

1 La biomassa come fonte energetica alternativa

1.1 Introduzione

A seguito della Conferenza di Kyoto appare evidente che il ricorso all'uso sempre più diffuso delle fonti di energia rinnovabili si impone come scelta decisiva per la riduzione e il contenimento dei cosiddetti gas ad effetto serra (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆).

D'altra parte, la domanda di energia è destinata a crescere nei prossimi anni a causa del ritmo di sviluppo dei Paesi Emergenti e per l'aumento della popolazione mondiale.

Il problema non è solo la reperibilità delle risorse energetiche, ma anche gli effetti sull'ambiente di un loro uso incontrollato. Gli interventi tesi alla diffusione delle fonti di energia di tipo rinnovabile, appaiono una scelta obbligata per i Paesi ad economia avanzata come pure per i Paesi Emergenti.

L'Italia, nell'ambito della decisione del Consiglio dei Ministri dell'ambiente dell'UE del 17 giugno 1998, si è impegnata a ridurre del 6,5% le proprie emissioni di gas serra rispetto al 1990, corrispondenti ad una riduzione di oltre 100 milioni di tonnellate equivalenti di CO₂.

1.2 Sviluppo sostenibile

La Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo definisce sostenibile "uno sviluppo che risponda alle necessità del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze".

Il concetto di sviluppo sostenibile si concentra sul migliorare la qualità della vita per tutti i cittadini senza incrementare l'uso delle risorse naturali oltre la capacità che l'ambiente ha di fornirle.

Nel contesto energetico l'uso sempre maggiore e massiccio di combustibili fossili ha creato molti problemi sociali e ambientali. Sviluppo energetico sostenibile a livello ambientale significa incrementare il risparmio energetico, promuovendo lo sfruttamento delle energie rinnovabili di pari passo con lo sviluppo di tecnologie di conversione più efficienti.

Le energie rinnovabili sono quelle fonti energetiche che si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui le si usano, ed hanno un impatto ambientale minore rispetto le tecnologie tradizionali.

1.3 Fonti energetiche alternative: le biomasse

Da più parti l'interesse è rivolto verso le biomasse e, più in generale, verso le fonti rinnovabili di energia, perché il loro impiego è accompagnato da benefici sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista sociale e ambientale.

L'interesse dell'Italia verso lo sfruttamento delle biomasse è legato a diversi motivi:

- produzione energetica fortemente deficitaria: l'Italia importa oltre l'80% del suo fabbisogno energetico primario, di cui circa il 15% come energia elettrica;
- presenza di sottoprodotti e residui agricoli, agro-industriali e forestali, stimati in circa 24 milioni di tonnellate di sostanza secca per anno, da smaltire in maniera ecologicamente corretta;
- eccedenza di superficie agricola destinata a coltivazioni alimentari, da utilizzare per coltivazioni energetiche e/o industriali;
- terreni agricoli abbandonati, pari a circa 3 milioni di ettari, con alto rischio di desertificazione e di dissesto idrogeologico, su cui si dovrebbe procedere con una intensa politica di riforestazione;
- necessità di intervento di manutenzione e riconversione del patrimonio forestale, - spopolamento di aree montane.

La sostenibilità e la rinnovabilità delle biomasse è legata a una grande velocità di rigenerazione che le rende praticamente inesauribili, a patto però di gestirle in maniera appropriata e corretta, cioè sostenibile.

Affermare però che le biomasse siano fonti rinnovabili a nullo impatto ambientale è una grossa forzatura, quel che è certo è che le emissioni di inquinanti sono al di sotto dei valori registrati nel caso delle tradizionali fonti di energia fossile, e inoltre sembrano avere un ruolo fondamentale nella riduzione delle emissioni in atmosfera di zolfo e di anidride carbonica; infatti le biomasse sono definite fonti energetiche a bilancio nullo di CO₂, in quanto la quantità di CO₂ rilasciata in atmosfera durante la decomposizione è uguale a quella che viene assorbita durante la crescita della biomassa stessa.

Altro aspetto importante è quello energetico, infatti il contenuto energetico delle biomasse può facilmente ed efficacemente essere convertito in calore ovvero all'interno di combustibili ad alto potere energetico.

A fronte di questi vantaggi, però, questi combustibili presentano problemi di ordine economico e tecnologico, dovuti alle loro specifiche proprietà (elevata umidità, basso

potere calorifico, etc.), e, ad oggi, non è ancora ottimizzato il loro sfruttamento nei bruciatori esistenti. E' necessario, quindi, migliorare la comprensione dei complessi fenomeni cui sono soggetti questi combustibili durante i diversi stadi che contraddistinguono il processo di combustione.

1.4 Conversione energetica delle biomasse

L'utilizzo a fini energetici delle biomasse può essere vantaggioso quando queste si presentano concentrate nello spazio e disponibili con sufficiente continuità nell'arco dell'anno, mentre un'eccessiva dispersione sul territorio ed una troppo concentrata stagionalità dei raccolti rendono più difficili ed onerosi la raccolta, il trasporto e lo stoccaggio.

La produzione di energia attraverso l'uso di biomasse è comunemente detta "biopower". Le tecnologie del biopower convertono i combustibili rinnovabili della biomassa in calore ed elettricità, utilizzando apparecchiature analoghe a quelle usate tradizionalmente con i combustibili fossili.

I processi di conversione possono suddividersi in biochimici e termochimici.

I primi permettono di ottenere energia per reazione chimica, dovuta al contributo di enzimi, funghi e microrganismi, che si formano nella biomassa sotto particolari condizioni.

Questi processi sono adatti per quelle biomasse in cui sia il rapporto $C/N < 30 \leq N*C$ e l'umidità alla raccolta superiore al 30%. Risultano, allora, idonei a questa tipologia di processo le colture acquatiche, alcuni sottoprodotti colturali, i reflui zootecnici e anche la biomassa eterogenea immagazzinata nelle discariche controllate.

I processi di conversione termochimica sono basati, invece, sull'azione del calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia e sono utilizzabili per i prodotti ed i residui cellulosici e legnosi in cui il rapporto C/N abbia valori superiori a 30 ed il contenuto d'umidità non superi il 30%. Le biomasse più adatte a subire questi processi sono la legna, i suoi derivati, i più comuni sottoprodotti colturali di tipo lignocellulosico e gli scarti agricoli.

Le alternative più valide per l'utilizzazione energetica delle biomasse, tenuto conto del grado di maturità e dell'effettiva applicabilità delle relative tecnologie, sono praticamente le seguenti:

- cofiring;
- la combustione diretta, utilizzata per il riscaldamento domestico, civile (teleriscaldamento) e industriale o per la generazione di vapore di processo;
- la gasificazione;
- la pirolisi;

- la trasformazione in combustibili liquidi di particolari biomasse coltivate ad hoc per produrre biodiesel.

1.4.1 Il cofiring

L'uso delle biomasse, in questo caso, è solo parziale. Infatti, al fine di ottimizzare gli impianti a carbone, è possibile utilizzare tale risorsa come combustibile complementare al carbone stesso. Questa soluzione è certamente tra le soluzioni più economiche fra quelle possibili con tale fonte rinnovabile.

Il cofiring consiste nella sostituzione di una porzione di carbone con biomassa, da utilizzare nella stessa caldaia dell'impianto preesistente. La biomassa va sminuzzata per creare un mix ottimale con il carbone, che brutalmente può essere percentualizzato in circa 5% di combustibile naturale e 95% di combustibile fossile. Lo scopo è quello, evidentemente, di massimizzare l'uso della biomassa (attualmente fino al 15% del totale) e parallelamente il rendimento d'impianto. La miscelazione può avvenire sia prima che il combustibile venga introdotto in caldaia, sia utilizzando alimentazioni separate.

Questa soluzione permette soprattutto una benefica e sostanziale riduzione dell'emissione di biossido di zolfo, presente nei tradizionali impianti.

1.4.2 La combustione diretta

La combustione è una reazione chimica di ossidazione di un combustibile con un comburente (aria od ossigeno) che avviene con alta velocità e forte sviluppo di energia termica. Il valore della temperatura che si ottiene dipende dal potere calorifico del combustibile, dal tipo di comburente usato e dal rapporto combustibile/comburente.

Per avere una combustione completa, e quindi lo sfruttamento totale dell'energia chimica disponibile, si opera con eccesso di comburente; l'aumento oltre un certo limite non è opportuno, perchè provoca una diminuzione della temperatura massima ottenibile.

1.4.3 La gasificazione

La gasificazione è la conversione di combustibili liquidi o solidi in prodotti gassosi utili sia come combustibili che come materia prima per diversi processi chimici (ossido di carbonio, anidride carbonica, metano, idrogeno e miscele come il syngas) eseguita per reazione con aria, ossigeno, vapore o loro miscele. Benché nel processo di gasificazione venga consumata parte dell'energia termica posseduta dal combustibile originario, l'operazione risulta conveniente in quanto la combustione con combustibili gassosi risulta più facilmente regolabile e controllabile, non porta a formazioni di ceneri e permette il raggiungimento di temperature più elevate per la possibilità di ridurre l'eccesso di aria necessario per la combustione completa e di realizzare preriscaldamenti più completi ed efficienti.

La gasificazione consiste nell'ossidazione incompleta di una sostanza in ambiente ad elevata temperatura (900/1000°C) per la produzione di un gas combustibile (detto gas di gasogeno o syngas).

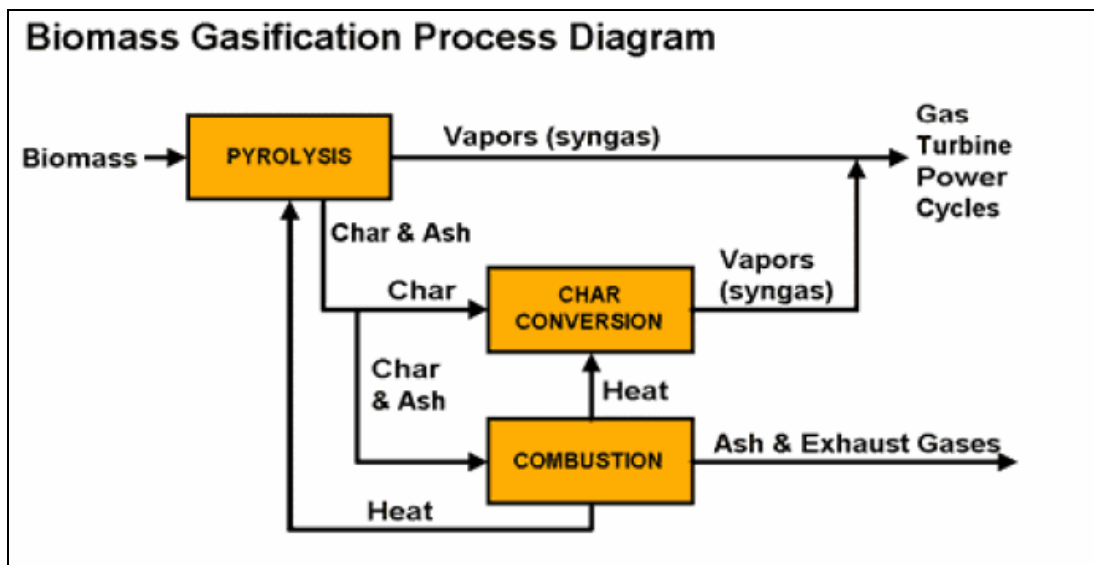


Fig.1.1 Schema di un processo di gasificazione della biomassa

Il processo, mostrato in figura 1.1, nel complesso è formato da tre fasi: una prima fortemente esotermica di combustione, una seconda di pirolisi ed infine la riduzione del carbonio (gasificazione propriamente detta).

Le principali reazioni che avvengono durante la gasificazione sono:



$C+H_2O_{(g)}\rightarrow CO+H_2$	reforming del carbone
$C+CO_2\rightarrow 2CO$	reazione di Boudouard
$C+2H_2\rightarrow CH_4$	metanazione
$CO+H_2O_{(g)}\rightarrow CO_2+H_2$	Water Shift Gas Reaction

Il prodotto ottenuto dipende dal tipo di agente utilizzato:

- l'uso di aria produce un gas a basso potere calorifico (5,5-7,5 MJ/Nm³) che può essere utilizzato in caldaie o motori;
- sostituendo l'aria con l'ossigeno si ottiene invece una miscela a base di CO e H₂, indicata con il termine inglese syngas, che può essere usata come combustibile (PCI=11 MJ/Nm³) o come base per la produzione di prodotti chimici;
- la gasificazione con vapore, generalmente indicata come reforming, produce un gas ricco di H₂ ed è un processo fortemente endotermico.

La gasificazione si differenzia dalla combustione diretta, termine con cui si indica un rapido processo di ossidazione ad alta temperatura per ottenere calore, principalmente per il minor rapporto aria/combustibile (sottostechiometrico) che impedisce un'ossidazione completa del combustibile di partenza.

I principi della gasificazione sono noti fin dalla fine del XVIII secolo e le prime applicazioni commerciali di cui si ha notizia risalgono al 1830. L'applicazione della biomassa ha fatto la sua comparsa durante la seconda guerra mondiale a causa della scarsità dei combustibili fossili e l'interesse che ha suscitato negli anni successivi è stato soggetto ad alti e bassi legati all'andamento del prezzo del petrolio.

La crisi petrolifera degli anni '70 del secolo scorso ha rinnovato l'attenzione in impianti ad alta efficienza e basso impatto ambientale, ma presenta ancora notevoli difficoltà pratiche dovute a:

1. scelta del tipo di biomassa da utilizzare;
2. difficile controllo della dinamica della reazione all'interno del gasificatore;
3. presenza di contaminanti, tra cui idrocarburi a catena lunga (tar) che possono condensare quando il gas viene raffreddato, causando notevoli danni alle parti meccaniche degli impianti.

1.4.4 Pirolisi

Le sostanze organiche con basso tasso di umidità (intorno al 20%) e alto contenuto di carbonio (C/N maggiore di 30) possono essere sottoposte ad un processo di pirolisi.

Per pirolisi si intende la degradazione termica della materia organica in completa assenza o in difetto di ossigeno.

Le temperature di lavoro sono relativamente basse. I tre prodotti principali che si ottengono sono:

- Prodotti gassosi (H_2O , CO_2 , H_2 , CO , CH_4 , C_2H_6 , CH_2O ,...), che possono essere condensabili o meno a temperatura ambiente;
- Tar, frazione oleosa liquida costituita generalmente da sostanze come idrocarburi pesanti;
- Char, un residuo solido poroso, ricco di materiale carbonioso, con basse frazioni di idrogeno e ossigeno, contenente tutti gli eteroatomi presenti nel combustibile di partenza.

La sostanza solida carbonizzata può essere usata come un carburante o come carbone attivato.

Il gas generato è ricco di idrocarburi e ha un elevato valore calorifero per soddisfare il fabbisogno energetico totale di un impianto di pirolisi di biomassa.

Sono stati sviluppati numerosi schemi per la descrizione della pirolisi, che tengono conto della complessità delle reazioni che hanno realmente luogo.

In particolare, il tar non è un prodotto finale nei processi di combustione reale e, generalmente, subisce reazioni secondarie dovute all'intimo contatto tra i volatili leggeri che si liberano e attraversano come bolle lo strato di composti idrocarburici liquefatti.

Nel corso del trasporto dei volatili all'interno della struttura porosa, se il tar impedisce il flusso o se i pori sono effettivamente chiusi, l'incremento di pressione interna può essere tale da provocare la frammentazione della particella solida, riducendone le dimensioni e incrementando la superficie disponibile per la reazione.

Le proporzioni relative dei prodotti dipendono fortemente dalle condizioni di reazione (veloce, lenta, convenzionale) e dal tipo di biomassa utilizzata, la sorgente principale di materiale organico è il legno.

Pirolisi lenta: basse temperature e lunghi tempi di residenza favoriscono la produzione di char.

Pirolisi veloce ad alta temperatura: oltre 700°C e tempi brevi aumentano la produzione di gas (una miscela di H₂, CO e CO₂).

Pirolisi veloce a bassa temperatura: fino a 700°C e tempi brevi (1 secondo) costituiscono le condizioni ottime per la produzione di liquidi.

Pirolisi convenzionale: temperature moderate e tempi medi, permettono di ottenere un'eguale quantità di liquido, solidi e gas.

Oggi il metodo che suscita maggior interesse è la pirolisi veloce per la produzione di liquidi.

L'olio pirolitico è ricco di carbonio, è una miscela di idrocarburi contenente ossigeno, in un rapporto considerevole, cenere, zolfo e azoto in piccolissime quantità e ha potere calorifico di 27,15 MJ/kg.

La valutazione di tale olio come combustibile è dato dai seguenti usi:

- può essere utilizzato direttamente o in miscela con altri oli combustibili;
- una buona caratteristica, come combustibile, è data dal basso contenuto di zolfo;
- può essere utilizzato come materiale grezzo in processi frazionati per ottenere combustibile.

Dalla sua distillazione sono ottenuti gasolio, biodiesel o alternativi prodotti frazionari agli oli combustibili. Queste frazioni possono essere usate direttamente o in miscele con altri combustibili convenzionali.

1.5 Stato dell'arte

Ad oggi, le biomasse soddisfano il 15% circa degli usi energetici primari nel mondo, con 55 milioni di TJ/anno (1.230 Mtep/anno).

L'utilizzo di tale fonte mostra, però, un forte grado di disomogeneità fra i vari Paesi.

I Paesi in Via di Sviluppo, nel complesso, ricavano mediamente il 38% della propria energia dalle biomasse, con 48 milioni di TJ/anno (1074 Mtep/anno), ma in molti di essi tale risorsa soddisfa fino al 90% del fabbisogno energetico totale, mediante la combustione di legno, paglia e rifiuti animali.

Nei Paesi Industrializzati, invece, le biomasse contribuiscono appena per il 3% agli usi energetici primari con 7 milioni di TJ/anno (156 Mtep/anno). In particolare, gli USA ricavano il 3,2% della propria energia dalle biomasse, equivalente a 3,2 milioni di TJ/anno (70 Mtep/anno); l'Europa, complessivamente, il 3,5%, corrispondenti a circa 40 Mtep/anno, con punte del 18% in Finlandia, 17% in Svezia, 13% in Austria, l'Italia, con il 2% del proprio fabbisogno coperto dalle biomasse, è al di sotto della media europea.

L'impiego delle biomasse in Europa soddisfa, dunque, una quota piuttosto marginale dei consumi di energia primaria, ma il reale potenziale energetico di tale fonte non è ancora pienamente sfruttato.

All'avanguardia, nello sfruttamento delle biomasse come fonte energetica, sono i Paesi del centro-nord Europa, che hanno installato grossi impianti di cogenerazione e teleriscaldamento alimentati a biomasse. La Francia, che ha la più vasta superficie agricola in Europa, punta molto anche sulla produzione di biodiesel ed etanolo, per il cui impiego come combustibile ha adottato una politica di completa defiscalizzazione. La Gran Bretagna invece, ha sviluppato una produzione trascurabile di biocombustibili, ritenuti allo stato attuale antieconomici, e si è dedicata in particolare allo sviluppo di un vasto ed efficiente sistema di recupero del biogas dalle discariche, sia per usi termici che elettrici.

La Svezia e l'Austria, che contano su una lunga tradizione di utilizzo della legna da ardere, hanno continuato ad incrementare tale impiego sia per riscaldamento che per teleriscaldamento, dando grande impulso alle piantagioni di bosco ceduo (salice, pioppo) che hanno rese 3÷4 volte superiori alla media come fornitura di materia prima.

Nel quadro europeo dell'utilizzo energetico delle biomasse, l'Italia si pone in una condizione di scarso sviluppo, nonostante l'elevato potenziale di cui dispone, che come esposto nel proseguo risulta non inferiore ai 27 Mtep.

Purtroppo, dato il modo in cui è utilizzata la biomassa più diffusa (la legna da ardere), si verifica un progressivo impoverimento della risorsa. Infatti, nonostante alcuni felici tentativi di migliorare l'efficienza di questa fonte energetica, la situazione complessiva nei paesi in via di sviluppo, e in particolare in quelli più poveri dove le biomasse coprono il 90% circa del consumo globale di energia, non è migliorata significativamente rispetto a 10 o anche a 100 anni fa e anzi, la tendenza alla deforestazione è proseguita inesorabilmente, specie nelle regioni semiaride e montagnose.

Il problema principale è pertanto rappresentato dalla necessità di aumentare l'efficienza energetica dei processi e delle attrezzature nonché di razionalizzare la raccolta in modo da contenere la domanda. Inoltre, l'aumento della popolazione ha portato alla trasformazione di vaste zone boschive in aree agricole, riducendo la base territoriale dedicata alla produzione di legname e carbone vegetale, che vengono consumati soprattutto per la cottura dei cibi, con tecnologie spesso arcaiche e rese energetiche bassissime.

1.6 Apparecchiature

Le principali categorie di reattori per la gasificazione della biomassa sono:

- reattori a letto fisso;
- reattori a letto fluido;
- reattori a flusso trascinato.

1.6.1 Reattori a letto fisso

Un reattore a letto fisso è generalmente una colonna verticale che riceve la carica dall'alto o lateralmente ad una certa altezza.

L'apparecchiatura può essere classificata, in base ai flussi di aria e biomassa, come:

- Flusso in controcorrente (updraft);
- Flusso in equicorrente (downdraft).

Nei primi il gas fluisce in direzione opposta a quella di alimentazione della biomassa, infatti, poiché l'aria comburente viene introdotta dal basso, si viene a creare una corrente ascensionale che spinge i gas, prodotti dalle reazioni combustibile/comburente, verso l'alto.

La biomassa, sottoposta prima ad un essiccamento e poi a pirolisi nella parte superiore del reattore, nella sua caduta passa successivamente nella zona di riduzione e poi in quella di gasificazione, con un profilo termico che varia dai 200°C ai 1000°C. Il valore massimo è raggiunto nella zona di ossidazione, area in cui avvengono circa il 70% delle reazioni.

Con la seconda soluzione tecnica, invece, il gas fluisce nella stessa direzione di alimentazione del combustibile, che viene immesso sempre in testa al reattore. Questo tipo di reattore, avendo una strozzatura nel punto di immissione del comburente, provoca un aumento di velocità del flusso gassoso e nello stesso tempo un'azione di spinta sui gas verso la zona inferiore, immediatamente sopra la griglia, dove si deposita il carbone, che si arroventa per effetto delle reazioni esotermiche di combustione. Questo calore, poi, si diffonde per moti convettivi nella parte alta, dando luogo prima all'essiccamento e poi alla pirolisi. Con questa metodologia tutti i prodotti della volatilizzazione e della pirolisi del combustibile sono obbligati, prima di uscire, a passare prima nella zona di combustione e poi in quella di riduzione,

ottenendo in condizioni ottimali la loro distruzione, a differenza di prima dove i gas escono ricchi di composti volatili e di acqua, che non condensano.

Infine, nel caso poco diffuso di flusso trasverso, l'immissione del comburente e il moto del gas sono perpendicolari alla direzione d'immissione della biomassa, che avviene sempre dall'alto.

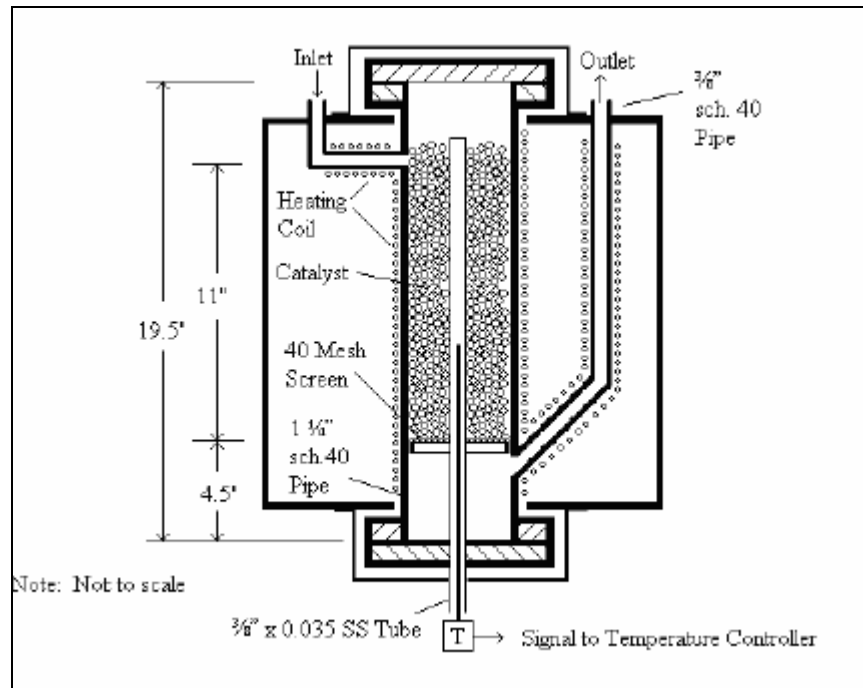


Fig.1.2 Reattore a letto fisso

1.6.2 Reattore a letto fluido

Un tipico reattore (fig.1.3) a letto fluido consiste in un largo recipiente rivestito di refrattario.

Il mezzo fluidizzante che può essere sabbia, polvere di carbone (char) o ceneri, come materiale inerte, è sostenuto nel fondo del reattore da una piastra perforata (ma anche tubi forati).

La temperatura d'ignizione viene raggiunta attraverso la combustione di un liquido o di un gas e l'invio dei fumi all'interno del reattore e, solo a questo punto, si ha l'immissione della biomassa insieme all'aria comburente, il quale brucia parzialmente per rifornire il calore di processo.

Data l'omogenea distribuzione della temperatura non si ha una ripartizione in zone di reazione all'interno dell'impianto, ma queste avvengono gradualmente in ogni particella, a mano a mano che il calore si diffonde dalla superficie esterna al cuore.

Il maggior vantaggio di questa soluzione impiantistica è quello di poter controllare la facilmente la temperatura tramite il rapporto aria/combustibile, la quale viene mantenuta intorno ai 900°C. Di contro si ha, però, una maggiore difficoltà costruttiva e una più elevata complessità d'esercizio, che comporta più controlli.

Il reticolo della griglia della piastra perforata assicura una uniforme distribuzione del mezzo di fluidizzazione. La velocità dell'aria o dell'ossigeno attraverso le aperture della piastra deve essere progettata per mantenere la sabbia in sospensione.

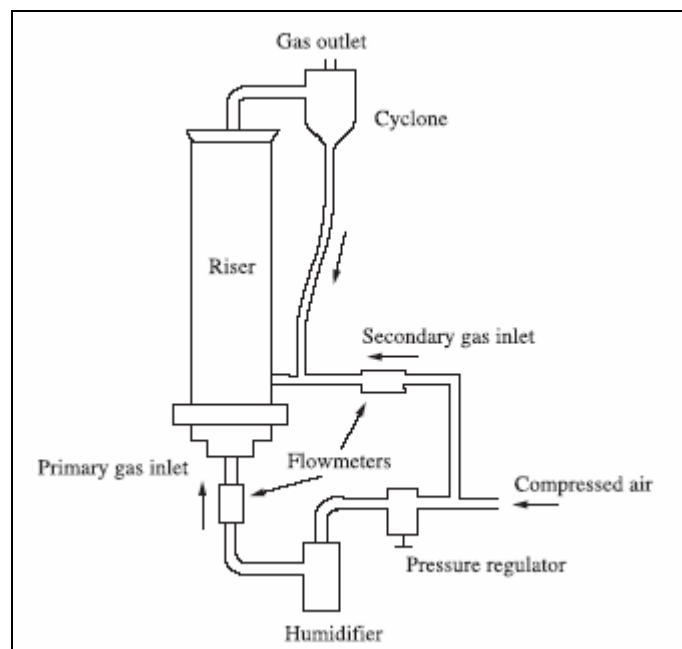


Fig.1.3 Reattore a letto fluido

L'impiego di reattori a letto fluido su scala di laboratorio è legato alla possibilità di studiare le caratteristiche della pirolisi e della combustione dal punto di vista della resa e della dipendenza dai parametri operativi, piuttosto che concentrare l'attenzione solo sulla cinetica dei processi. Nella descrizione di queste apparecchiature rientrano quindi le problematiche legate al trasporto di materia e di calore che sono riscontrabili anche nei letti fluidizzati su larga scala, utilizzati ampiamente in ambito industriale. Inoltre vengono sperimentate nei reattori a letto fluidizzato le strategie di rimozione degli inquinanti: ad esempio, per ridurre le emissioni di composti solforati, si introduce nel letto della calce con produzione di

gesso, mentre per l'abbattimento degli ossidi di azoto, si ricorre ad un getto di ammoniacca.

Una prima suddivisione dei gasificatori a letto fluido riguarda l'ambiente di reazione, che può essere sotto pressione oppure atmosferico.

Pressurized Fluidized Bed (PFB), che permettono di raggiungere una più elevata densità di potenza ma richiedono una progettazione più complessa, a causa delle elevate sollecitazioni termomeccaniche alle quali il letto è sottoposto, ed alle maggiori difficoltà per l'alimentazione e per la rimozione delle ceneri.

Un'altra suddivisione che si può fare è sulla base della velocità del flusso gassoso attraverso il letto solido, che caratterizza il regime di contatto tra il gas e le particelle. In particolare, all'aumentare della velocità, si possono distinguere le seguenti tipologie di reattori a letto fluidizzato:

Bubbling Fluidized Bed (BFB), a letto bollente, in cui entrambe le fasi sono presenti all'interno del letto, ma sopra di esso esiste una regione di sola fase gassosa.

Circulating Fluidized Bed (CFB), a letto circolante, che opera in regime di fluidizzazione veloce senza una netta distinzione tra le fasi.

In tabella 1.1 sono riportati le velocità superficiali di fluidizzazione:

Tab.1.1 Velocità superficiali di fluidizzazione

	A pressione atmosferica	In pressione
bollente	1.5-2.7 m/s	1-1.2 m/s
circolante	3.7-7.3 m/s	3.7-4.3 m/s

Infine, un altro importante fattore di distinzione per i vari tipi di processo è l'agente gasificante, cioè il vettore utilizzato per fluidificare il letto. L'impiego dei diversi tipi di agenti gasificante ha influenza sui parametri di processo e sul prodotto di gasificazione.

Vengono, quindi, impiegati come agenti di gasificazione:

- Aria (PCI del gas "6000 KJ/Nm³" più basso per l'effetto di diluizione dell'azoto);
- Ossigeno (PCI del gas quasi doppio "11000 KJ/Nm³" con stesso dispositivo);
- Vapore (ulteriore aumento PCI ma anche aumento tenore di H₂).

Generalmente la gasificazione della biomassa viene condotta in reattori a letto fluido che utilizzano aria come agente di gassificazione, dando un prodotto a basso potere calorifico (circa 4-6 MJ/m³), con alto tenore in azoto.

1.6.3 Reattori a flusso trascinato

I reattori a flusso trascinato (Drop Tube Reactors, fig.1.4) sono usati come sistemi sperimentali su scala di laboratorio per lo studio dei combustibili alternativi, in quanto capaci di riprodurre le condizioni operative tipiche della larga scala e di fornire dati fondamentali per l'ottimizzazione dei parametri e delle proprietà da impiegare per l'ottimizzazione dei sistemi su larga scala con heating rate elevati (tra 6000 e 10000°C/s), tempi di permanenza inferiori al secondo, diametri delle particelle compresi tra 100 e 300 µm.

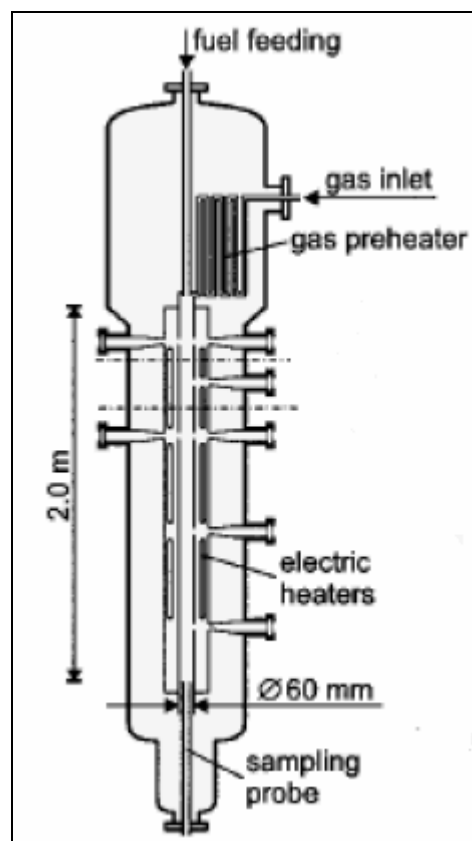


Fig.1.4 Reattore a flusso trascinato

Inoltre, nel corso di una stessa prova, le particelle processate seguono la stessa storia termica.

A fronte di queste qualità dell'apparecchiatura, è necessario sottolineare che le misure di conversione e di temperatura sono necessariamente indirette. Poiché le dimensioni delle particelle e la portata alimentata sono estremamente ridotte, generalmente si ricorre a un sistema di trasporto pneumatico per l'alimentazione di un flusso bifase gas primario/particelle di solido all'apparecchiatura.

L'introduzione vera e propria nel tubo di reazione avviene tramite un capillare di iniezione che consente un'alimentazione assiale, limitando la dispersione radiale delle particelle.

E' previsto un ingresso indipendente del gas secondario in modo da poter stabilire un ambiente di reazione ossidante o riducente in funzione del trattamento termico che si vuole effettuare. L'utilizzo di un collector probe consente di variare i tempi di permanenza delle particelle in base al posizionamento dello stesso collettore all'interno del reattore, e inoltre il raffreddamento ad acqua spegne la reazione allo stadio desiderato.

Dal fondo del DTR i residui del processo e i gas sono inviati a sistemi di separazione con ciclone, filtro e quindi ai rispettivi sistemi di analisi.

Il DTR è usato per determinare i parametri cinetici globali e di pirolisi dei combustibili solidi più vari (carbone, miscele di vari tipi di carbone, biofuel, coke da petrolio e biomasse), per confrontare le emissioni e le rese di combustione per gli stessi combustibili, per migliorare la comprensione dei meccanismi di evoluzione della struttura porosa e di formazione e deposizione delle ceneri nel corso del processo.