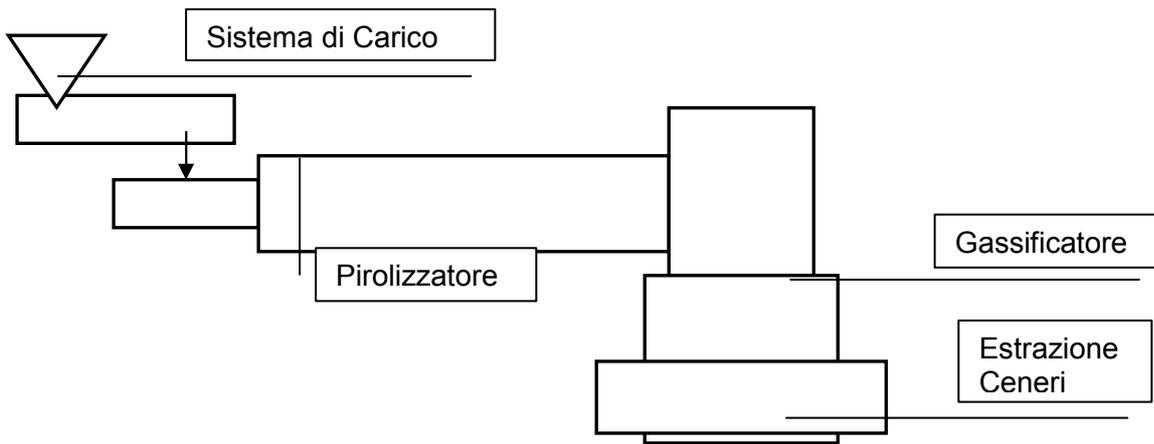
La ricerca e lo sviluppo dell'impianto pilota: alcuni traguardi

Da Novembre 2011, l'intensa attività sperimentale sta generando una serie di riscontri positivi e in linea con le aspettative.

Inoltre, l'analisi dei dati raccolti ha permesso di rispondere con prontezza ed efficacia a ciascuna delle problematiche insorte durante i test, conducendo a soluzioni progettuali più robuste e a una maggiore affidabilità operativa dell'intero sistema.

Infatti, vale la pena soffermarsi sullo schema di impianto per comprenderne l'articolazione.

- 1) stoccaggio della biomassa
- 2) trasportatore di caricamento
- 3) tramoggia di dosaggio
- 4) sistema di alimentazione a tenuta
- 5) pirolizzatore
- 6) gassificatore
- 7) sistema di adduzione dell'agente gassificante
- 8) sistema di scarico ceneri
- 9) sistema di pulizia del gas
- 10) utilizzatore del syngas (torcia di combustione)



Schema a blocchi dei principali elementi d'impianto

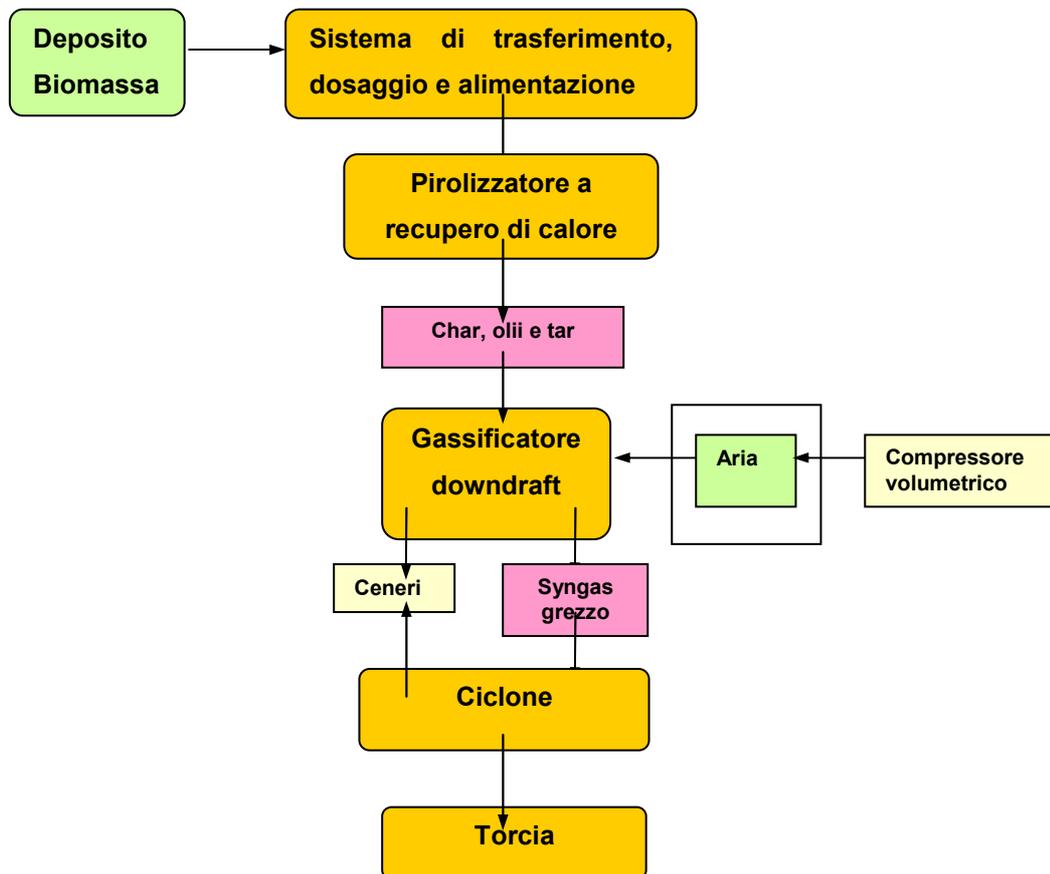


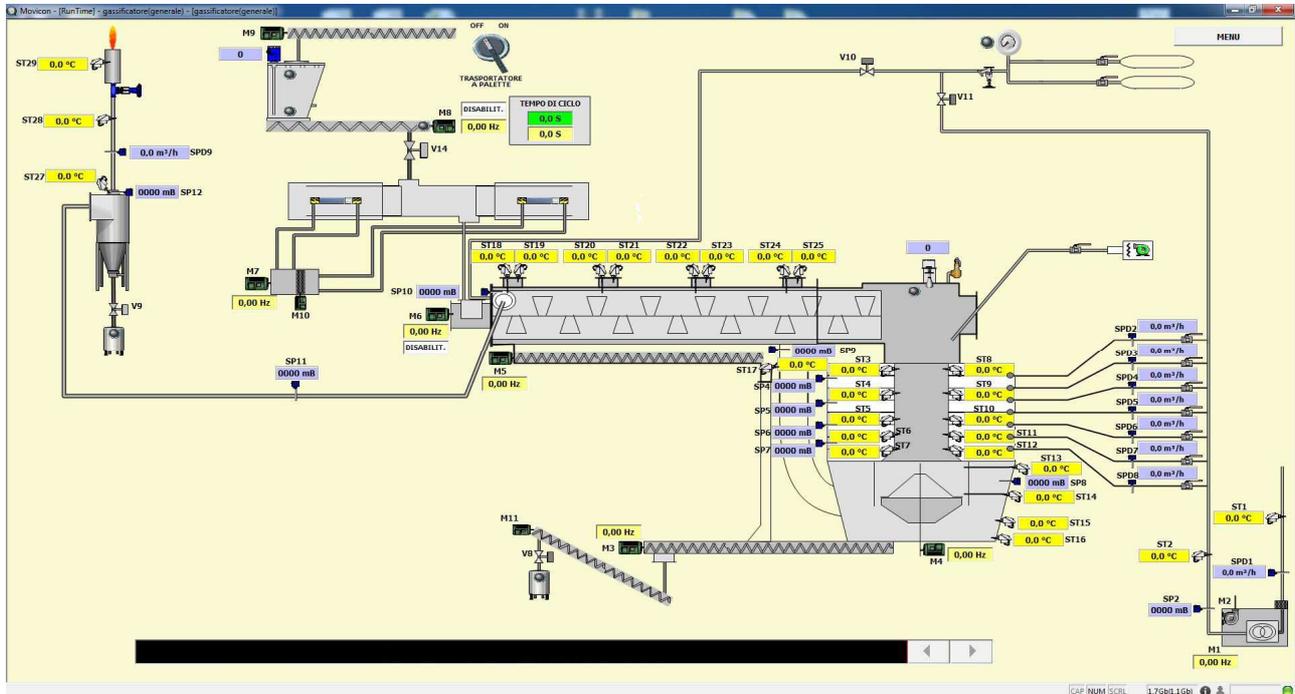
Diagramma di flusso semplificato dell'impianto di pirogassificazione downdraft.

L'alto livello di automazione ha consentito di gestirne la complessità in modo agevole e sicuro sin dal primo avvio. L'impianto è governato da un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) costituito da:
 - due controllori a logica programmabile, o PLC, che si occupano indipendentemente del controllo di processo e della gestione della sicurezza, dialogando attraverso un bus di campo certificato di tipo DeviceNet.

- un supervisore residente su un PC, collegato tramite rete ethernet ai controllori, che periodicamente raccoglie i dati memorizzandoli su database, visualizza su schermo i valori correnti, produce grafici temporali, ed eventualmente genera allarmi.

La visualizzazione principale del supervisore è un quadro sinottico dell'impianto, in cui sono rappresentati graficamente gli elementi che lo compongono, caratterizzati da sensori e attuatori il cui stato viene rilevato in tempo reale.

Il programma di supervisione e gestione ha un'architettura parametrica per cui può condurre l'impianto autonomamente secondo valori di default o autogenerati, essere configurato dall'esterno secondo un set di parametri imposti, o in situazioni eccezionali, essere condotto in manuale, sempre nel rispetto delle procedure automatizzate di sicurezza.



Attualmente, il pirogassificatore ha dimostrato di essere in grado di processare flussi di biomassa (legno cippato, in pellets, o in miscela) oltre i 250kg/h con umidità relativa fino al 25%, raggiungendo temperature massime di gassificazione superiori ai 1000°C, con produzione di gas di caratteristiche energetiche medio-alte (superiori ai 5500 KJ/Nmc) e percentuali di scarti sempre inferiori al 10% della portata in ingresso, su archi temporali di durata settimanale e con minimi interventi correttivi esterni.

Prossimi obiettivi: La cogenerazione

La progettazione e la realizzazione di una sezione di pulizia del gas grezzo permetterà il suo utilizzo per la produzione di energia elettrica attraverso un motore a combustione interna dual-fuel (gasolio-syngas). Inoltre, il calore recuperabile dai fumi e dal refrigerante del motore potrà essere proficuamente utilizzato per pretrattare la biomassa in ingresso all'impianto, riducendone il contenuto di umidità e migliorando l'efficienza energetica complessiva.

Infatti, il legno verde può avere contenuti di umidità relativa fino al 50% ed è noto che quantitativi elevati di acqua nel combustibile penalizzano fortemente i processi di pirolisi e gassificazione dal punto di vista energetico. Al fine di produrre miscele di syngas ad elevato potere calorifico, più ricche in idrogeno e metano, sarà indispensabile realizzare un circuito per l'aggiunta di ossigeno e di vapore acqueo surriscaldato all'aria di gassificazione: tale tecnica porta come ulteriore vantaggio una riduzione nella formazione di tar.

Elevati contenuti di idrogeno nel syngas potrebbero rendere interessante il ricorso a successivi trattamenti di arricchimento e purificazione di tale specie per alimentare celle a combustibile, ad oggi, al centro di numerosi studi volti al loro sviluppo, soprattutto in abbinamento a fonti rinnovabili.



Cippato



Cippatrice



Potature di olivo



Potature di viti