

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2006)

**Heft:** 5-6

**Artikel:** Metodi di trattamento termico innovativi per la promozione dell'impiego di biomassa

**Autor:** Caputo, Paola

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-133502>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Conclusioni  
Profili e possibili evoluzioni di un impianto di trattamento termico della biomassa sono stati esposti. Il trattamento di rifiuti solidi a basso contenuto di sostanze volatili è stato studiato con le tecnologie tradizionali e con quelle innovative. I risultati sono stati confrontati con i dati di una centralina termoelettrica.

# Metodi di trattamento termico innovativi per la promozione dell'impiego di biomassa

Paola Caputo\*

## Introduzione

In generale, quando si considera la biomassa come fonte di energia, si fa riferimento al trattamento termico di combustione finalizzato alla produzione di calore (come ad esempio nelle caldaie a pellets mono o pluri familiari o nei fornì che alimentano reti di teleriscaldamento), alla generazione elettrica (nelle centrali termoelettriche) o alla produzione combinata di elettricità e calore (cogenerazione). In realtà, vi sono altri tipi di trattamenti termici alternativi e ormai competitivi dal punto di vista tecnico ed economico, come il processo di pirolisi-gassificazione.

L'analisi della fattibilità di impiego di tali processi va ovviamente valutata caso per caso, completata con bilanci di materia e di energia e corredata da risultati sperimentali di prestazione tecnico-economica. Tuttavia, in generale, l'uso di tali tecnologie può consentire i seguenti vantaggi: riduzione dei flussi di materia in uscita dall'impianto; competitività per impianti di taglia medio-piccola; minor impatto ambientale e più facile inserimento paesaggistico; possibilità di produrre combustibili (syngas) stoccati, eventualmente trasportabili e impiegabili in cicli termodinamici diversi dal ciclo a vapore. Tali tecnologie potrebbero rappresentare un valido stimolo all'impiego della biomassa, che, pur essendo un'interessante fonte di energia presente sul territorio, rinnovabile e CO<sub>2</sub>-neutral, viene di norma scarsamente valorizzata, anche per incertezze di carattere tecnico-economico. Infatti, oltre ai vantaggi ambientali, a supporto di tale scelta si possono individuare anche motivazioni di carattere politico-gestionale e socio-territoriale, come una maggiore accettabilità da parte dell'opinione pubblica, una migliore adattabilità di tali tecnologie all'interno della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica, una migliore compatibilità con lo sviluppo della piccola e media impresa, la possibilità di conseguire ritorni economici per taglie di impianto medio-piccole.



Fig. 1 – Esempio di stoccaggio ed impiego della biomassa (foto Timberjack)

## Aspetti tecnologici

Nonostante pirolisi e gassificazione siano tecnologie impiegate ormai da diversi anni, nella letteratura tecnica relativa al trattamento di rifiuti e biomassa esse vengono definite «novel thermal treatment processes» o «emerging technologies», ovvero tecnologie innovative ed emergenti<sup>1</sup>. In letteratura, si trovano diverse definizioni di gassificazione e pirolisi; in generale, a differenza della combustione diretta (fig. 2), che avviene in eccesso d'aria e quindi con una disponibilità di ossigeno superiore a quella stechiometrica, gassificazione e pirolisi avvengono in carenza o assenza di ossigeno.

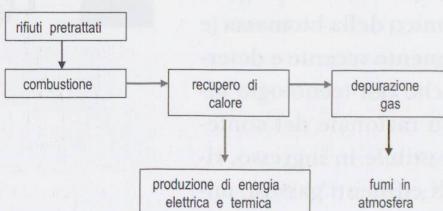


Fig. 2 – Schema di un impianto a combustione diretta

Generalmente, tale tecnologia comprende una prima fase pirolitica seguita da fenomeni di cracking molecolare. Trattandosi di un processo endotermico, parte dell'energia recuperata deve essere impiegata nel processo di pirolisi-gassificazione. Al termine del trattamento si producono un combustibile gassoso e delle scorie inerti. Un impianto di pirolisi-gassificazione può seguire due schemi alternativi: il combustibile gassoso prodotto viene bruciato direttamente e il calore viene recuperato per generare energia con ciclo a vapore (fig. 3); oppure, il combustibile gassoso prodotto viene dapprima depurato e successivamente bruciato in motore a gas, oppure in turbina a gas, eventualmente anche in ciclo combinato (fig. 4). Vengono abitualmente inclusi nella filiera pirolisi-gassificazione processi termo-chimici di diverso tipo, tra i quali anche la gassificazione con torcia al plasma.

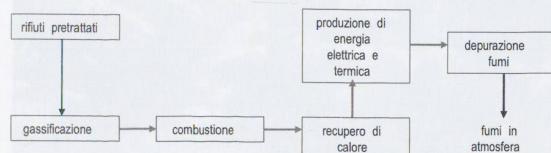


Fig. 3 – Pirolisi-gassificazione con combustione ciclo a vapore

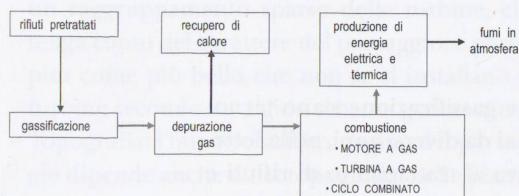


Fig. 4 – Pirolisi-gassificazione con pulizia, combustione e ciclo a gas

#### Diffusione e tendenze di mercato

Pirolisi e gassificazione sono tecnologie consolidate in vari campi industriali, soprattutto nei comparti chimico e petrolchimico e, in minor misura, nel trattamento di scarti agro-industriali. L'interesse ad una estensione del loro impiego al settore del trattamento termico della biomassa (e anche dei rifiuti) è relativamente recente e determinato dalle potenzialità che tali tecnologie offrono in termini di uso più razionale del contenuto energetico del combustibile in ingresso, riduzione della portata degli effluenti gassosi, miglioramento delle caratteristiche degli scarti solidi del processo.

Si rileva che gli impianti di trattamento dei biomassa e rifiuti basati su pirolisi e gassificazione esistenti siano complessivamente un migliaio; se da questi si escludono gli impianti a scala strettamente pilota e quelli interni a processi industriali particolari, restano circa 110 impianti diffusi in 22 Paesi, anche se circa la metà di essi continua ad avere problemi di carattere operativo<sup>1</sup>. Secondo alcune valutazioni<sup>1</sup>, ci si aspetta che entro il 2010 possano essere costruiti più di 400 nuovi impianti, con capacità media di ciascun impianto pari a 60 kt/anno.

#### Aspetti economico-finanziari e logistici

In riferimento ad un impianto di taglia pari a 100 kt/anno, si possono indicare i seguenti costi medi: per un impianto di pirolisi-gassificazione è realistico assumere un costo di realizzazione compreso tra 30 e 50 M€ ed un costo di esercizio pari a circa 20-40 €/t anno; per un impianto di combustione diretta è realistico assumere un costo di realizzazione compreso tra 50 e 60 M€ ed un costo di esercizio pari a circa 25-45 €/t anno<sup>4</sup>.

Per un impianto di pirolisi-gassificazione, l'ingombro corrispondente è pari a circa 10'000-15'000 m<sup>2</sup> come impronta d'area e 10-15 m di altezza, se non si impiega il ciclo a vapore; in caso contrario, è necessario un camino alto almeno circa 30 m. Un impianto di combustione ha in genere un'impronta d'area superiore a quella corrispondente alla pirolisi-gassificazione e necessità di un camino di altezza maggiore. Mentre il risparmio di area può essere ridotto se l'impianto di pirolisi-gassificazione è di grandi dimensioni (si ripetono diversi moduli identici), il migliore inserimento paesaggistico è comunque assicurato a causa delle minori altezze di edifici e camino<sup>4</sup>.

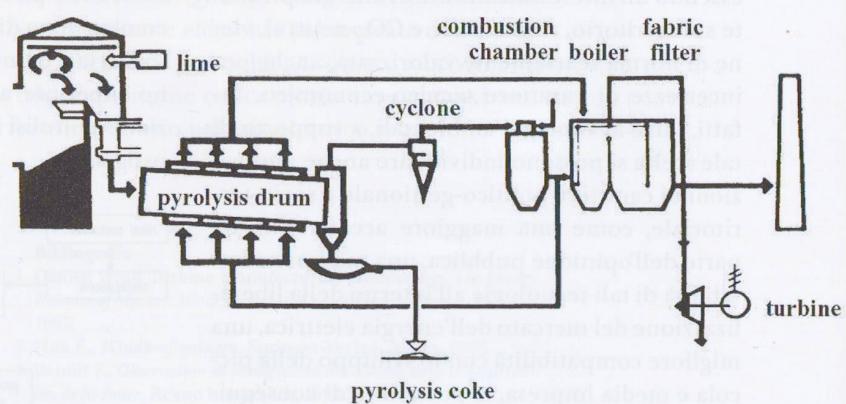


Fig. 5 – Schema di processo di gassificazione-pirolisi

## Conclusioni

Pirolosi e gassificazione sono tecnologie di trattamento termico tecnicamente fattibili ed economicamente competitive per impianti alimentati a biomassa<sup>2,3</sup> (e rifiuti) derivanti da bacini di piccola e media dimensione.

L'atteggiamento di sfiducia (alimentato da alcune sfortunate esperienze del passato) nei confronti della pirolisi-gassificazione, spesso giudicata troppo complessa e non consolidata a scala commerciale, deve essere rapidamente rimosso con la sperimentazione a scala dimostrativa; anche le obiezioni legate alla variabilità delle caratteristiche del combustibile in ingresso che comprometterebbe le prestazioni degli impianti di pirolisi-gassificazione, sono superabili, poiché le fasi di stoccaggio ed eventuale pretrattamento consentono di controllare tale problema. In particolare, la sperimentazione dovrebbe essere focalizzata sull'utilizzo del syngas in cicli combinati, essendo tale soluzione quella che più consente di aumentare il rendimento elettrico netto e quindi anche la redditività economica. La sperimentazione con le biomasse potrebbe rappresentare il settore trainante d'impiego, favorendo poi la diffusione nel settore smaltimento rifiuti.

## *Ringraziamenti*

Professor Giancarlo Chiesa, Dipartimento Building and Environment Science and Technology (BEST) del Politecnico di Milano.

## Bibliografia

1. Pyrolysis and Gasification of waste, a worldwide technology and business review, vol I e II. Juniper, Gloucestershire (UK), 2001.
  2. Proceedings of the Twelfth European Biomass Conference, WIP-Munich and ETA-Florence, Amsterdam, 17-21 June, 2002.
  3. Proceedings of the First Conference on Biomass for Energy and Industry, WIP-Munich and ETA-Florence, James & James, vol. I - II, Sevilla, 5-9 June, 2000.
  4. Paola Caputo e Giancarlo Chiesa, Potenzialità di pirolisi-gassificazione per il trattamento di rifiuti e biomassa nel contesto italiano, Atti del convegno 61° congresso nazionale ASSOCIAZIONE TERMOTECNICA ITALIANA, Perugia, 12-15 Settembre, 2006.

\* Ricercatore presso il Dipartimento Building and Environment Science and Technology (BEST) del Politecnico di Milano