



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

TECHNOLOGY BRIEF PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS E GAS DI SINTESI DA SCARTI E RIFIUTI DI ORIGINE AGRICOLA, ZOOTECNICA E AGROINDUSTRIALE

PARTE I: BIOGAS, PARTE II: SYNGAS

A. Del Fiore¹, A. Camassa¹, L. Chiarini¹, N. Colonna³, D. Cuna¹, P. De Rossi⁴, D. Matera⁵,

V. Miceli¹, A. Molino², S. Tabacchioni¹

SSPT-BIOAG-SOQUAS¹, SSPT-BIOAG-PROBIO², SSPT-BIOAG³, DUEE-SIST-NORD⁴,
DUEE-SPS-SAP⁵

30/03/2021

Technology Brief per la produzione di biogas e gas di sintesi da scarti e rifiuti di origine agricola, zootecnica e agroindustriale

PARTE II: SYNGAS

A. Molino, N. Colonna, D. Matera

Abstract

Il progetto s'inquadra nell'obiettivo generale di garantire la diffusione e lo sviluppo della produzione di energia derivante da fonti rinnovabili, nella fattispecie metano da syngas, e ha come finalità dimostrativa lo sviluppo della produzione di biocombustibili gassosi per la mobilità sostenibile e/o produzione di energia elettrica da poter immettere nella rete e/o utilizzare in regime di scambio.

Gli obiettivi generali dell'attività da svolgere si inquadrano nell'ambito della valorizzazione energetica delle biomasse, dei residui delle lavorazioni agroindustriali e dei rifiuti, mediante tecnologie di conversione termochimica quale la gassificazione finalizzate alla produzione di Green Gas, utilizzabili a fini elettrici e termici.

Allo stato attuale diversi paesi membri della Task IEA, International Energy Agency, inerente la gassificazione delle biomasse, stanno portando avanti progetti comunitari e nazionali finalizzati all'utilizzo del syngas per la produzione di biometano per sopperire ai problemi connessi alla disponibilità e al costante aumento dei prezzi del gas naturale.

Tipologia di prodotto: Technology brief

Settore d'intervento: Economia circolare e simbiosi industriale

INDICE

INTRODUZIONE.....	6
1. PROCESSO E STATUS DELLA TECNOLOGIA DI GASSIFICAZIONE.....	6
2. PRINCIPALI TECNOLOGIE DI GASSIFICAZIONE.....	8
2.1 REATTORI A LETTO TRASCINATO	9
2.2 REATTORI A LETTO FISSO	10
2.3 REATTORI A LETTO FLUIDO	10
2.4 TAMBURO ROTANTE - PIROGASSIFICATORE.....	11
2.5 GASSIFICATORE AL PLASMA.....	12
3. SUBSTRATI IMPIEGATI.....	14
4. DIFFUSIONE DELLA TECNOLOGIA DI GASSIFICAZIONE IN ITALIA: IMPIANTI CONNESSI ALLA RETE ELETTRICA	18
5. PERFORMANCES E COSTI	20
6. POTENZIALE E OSTACOLI	22
7. RIFERIMENTI E APPROFONDIMENTI.....	23

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Schema delle reazioni per ciascuno step del processo di gassificazione	8
Figura 2 - Gassificatore a letto trascinato	9
Figura 3a - Gassificatore updraft; Figura 3b - Gassificatore downdraft	10
Figura 4a - Letto fluido bollente; Figura 4b - Letto fluido ricircolante	11
Figura 5 - Tamburo rotante – Pirogassificatore	11
Figura 6 - Gassificatore al plasma	12
Figura 7 - Andamento del potere calorifico di alcune tipologie di biomasse	15
Figura 8 - Localizzazione degli impianti di gassificazione in Italia	18

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Vantaggi e svantaggi dei Reattori a letto trascinato e a letto fisso.....	13
Tabella 2 - Vantaggi e svantaggi dei Reattori a letto fluido e del Tamburo rotante	14
Tabella 3 - Principali tipologie di biomasse utilizzabili quale alimentazione nei processi di gassificazione	16
Tabella 4 - Macrocomposizione delle principali biomasse lignocellulosiche	17
Tabella 5 - Localizzazione e taglia dei gassificatori presenti in Italia e prodotte da aziende nazionali	19
Tabella 6 - Costi e performance degli impianti di gassificazione downdraft alimentato ad aria con motore a combustione interna in assetto cogenerativo (incluse le opere civili di predisposizione sito e pratiche autorizzative)	21

INTRODUZIONE

Nell'ultimo decennio l'interesse nei confronti della gassificazione di biomasse è incrementato notevolmente in ragione del sempre crescente interesse verso l'utilizzo di energie rinnovabili. Difatti, le biomasse, rappresentano una valida alternativa alle fonti di natura fossile. La gassificazione rappresenta una tecnologia per la conversione termochimica delle biomasse con il fine di produrre un gas di sintesi abile alla la produzione di energia elettrica e calore, nonché per la produzione di biocombustibili, siano essi liquidi o gassosi.

1. PROCESSO E STATUS DELLA TECNOLOGIA DI GASSIFICAZIONE

La gassificazione delle biomasse consiste in una conversione solido/liquido di composti organici in gas/vapore e in una fase solida. La fase gassosa, il syngas, possiede un potere calorifico tale da poterlo utilizzare nei motori per la produzione di energia elettrica anche in assetto cogenerativo. La fase solida, chiamata char include la frazione organica non convertita gli inerti contenuti nella biomassa. Questa conversione termochimica rappresenta una parziale ossidazione della quota carbonio contenuta nella biomassa generalmente condotta in presenza di un agente ossidante quale l'aria, l'ossigeno, il vapore o l'anidride carbonica. Il syngas prodotto costa di un mix di differenti gas quali il monossido di carbonio (CO), l'idrogeno (H₂), il metano(CH₄), l'anidride carbonica (CO₂) così come idrocarburi leggeri e pesanti quali etano e propano da un lato e tars dall'altro. Il potere calorifico inferiore PCI del syngas varia nel range 4-13MJ/Nm³, mentre il char ottenuto dal processo possiede un potere calorifico nel range 25-30MJ/kg.

Le principali reazioni di gassificazione sono endotermiche e l'energia necessaria per la loro evoluzione è garantita dall'ossidazione di parte della biomassa.

I principali step del processo di gassificazione sono rappresentati da:

- (1) Ossidazione – stadio esotermico
- (2) Essiccazione – stadio endotermico
- (3) Pirolisi – stadio endotermico
- (4) Riduzione – stadio esotermico

Uno step aggiuntivo è rappresentato dalla decomposizione dei tar che converge verso la formazione di idrocarburi leggeri e relativa decomposizione dello stesso.

Nella fase di ossidazione, parte della biomassa è combusta per soddisfare la richiesta termica necessaria per i processi endotermici. L'ossidazione è condotta in carenza di ossigeno rispetto allo stechiometrico. L'essiccazione consiste nell'evaporazione dell'umidità contenuta nella biomassa. Tale processo avviene raggiunta la temperatura di circa 150°C. La fase di pirolisi consta nella decomposizione termica della frazione carboniosa in molecole con minore peso molecolare. In questo step avviene la formazione dei catrami e delle sostanze gassose che sono solitamente comprese nel range 70-80% del contenuto energetico contenuto nella biomassa iniziale composto essenzialmente da idrogeno, monossido di carbonio, anidride carbonica e idrocarburi leggeri quali metano e idrocarburi C2, C3 oltre ad acidi (H₂S, HCl) e inerti (N₂). Le reazioni di pirolisi avvengono nel range 250-700°C e sono endotermiche, pertanto necessitano del calore derivante dallo stadio di ossidazione.

La composizione finale del syngas è dettata principalmente dalle reazioni che avvengono nello stadio di pirolisi e riduzione. In quest'ultimo step, tutti i prodotti dello stadio di pirolisi sono in equilibrio per formare i prodotti finali. Le principali reazioni che occorrono nello stadio di riduzione sono:

- (1) Reazione di Boudouard
- (2) Reforming del char
- (3) Water gas shift
- (4) Reazione di metanazione

Di seguito, in figura 1, sono riportati i principali step del processo di gassificazione e le relative reazioni:

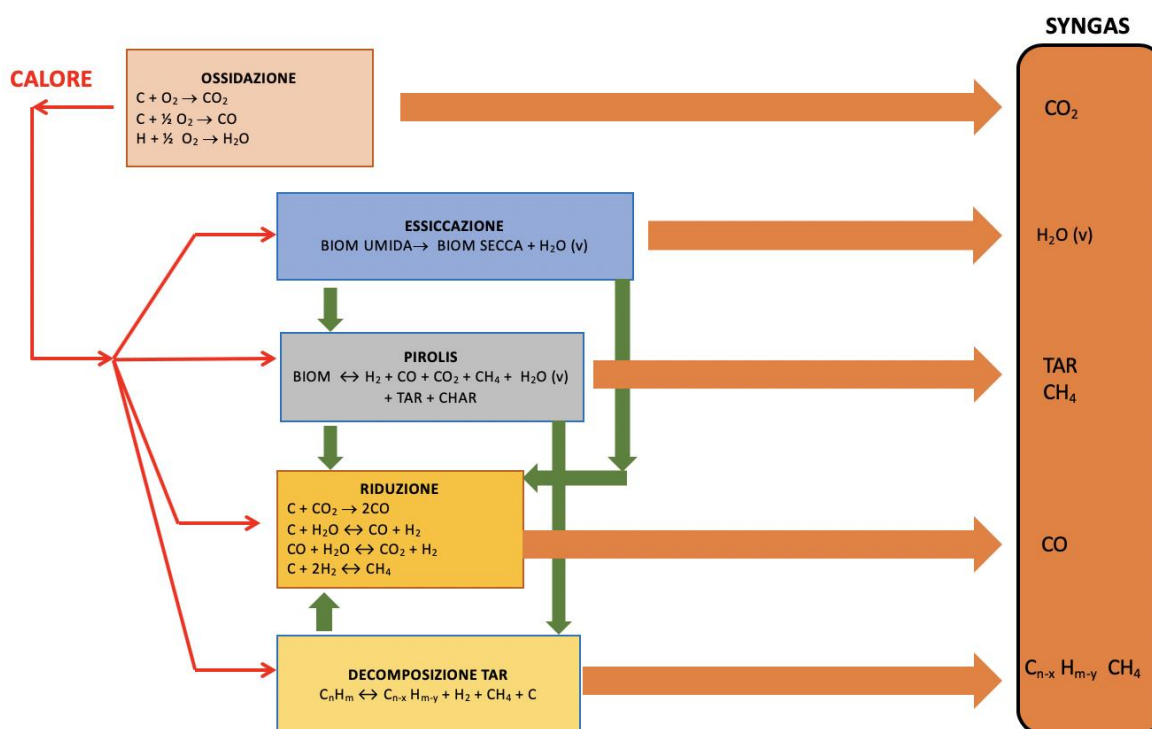


Figura 1 - Schema delle reazioni per ciascuno step del processo di gassificazione

2. PRINCIPALI TECNOLOGIE DI GASSIFICAZIONE

I reattori utilizzati su scala industriale differiscono essenzialmente per modalità di contatto tra la matrice alimentata e l'agente gassificante, la rapidità di trasferimento termico e il tempo di residenza della biomassa nella zona di reazione. Differenti soluzioni tecnologiche sono state implementate su scala industriale differenziandosi principalmente per la modalità di contatto della biomassa con l'agente gassificante che può essere equicorrente, controcorrente o a flussi incrociati. Per quanto attiene il trasferimento di calore, le principali differenziazioni impiantistiche sono dovute al trasferimento di calore, pertanto la combustione, esterno alla zona di reazione (reazioni endotermiche) o direttamente all'interno della zona di reazione. Infine, per quanto attiene il tempo di residenza, esso può

essere dell'ordine delle ore, nel caso di reattori a letto fisso o tamburi rotanti, fino a pochi minuti nel caso dei letti fluidi. I principali reattori utilizzati per i processi di gassificazione sono

2.1 REATTORI A LETTO TRASCINATO

Nei letti trascinati (Fig.2), l'alimentazione è composta da materiale fine nel range 0.1-1mm e l'agente gassificante viene alimentato in equicorrente rispetto alla matrice alimentata. Le temperature operative per questa tipologia di gassificatori è notevolmente elevata, tra i 1300°C e i 1500°C e alcuni esempi prodotti nel tempo hanno mostrato la possibilità di lavorare anche a pressioni fino a 30bar. Tale tipologia di gassificatore non ha avuto particolare fortuna su scala industriale anche in ragione degli elevati costi di pretrattamento dell'alimentato, nonché delle temperature molto elevate richieste

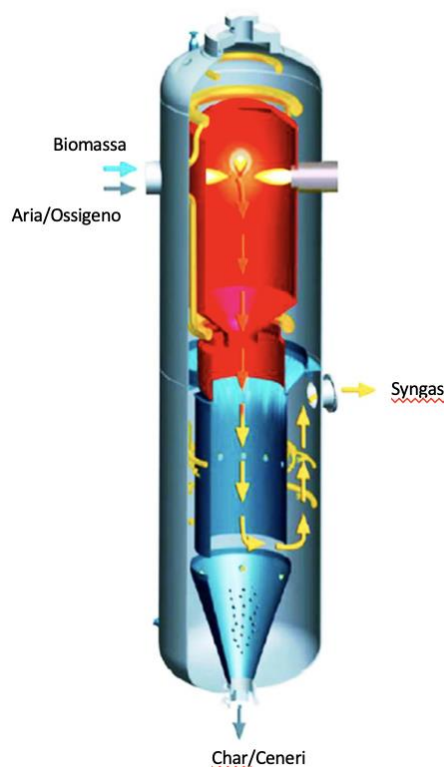


Figura 2 - Gassificatore a letto trascinato

2.2 REATTORI A LETTO FISSO

Rappresentano la soluzione impiantistica più semplice e pertanto maggiormente affidabili rispetto alle altre configurazioni, difatti, nel tempo sono le principali tipologie di gassificatori che hanno trovato spazio in ambito industriale. I principali gassificatori

a letto fisso sono di tipo updraft (Fig. 3a) e downdraft (Fig. 3b). Nei reattori updraft il combustibile si muove in controcorrente rispetto all'agente gassificante (solitamente aria) e il syngas si muove in direzione opposta alla biomassa uscendo pertanto nella stessa sezione di alimentazione, mentre nel downdraft sia il solido che il syngas si muovono in equicorrente.

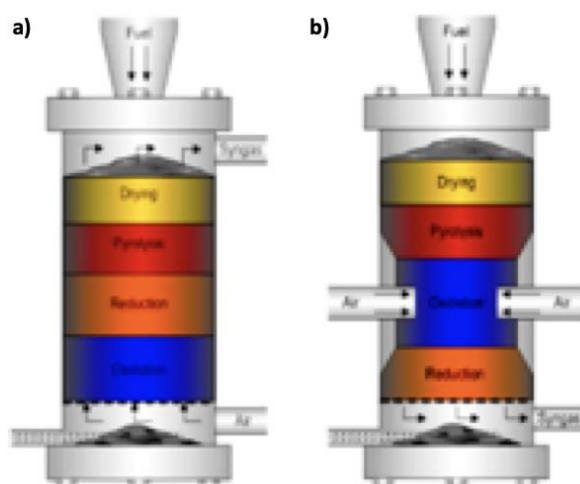


Figura 3a - Gassificatore updraft; Figura 3b - Gassificatore downdraft

2.3 REATTORI A LETTO FLUIDO

Il letto fluido bollente BFB (Fig. 4a) è composto da un letto di materiale granulare di sabbia posta in condizione di fluidizzazione nel quale, l'agente gassificante è alimentato dal fondo del reattore attraverso una griglia di distribuzione con una velocità tra 1 e 3m/s. In queste condizioni, il letto di inerte si comporta come un liquido che bolle continuamente garantendo così uniformi condizioni di scambio termico e di materia tra la fase solida e quella gassosa. Le varie fasi del processo di gassificazione avvengono all'interno del letto e vengono completate invece nella zona del freeboard superiore del gassificatore, dove

solo la fase gassosa è presente. Il letto fluido ricircolante (Fig. 4b) il letto fluido, composto da inerti e dalla biomassa, ricircola continuamente ad una velocità nel range 5-10m/s tra la sezione di gassificazione e la sezione di separazione del syngas dai solidi che ricircolano all'interno del sistema di reazione.

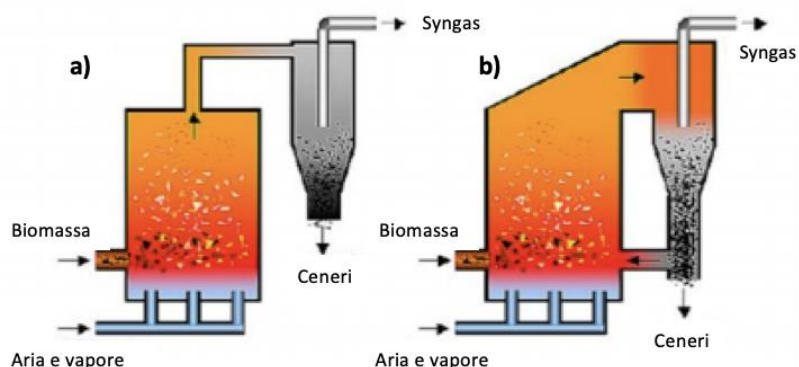


Figura 4a - Letto fluido bollente; Figura 4b - Letto fluido ricircolante

2.4 TAMBURRO ROTANTE - PIROGASSIFICATORE

Il tamburo rotante (Fig. 5) consta in un reattore cilindrico lievemente inclinato nel range 1-3% che ruota intorno al proprio asse esponendo continuamente il solido a contatto con la fase gassosa che si trova nella semicalotta superiore del cilindro. In tale configurazione, lo scambio di materia ed energia tra solido e gas non è molto efficiente, pertanto spesso vengono inserite delle barriere all'interno del cilindro in modo da migliorare il contatto solido-gas.

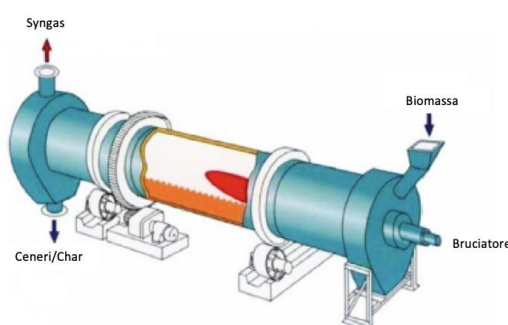


Figura 5 - Tamburo rotante – Pirogassificatore

La configurazione più utilizzata è quella controcorrente nella quale la matrice da gassificare e l'agente gassificante viaggiano tra loro controcorrente.

2.5 GASSIFICATORE AL PLASMA

Il plasma consiste in una corrente di gas ionizzato a temperature che possono arrivare fino a 10.000°C ottenuta da un arco elettrico. Il processo di gassificazione al plasma consiste in una degradazione in presenza di ossidante(aria/ossigeno/vapore) che produce gas di sintesi simile a quello ottenuto dai processi convenzionali di gassificazione, oppure, se condotta in assenza di ossidante, assume la caratteristica tipica di un gas di pirolisi.

Grazie alla completa distruzione della matrice organica da trattare, dovuta alle elevate temperature, il syngas prodotto è privo delle sostanze secondarie quali i tars, caratteristiche dei processi convenzionali (Fig. 6).

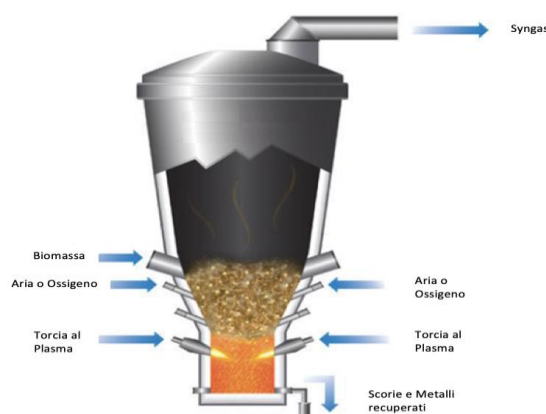


Figura 6 - Gassificatore al plasma

Di seguito, nelle Tabelle 1 e 2 sono sintetizzati i principali vantaggi e svantaggi delle tecnologie di gassificazione descritte:

Tabella 1 - Vantaggi e svantaggi dei Reattori a letto trascinato e a letto fisso

	Vantaggi	Svantaggi
Reattore a flusso trascinato	→ Flessibilità della matrice alimentata → Temperatura uniforme → Alta conversione di carbonio → Buona capacità di controllare i parametri di processo → Breve tempo di permanenza del reattore → Bassissima concentrazione di tar → Alta Temperatura nell'operazione di scorificazione (scorie vetrificate)	→ Elevati requisiti di ossidanti → Il recupero di calore dal syngas è necessario per migliorare l'efficienza → Richiede la riduzione delle dimensioni e della preparazione della matrice alimentata dell'ordine del millimetro → Breve durata o componenti di sistema, compreso il vessel refrattario del gassificatore → Elevato costo di impianto → Elevati costi di manutenzione
Fixed-bed "Updraft"	→ Elevata efficienza termica → Buon contatto tra il materiale solido e l'agente ossidante → Possibilità di gestire materiali di diverse dimensioni → Possibilità di gestire materiali elevata umidità → Ridotto trascinamento di polveri e ceneri → Costruzione semplice	→ Alto contenuto di tar nel syngas → Contenuto di energia nel tar > 20% → Bassa produzione di CO e H₂ → Richiede un successivo trattamento del cracking dei tar → Flessibilità limitata per carico e lavorazione (il materiale trattato deve avere proprietà omogenee) → Ridotte difficoltà di avviamento e controllo della temperatura → Installare griglie mobili per evitare il formarsi di percorsi preferenziali nel letto fisso
Fixed-bed "Downdraft"	→ Tecnologia robusta → Nessun problema di scale-up → Alta conversione di carbonio → Bassa produzione di tar → Limitato trascinamento di ceneri e polveri → Elevato tempo di residenza del solido → Costruzione semplice → Tecnologia affidabile	→ Bassa capacità specifica → Necessità di dimensioni uniformi in ingresso (pellet non superiore a 100 mm) → Formazione o scorie sinterizzate nella griglia → Richiesta di materiale con basso contenuto di umidità → Flessibilità di caricamento e lavorazione limitata (il materiale trattato deve avere le stesse caratteristiche) → Basso coefficiente di trasferimento del calore → Difficoltà nella partenza e controllo della temperatura

Tabella 2 - Vantaggi e svantaggi dei Reattori a letto fluido e del Tamburo rotante

Bubbling fluidized bed	→ Elevata miscelazione e contatto gas-solido¶ → Elevata conversione di carbonio¶ → Elevati carichi termici¶ → Buona temperatura di controllo (temperatura distribuita lungo il reattore)¶ → Possibilità di materiali con caratteristiche diverse¶ → Buona flessibilità per i carichi e per il processo¶ → Basso livello di tar nel syngas¶ → Semplice avvio, spegnimento e controllo¶ → Possibilità di uso dei catalizzatori, anche su larga scala (buona temperatura di controllo)¶ → Buona capacità di scale-up¶	→ Perdita di carbonio nelle ceneri¶ → Trascinamento di polveri e ceneri¶ → Pre-trattamento necessario con materiali eterogenei¶ → Restrizioni delle dimensioni delle matrici alimentate dell'ordine dei millimetri¶ → Alti costi di investimento e di manutenzione¶
Bubbling fluidized bed	→ Basso produzione di tar¶ → Alte conversioni¶ → Carico flessibile¶ → Ridotto tempo di residenza¶ → Buona capacità di scale-up¶	→ Basso carbonio nelle ceneri¶ → Riduzione dimensionale e preparazione (polverizzazione del materiale solido)¶ → Limitato contatto gas-solido¶ → Elevati costi di investimento¶
Rotary kiln	→ Bassa sensibilità ai cambiamenti nella composizione, umidità e dimensioni dell'alimentazione¶ → Flessibilità al massimo carico¶ → Alta conversione¶ → Semplicità di costruzione ed elevata affidabilità di operazione¶ → Ridotti costi di investimento¶	→ Significante difficoltà nella partenza e nel controllo della temperatura¶ → Consumo di refrattario piuttosto elevato¶ → Bassa capacità di scambio termico¶ → Alto contenuto di polveri e tar¶ → Bassa efficienza termica¶ → Limitata flessibilità del processo¶ → Elevati costi di manutenzione¶

3. SUBSTRATI IMPIEGATI

La Direttiva 2009/28/EC dell'Unione Europea definisce la biomassa come frazione biodegradabile di prodotti, rifiuti e residui di origine biologica proveniente dall'agricoltura, includendo sostanze vegetali e animali, derivanti anche da foreste e dalle relative industrie di trasformazione del legno, nonché dal mercato di lavorazione del pesce e dall'acquacoltura, così come la frazione biodegradabile industriale e municipale.

Nonostante ciò, per quanto attiene i trattamenti termici, tra cui la gassificazione, la qualità delle biomasse assume un ruolo cruciale che influenza sia la qualità del gas prodotto che la producibilità dell'impianto.

Per effettuare la valutazione della qualità delle biomasse destinate alla combustione è fondamentale valutare i seguenti parametri:

- contenuto in acqua delle biomasse raccolte: la biomassa destinata alla stazione di trasformazione deve essere il più possibile allo stato secco, in quanto una eccessiva concentrazione di acqua diminuisce il potere calorifico del combustibile e causa una diminuzione dell'efficienza di combustione. Di seguito si riporta l'andamento del potere calorifico inferiore al variare del contenuto di umidità, per le principali tipologie di biomasse lignocellulosiche:

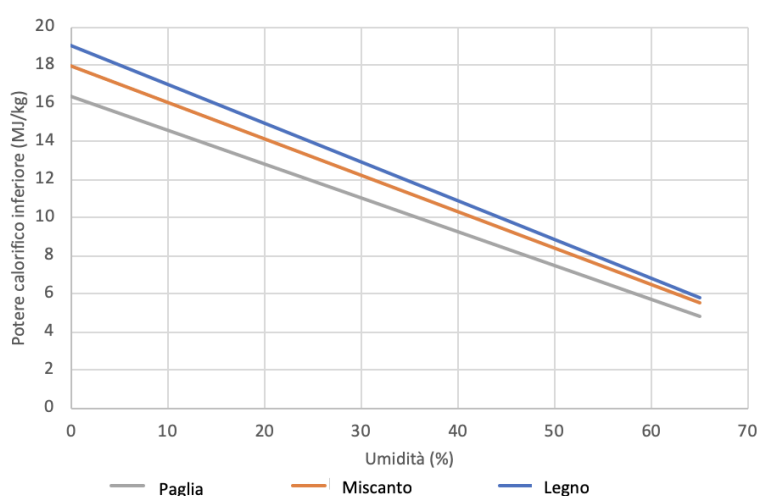


Figura 7 - Andamento del potere calorifico di alcune tipologie di biomasse in funzione del tenore di umidità

- concentrazione di elementi minerali (es. azoto, cloro, potassio e calcio): la combustione è influenzata dalla presenza di elementi minerali che provocano corrosioni all'impianto operativo e producono emissioni di NOx, SO2, HCl e diossina. Essi aumentano all'aumentare del contenuto minerale nella biomassa;

- contenuto in ceneri: un alto contenuto in ceneri diminuisce il potere calorifico, aumenta i costi di smaltimento delle ceneri e crea maggiori problemi legati alla possibile formazione di incrostazioni;
- analisi della frazione fibrosa: il potere calorifico è influenzato anche dal contenuto in ossigeno dei componenti della biomassa. Tra questi, la lignina, che contiene una minore concentrazione di ossigeno rispetto alla cellulosa ed emicellulosa, ha valori di potere calorifico più elevati rispetto agli altri due componenti. Ne consegue che maggiore è il contenuto di lignina e migliore è il potere calorifico della biomassa.

In definitiva, è possibile ritenere che le biomasse gassificabili non devono avere un tenore di umidità superiore al 40-50% e con un rapporto C/N superiore a 3.

Esempi di sostanze gassificabili sono mostrate in tabella 3

Tabella 3 - Principali tipologie di biomasse utilizzabili quale alimentazione nei processi di gassificazione

Settore	Tipologia
Forestale	Colture dedicate o mantenimento ordinario/straordinario delle foreste
Agricoltura	Lignocellulosiche
Industria	Residui agricoli Residui industriali
Rifiuti	Lignocellulosiche di potature del verde urbano Frazione organica dei rifiuti

Una frazione particolarmente adatta all'utilizzo come substrato per il processo di gassificazione è rappresentato dalle sostanze lignocellulosiche. Esse sono principalmente composte da cellulosa, emicellulosa, lignina. Cellulosa ed emicellulosa sono composti da saccaridi legati tra loro per formare lunghe catene polimeriche che costituiscono le fibre di tali biomasse. Nella tabella 4 sono mostrate le percentuali in peso di tali macro-costituenti e di cui sono costituite diverse tipologie di biomasse:

Tabella 4 - Macrocomposizione delle principali biomasse lignocellulosiche

Tipologia biomassa lignocellulosica	Cellulosa (%)	Emicellulosa (%)	Lignina (%)
Legno duro	42-48	27-38	16-25
Legno dolce	40-45	24-29	26-33
Canne/paglie	36-40	21-45	15-20

La tabella 4 mostra la composizione delle principali biomasse legnose. In tale direzione, è importante precisare che la conoscenza delle proprietà chimico-fisiche è fondamentale per un loro corretto utilizzo nei gassificatori e per la sostenibilità dell'intero processo di produzione.

Le principali norme tecniche sui biocombustibili solidi sono quelle della serie UNI ISO/TS 17225-8:2018

La norma determina la classificazione e le specifiche dei biocombustibili solidi densificati prodotti da biomassa trattata termicamente per utilizzo non industriale e industriale.

La norma si riferisce al pellet e a bricchette ottenuti dalle seguenti materie prime:

- bosco, piantagione e altro legno vergine
- prodotti e residui dell'industria di lavorazione del legno
- legno da recupero non trattato chimicamente
- biomasse erbacee
- biomassa derivante dalla frutta
- biomassa acquatica

4. DIFFUSIONE DELLA TECNOLOGIA DI GASSIFICAZIONE IN ITALIA: IMPIANTI CONNESSI ALLA RETE ELETTRICA

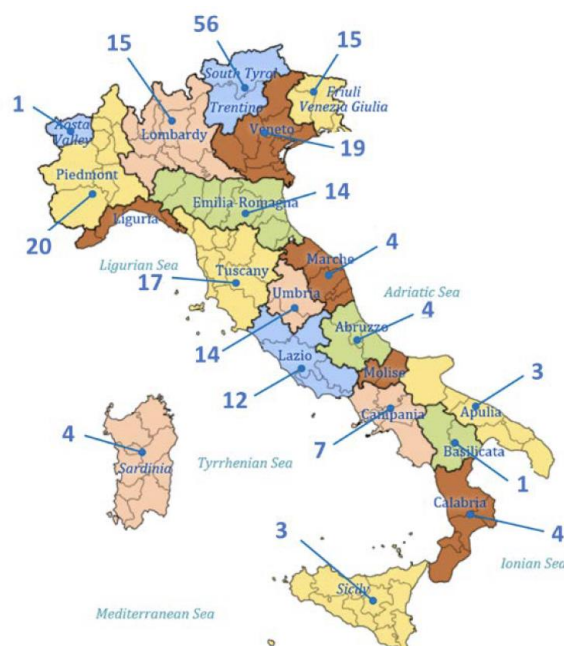


Figura 8 - Localizzazione degli impianti di gassificazione in Italia

Gli impianti di gassificazione presenti in Italia e connessi alla rete di distribuzione elettrica sono essenzialmente di tipo “a letto fisso”, in particolare downdraft. Il gas prodotto da questi impianti è solitamente utilizzato in motore a combustione interna per produzione di energia elettrica. La figura 3 mostra il numero e la localizzazione di tali impianti di gassificazione operanti in Italia. Dati GSE mostrano la presenza di 218 impianti installati al 2018 con una potenza massima di circa 43MWe (Fig. 8).

Per quanto attiene la taglia di impianto, la maggior parte di tali impianti non supera i 200kWe.

Di seguito, in Tabella 5 si riportano i principali installatori di impianti di gassificazione italiani e le relative unità installate:

Tabella 5 - Localizzazione e taglia dei gassificatori presenti in Italia e prodotte da aziende nazionali

Sito di installazione	Output (kW _{el} /kW _{th})	Azienda produttrice del gassificatore
Caserta	20/40	CMD S.p.A.
Caserta	20/40	
Caserta	20/40	
Verona	20/40	
Enna	20/40	
Parma	20/40	
Santo Stefano Belbo (CU)	98/220	ESPE S.R.L.
Incisa Scapaccino(AT)	196/440	
Messina	49/110	
Lunano (PU)	98/220	
Belluno (BL)	98/220	
Gubbio (PG)	98/220	
Peveragno (CN)	98/220	
Roma	98/220	
Cogne (AO)	49/110	
Piacenza	49/110	
Ravenna	98/220	
Perugia	49/110	
Padova	98/220	
Lucca	49/110	
Pesaro	98/220	
Mantova	49/110	
Vicenza	196/440	
Cuneo	196/440	
San Cosmo Albanese (CS)	50/75	RESET srl
Strangolagalli (FR)	50/75	
Rieti	100/150	
Terni	50/75	
Cerreto di Spoleto (PG)	50/75	
Sassoferrato (AN)	100/150	
Tirano (SO)	150/270	LEGNOENERGIA
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	

Sito di installazione	Output (kW _{el} /kW _{th})	Azienda produttrice del gassificatore
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Tirano (SO)	150/270	
Zanè (VI)	20/0	RONDA ENGINEERING SRL
Breganze (VI)	999/1320	
Val di Vizze (BZ)	999/1320	
San Biagio di Callalta (TV)	150/307	PIROGASS

Tutti gli impianti di produttori italiani e installati in Italia sono alimentati prevalentemente da cippato di legna e/o scarti agroindustriale di biomasse lignocellulosiche. Inoltre, tutti gli impianti sono di tipo a letto fisso downdraft tranne nel caso della Ronda engineering che produce un pirogassificatore a riscaldamento indiretto.

5. PERFORMANCES E COSTI

Di seguito sono riportati i costi medi di impianto e di esercizio, nonché le rispettive performance delle unità di gassificazione attualmente installate in Italia, principalmente a tecnologia downdraft per gassificatori di taglia fino a 1 MW_{el}.

I costi di seguito riferiscono ad una filiera completa che tiene anche in considerazione degli eventuali costi di produzione della biomassa, che nel caso di scarti provenienti dalla stessa azienda vanno ridotti in misura dipendente dalla tipologia e pretrattamento necessario per l'alimentazione al gassificatore:

**Tabella 6 - Costi e performance degli impianti di gassificazione downdraft
alimentato ad aria con motore a combustione interna in assetto cogenerativo
(incluse le opere civili di predisposizione sito e pratiche autorizzative)**

Costi di Impianto (M€/MWel)	7
Costi di esercizio (M€/ MWel*anno)	0.1
Costo materia prima (M€/MWel*anno)	0.7
Costo manutenzione full-service (M€/ MWel*anno)	0.3
Producibilità elettrica (kWhel/kg)	1.1
Producibilità termica (kWhth/kg)	2.0

Attualmente non esistono in Italia taglie superiori tali da poterne stimare i costi. I costi di impianto di riferiscono incluse le opere edili, strutture di ricovero, opere elettriche e pratiche autorizzative. Il costo di esercizio si riferisce al ricorso della manodopera stimata in 2 unità lavoro per anno e consiste nel cambio olio e filtri per il motore, revisione generale della testata a 12.000h di funzionamento e sostituzione della stessa a 24.000h.

Per quanto attiene il gassificatore, è prevista la pulizia e manutenzione dei vari organi e componenti. Il costo di manutenzione full-service è stimabile in 0.02 €/kWhel prodotto. Per quanto riguarda i costi di esercizio tengono in considerazione anche i costi relativi al gasolio di supporto ai motori.

Le performance riferiscono alla principale tipologia impiantistica di tipo downdraft in abbinamento ad un motore a combustione interna in assetto cogenerativo utilizzando aria quale agente gassificante.

6. POTENZIALE E OSTACOLI

Il principale potenziale delle tecnologie di gassificazione è legato all'utilizzo dei gas di sintesi in diversi dispositivi per la produzione di energia elettrica e calore attraverso l'utilizzo non solo di motori a combustione interna come attualmente avviene nella stragrande maggioranza dei gassificatori installati ma anche attraverso utilizzo di facilities a più elevata efficienza quali le turbine a gas e le celle a combustibile, principalmente ad ossidi solidi. Per impianti di elevate produttività di syngas anche cicli a vapore sono utilizzabili nonostante è bene sottolineare che a livello nazionale la stragrande maggioranza degli impianti di gassificazione installati hanno potenze termiche inferiori a 1MWth e pertanto riferibili a impianti dedicati alla valorizzazione di scarti locali e non a distribuzioni centralizzate di grandi tagli come avvenuti in altri paesi europei. Per quanto riguarda invece i substrati utilizzati, la principale criticità è connessa con un elevato contenuto di ceneri come avviene nel caso delle paglie che causano forti problemi di sporco e abrasione delle parti meccaniche in particolare agli organi in movimentazione. Tale criticità le rende praticamente inutilizzabili.

Una delle principali criticità connesse con il processo di gassificazione è rappresentato dalla presenza dei catrami o tars che hanno come svantaggio la loro condensazione alle temperature inferiori a 300°C. La presenza di queste sostanze possono inficiare il corretto funzionamento delle utilities quali i motori a combustione interna provocando fenomeni di sporco fino alla camera di combustione. Altri gas indesiderabili spesso presenti nel syngas e dipendenti dalla loro caratteristica chimico-fisica è rappresentata dall'acido solfidrico (H₂S) e dall'acido cloridrico (HCl) o da gas inerti quali l'azoto (N₂).

I gassificatori che producono maggiore quantitativo di tar sono i letti fissi updraft e questo è connesso col fatto che il gas di sintesi esce nella sezione alta di gassificazione dove la temperatura è molto bassa mentre nel caso del gassificatore dowdraft, che poi è quello

che risulta maggiormente in uso in ambito commerciale, il gas di sintesi, prima di uscire dal gassificatore passa attraverso la sezione di combustione dove sussistono elevate temperatura, consentendo pertanto una migliore riforma dei tar generati nella sezione di pirolisi. Allo stesso modo, livelli più bassi di tar si incontrano anche nei letti fluidi e nei plasmi in ragione di un migliore trasferimento di materia e calore tra gas e solido.

7. RIFERIMENTI E APPROFONDIMENTI

UNI ISO/TS 17225-8:2018 Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile - Parte 8: Definizione delle classi di biomasse combustibili trattate termicamente e densificate

https://atla.gse.it/atlaimpianti/project/Atlaimpianti_Internet.html

<http://task33.ieabioenergy.com>

<https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/shell>



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**