

energia!lab

il laboratorio per la gestione dell'energia

Scheda monografica di sintesi:
Produzione di energia da fonti rinnovabili

Rifiuti

A cura di:

lab ! lab

Via Mirasole 2/2 40124 Bologna (BO)

IL MONDO DEI RIFIUTI[1, 3, 4]

I rifiuti sono scarti, sono quello che rimane dalle attività dell'uomo; essi vengono prodotti in grandissime quantità e in diversi tipi. Si è calcolato che la mole di rifiuti che ciascuno di noi produce in un giorno è pari a circa 1,5 Kg.

Categorie di rifiuti

Innanzitutto possiamo distinguere tra rifiuti urbani e rifiuti speciali.

I rifiuti urbani sono quelli domestici e quelli provenienti dalle strade, dai parchi e dai giardini.

I rifiuti speciali sono tutti gli altri, quelli cioè provenienti dalle attività industriali, artigianali e commerciali, da macchinari fuori uso, ecc.

Si possono poi distinguere i rifiuti pericolosi dai non pericolosi, a seconda della presenza o meno di una o più sostanze ritenute nocive. I rifiuti pericolosi richiedono particolari trattamenti per essere eliminati, quelli contenenti sostanze chimiche si possono, ad esempio, distruggere negli inceneritori a temperature elevatissime.

Possiamo infine distinguere tra rifiuti organici e rifiuti inorganici.

Rifiuti organici sono quelli derivanti da esseri viventi, animali e vegetali, ad esempio i rifiuti di cucina, le foglie secche, lo sterco degli animali, ecc.

I rifiuti organici possono essere decomposti nel terreno mediante i decompositori, cioè piccoli animali, batteri e funghi che vivono nel terreno e si nutrono delle sostanze organiche disgregandole in molecole più semplici. I rifiuti organici sono detti per questo biodegradabili.

Normalmente i rifiuti organici sono trattati in impianti specializzati, attraverso un processo di triturazione, aerazione e maturazione, per produrre un materiale detto compost, che può essere utilizzato in agricoltura e nella vivaistica. In altri casi i rifiuti organici possono essere raccolti e sigillati in grandi digestori, ovvero in contenitori, all'interno dei quali l'assenza d'ossigeno permette la decomposizione per mezzo di batteri che producono biogas contenente metano, poi utilizzato per fornire energia.

Ma non tutto si trasforma naturalmente. Non si decompongono facilmente i rifiuti che non derivano da organismi viventi, cioè i rifiuti inorganici (minerali, plastica, vetro, metallo...).

I rifiuti vengono gestiti in modi diversi secondo le loro caratteristiche.

I sistemi di gestione integrata dei rifiuti con riferimento al cosiddetto "Decreto Ronchi" (D.Lgs. n. 22/1997 e successive modifiche ed integrazioni), che resta a tutt'oggi il punto di riferimento per gli operatori del settore, si articolano secondo quattro strategie operative:

- riduzione della quantità di rifiuti;
- riutilizzo dei prodotti;
- riciclaggio di materiali;
- recupero d'energia.

Sistemi integrati, quindi, che favoriscano la riduzione del ricorso alla discarica e allo smaltimento del rifiuto indifferenziato per gestire tutte le operazioni in sicurezza e con benefici economici ed ambientali.

Argomento della presente scheda monografica è il recupero di energia dai rifiuti tramite:

1. combustione del biogas prodotto in discarica con produzione di energia elettrica;
2. termovalorizzazione dei rifiuti con produzione di energia elettrica e di energia termica. In particolare, l'energia termica prodotta alimenta di solito una rete di teleriscaldamento per il riscaldamento di insediamenti civili ed industriali presenti nelle vicinanze del sito stesso.

Per temi quali raccolta differenziata, recupero e riciclaggio di materia dai rifiuti, ecc... si rimanda al sito web www.rifiutilab.it.

Biogas

Il caratteristico odore proveniente dalle discariche è frutto della produzione di "biogas", una sostanza generata all'interno della massa di rifiuti e composta in media da una percentuale equivalente di metano e biossido di carbonio, e da una presenza minima di acqua e composti solforati. Il biogas deriva infatti dal processo di fermentazione anaerobica (in assenza di ossigeno) delle sostanze organiche presenti nelle tonnellate di immondizia ammassate all'interno delle discariche. In caso di trasformazione anaerobica, ad essere generata è una miscela di gas il cui principale componente (in concentrazioni tra il 50 e il 75%) è il metano, a cui va aggiunta una produzione transitoria di idrogeno. Quando la decomposizione della materia avviene invece in presenza di ossigeno (aerobica), a svilupparsi è soprattutto il biossido di carbonio (o anidride carbonica). Anche dal punto di vista dell'infiammabilità, i due tipi di degradazione danno risultati sostanzialmente diversi: la fermentazione anaerobica produce una miscela di gas complessivamente combustibile, mentre quella aerobica produce una miscela inerte ai fini della combustione. Contrariamente ad altri fenomeni biologici, dove il prodotto del processo, già in piccole concentrazioni, può inibire il processo stesso, nella fermentazione anaerobica la presenza di biogas, anche in forti concentrazioni, non riduce sostanzialmente la sua produzione.

Responsabili di detta decomposizione anaerobica sono microrganismi, simili a quelli presenti nei digestori di fanghi provenienti dai depuratori, in grado di trasformare in metano parte delle sostanze organiche contenute nei rifiuti depositati. Per questi motivi diventa necessario intervenire per limitare la dispersione nell'atmosfera del biogas prodotto, sia per motivi di natura ambientale e di sicurezza, sia per un recupero energetico del metano contenuto nel biogas stesso.

Sono consolidate le esperienze in merito al recupero energetico del biogas tramite il quale viene prodotta energia elettrica da inviare nelle reti di distribuzione a media tensione.

TERMOVALORIZZAZIONE DEI RIFIUTI[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

La normativa recente (D.Lgs. 5.2.97, n. 22) ha sicuramente favorito il passaggio dal vecchio concetto degli inceneritori alla termovalorizzazione, ovvero alle tecniche di smaltimento che non solo riducono drasticamente il volume dei rifiuti da conferire in discarica, ma, soprattutto, realizzano un recupero energetico. Con il recupero energetico, i rifiuti solidi urbani, oltre ad acquisire un valore aggiunto notevole, possono essere catalogati tra le fonti di energia rinnovabile.

L'Italia ha la necessità di allinearsi alla media dei paesi dell'Unione Europea in merito all'utilizzo della termovalorizzazione dei rifiuti come valida forma di recupero alternativa alla discarica. Ciò significa arrivare almeno all'obiettivo del 20%, partendo dall'attuale 7% (quota di incenerimento con e senza recupero energetico).

I vantaggi principali legati alla termovalorizzazione sono essenzialmente:

1. i rifiuti pericolosi possono essere trasformati in non pericolosi grazie al processo di ossidazione;
2. l'incenerimento produce effluenti gassosi ad alta temperatura ed elevata entalpia utilizzabili nella generazione di energia, impiegando di solito vapore;
3. l'incenerimento, riducendo il volume dei rifiuti, alleggerisce il problema della sempre più ridotta disponibilità di aree per la discarica;

Gli impatti ambientali

L'incenerimento consiste essenzialmente in una ossidazione ad alta temperatura dei materiali combustibili, tale da trasformare il carbonio contenuto nei rifiuti in anidride carbonica, da fare evaporare l'acqua e da ossidare l'idrogeno presente nei legami chimici, che si trasforma in vapor d'acqua.

I gas emessi contengono, però, anche sostanze inquinanti le cui principali sono:

1. particolato solido o polveri,
2. gas acidi alogenati (HCl, HF),
3. ossidi di zolfo,
4. metalli pesanti,
5. ossidi di azoto,
6. microinquinanti organo-clorurati,
7. e monossido di carbonio

derivanti dalla combustione o presenti inizialmente nei rifiuti, che costituiscono la maggiore causa di impatto del processo di incenerimento. Vedremo in seguito alcune tecnologie impiantistiche utilizzate al fine di limitare il più possibile le emissioni inquinanti.

Il processo di incenerimento causa la formazione di residui solidi, quali:

1. le scorie pesanti formate dal rifiuto incombusto (materiali ferrosi, inerti e altro) raccolta a valle delle griglie di combustione. In particolare, il rottame ferroso contenuto nelle scorie può essere separato e condotto al recupero in metallurgia. Le scorie residue vengono sottoposte a vagliatura e separate in base alla granulometria e agli scopi di recupero (ad esempio in alcuni paesi sono riutilizzate come materiale per fondi stradali ed altri usi civili). Il residuo di vagliatura, superiore ad una certa dimensione viene mandato in discarica;
2. le ceneri volanti e polveri raccolte dall'impianto di depurazione dei fumi che devono essere conferiti in discarica controllata.

E' possibile la presenza di una frazione di scarichi liquidi, proveniente da un eventuale sistema di abbattimento a umido dei fumi, che deve essere trattata prima di essere inviata ai corpi ricettori.

In ogni caso, l'approfondimento scientifico e il miglioramento tecnologico hanno portato alla messa a punto di procedimenti avanzati di incenerimento in grado di garantire una adeguata protezione ambientale. La termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani è oggi una forma di recupero sicura e vantaggiosa in termini ambientali. Come tale essa viene considerata fondamentale nell'ambito delle strategie integrate di gestione dei rifiuti solidi urbani in tutti i paesi industrializzati. Il futuro ormai imminente della termovalorizzazione è nell'impiego di tecnologie innovative e con impatti ambientali sempre minori.

L'impianto di termovalorizzazione

Un impianto di termovalorizzazione è sostanzialmente costituito da un forno, da una camera di post-combustione, da una caldaia per il recupero del calore generato dalla combustione e da sistemi per l'abbattimento delle emissioni.

All'interno del forno la combustione avviene, a temperature superiori a 1000°C, in tre fasi: essiccamento del prodotto e precombustione, combustione delle sostanze volatili, combustione dei residui solidi e loro trasformazione in scorie.

La combustione attuata con queste caratteristiche consente già di per sé la distruzione delle sostanze tossiche sprigionatesi durante il processo, con una efficienza che è pari o superiore al 99,9%, fugando ogni possibile dubbio in tema di sicurezza per le popolazioni.

I fumi prodotti vengono trasferiti in una camera di post-combustione per completare i processi di combustione, condizione indispensabile a garantire l'assenza di composti organici nei fumi in uscita dall'impianto. Attraversata la camera di post-combustione si svolge la fase cruciale del ciclo energetico: i fumi entrano nella caldaia, dove cedono il proprio calore trasformando acqua in vapore. L'energia contenuta nel vapore può essere utilizzata come energia:

1. elettrica di cui una parte viene utilizzata per autoalimentare l'impianto (autoconsumi) mentre la rimanente viene immessa in rete ENEL;
2. termica utilizzata tramite una rete di teleriscaldamento.

All'uscita dalla caldaia i fumi raffreddati vengono immessi nel circuito dei diversi sistemi di depurazione che consentono l'abbattimento delle diverse tipologie di sostanze inquinanti. Dalla combustione dei rifiuti alla fine restano, come residui, scorie che rappresentano il 10-12% in volume ed il 15-20% in peso dei rifiuti stessi e ceneri pari al 5%.

Tipologie di forni utilizzate per il trattamento dei rifiuti

Nella combustione dei rifiuti trovano largo impiego i *forni a griglia* ed in particolare dei RU.

Molti di questi forni sono attivi nel mondo e la loro tecnologia si può considerare consolidata nonostante si tende a migliorarli dal punto di vista dei materiali, della fluidodinamica e dell'ottimizzazione della griglia. La potenzialità di questa unità può andare per ogni singolo forno, da qualche decina di tonnellate giorno ($40 \div 50$ t/d) ad $800 \div 1000$ t/d nel caso degli impianti di maggiore impegno.

La griglia, che può essere fissa o mobile, ospita un letto di rifiuti sottoposto poi al processo di combustione.

L'aria necessaria per la combustione viene iniettata parte sotto la griglia e parte sotto il letto, in modo da permettere il completamento della combustione.

In genere l'aria viene iniettata sottogriglia in quantitativi circa stechiometrici in relazione al quantitativo di rifiuto presente sul letto. L'aria sopra la griglia (detta anche aria secondaria) oltre a fornire eccesso d'aria necessaria per la combustione (60-80%) e assicurare una buona turbolenza, viene anche utilizzata per un controllo della temperatura.

In generale i forni a griglia fissa sono caratterizzati da una potenzialità molto piccola (dell'ordine di qualche t/d), e non vengono attualmente impiegati nel caso ad esempio di smaltimento di urbani anche ai limiti inferiori di potenzialità prima vista ($40 \div 50$ t/d).

Nei forni a griglia mobile, che sono i più impiegati, la griglia a contatto con il rifiuto è sottoposta a movimentazioni di vario tipo, a seconda della griglia, permettendo il rimescolamento del rifiuto, il suo contatto con l'aria comburente, e provocando anche l'avanzamento del rifiuto stesso verso la parte finale della griglia, dove avviene lo scarico del materiale non combusto (scorie).

In Fig. 1 è riportato uno schema tipico di forno a griglia.

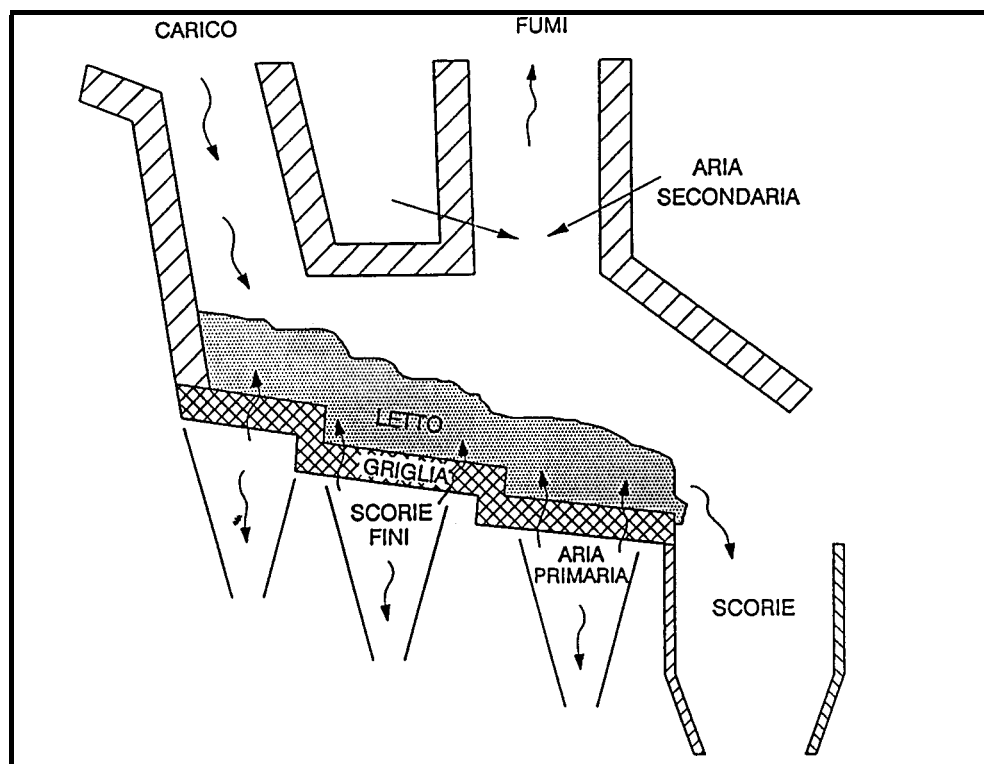


Fig. 1- Forno a griglia

Il rifiuto viene avviato al forno tramite una tramoggia di carico e quindi per mezzo di specifici sistemi di alimentazione viene spinto nella griglia, in modo da formare un letto.

In genere il letto di combustione è abbastanza spesso, dell'ordine di qualche decina di centimetri ed anche di più, in modo da mantenere caratteristiche di combustione medie abbastanza costanti anche in presenza di variabilità di rifiuti ed irregolarità di alimentazione.

In corrispondenza della prima parte della griglia (vicino all'alimentazione) si ha in genere l'essiccamento dei rifiuti con diminuzione della umidità presente. Le sostanze volatili che in questa zona si liberano, sono per gran parte costituite da umidità, ed il rilascio del calore è modesto, mentre il rifiuto essiccato passa nella parte successiva della griglia (griglia di combustione). In pratica si verificano fenomeni di combustione e gassificazione con composizione dei gas generati sopra il letto di combustione controllata dall'equilibrio del gas d'acqua.

Il tempo di residenza del rifiuto sulla griglia deve essere sufficiente a permettere la combustione e gassificazione della parte organica del rifiuto (in genere i tempi di residenza sono nell'intervallo 30÷60 minuti). La parte che giunge alla fine della griglia senza essere bruciata (o perché incombustibile o per altre ragioni), viene scaricata tramite un apposito sistema ed avviata agli opportuni trattamenti. Anche attraverso la griglia si ha passaggio di scorie fini che vengono raccolte da apposite tramogge e quindi in genere mescolate alle scorie pesanti.

Un parametro di grande interesse per una valutazione della griglia è costituito dal carico termico superficiale della griglia stessa, che deve essere idoneo ad assicurare elevata efficienza di combustione in relazione ai tempi di residenza ragionevoli. In pratica il carico termico della griglia rappresenta la quantità di combustibile che si può bruciare per unità di superficie della griglia e per unità di tempo. Si misura in genere

in kcal/m²h ed i suoi valori medi sono compresi nell'intervallo 400.000 - 800.000 kcal/m²h. Anche valori superiori possono comunque venire raggiunti.

La zona di combustione posta superiormente alla griglia (camera di combustione) deve essere in grado di assicurare per quanto possibile una completa ossidazione del materiale che si libera dal letto di combustione, che, come già detto, è composto da prodotti volatili di gassificazione (CO ed H₂), da prodotti di pirolisi quali idrocarburi leggeri, particolato a base anche organica che deve quindi essere ulteriormente decomposto. Tale camera deve fornire un buon mescolamento tra gas provenienti dal letto ed aria secondaria, e quindi è fondamentale garantire condizioni di turbolenza unite a disponibilità di ossigeno.

I sistemi di immissione dell'aria secondaria devono essere progettati opportunamente, in modo che i getti possano interessare tutta la regione di combustione senza creare zone fredde che possono portare allo spegnimento delle reazioni. I tempi di residenza dei gas ottimali sono compresi tra i 2 e i 5÷6 secondi.

La legislazione italiana attuale prevede che la camera di combustione debba essere seguita da una regione di post-combustione (per assicurare il completamento delle reazioni di ossidazione), e la introduzione di questo elemento può influenzare anche la scelta della configurazione della camera di combustione.

Il volume totale della camera è in genere tale da assicurare intensità volumetriche di combustione comprese tra 60.000÷70.000 e 150.000÷200.000 kcal/m³ h.

La configurazione della zona di combustione (griglia - camera di combustione) è fortemente dipendente dalle caratteristiche del materiale che deve essere termodistrutto ed in particolare dal potere calorifico e dalle caratteristiche di infiammabilità.

Un incremento del potere calorifico, come si è verificato in questi ultimi tempi ad esempio per i rifiuti urbani, può portare alla necessità di raffreddare le pareti in vicinanza della griglia, al fine di evitare fusione delle scorie e fenomeni di adesione delle stesse alle pareti. Questo raffreddamento può essere ottenuto con circolazione di acqua o di aria ed è comunque diventato una pratica abbastanza corrente nei moderni sistemi di incenerimento a griglia. Anche la configurazione della griglia ha subito variazioni in relazione al potere calorifico ed alla maggiore infiammabilità dei rifiuti. In generale le pendenze tendono ad essere limitate, ed anche la superficie della griglia viene ridimensionata a causa della maggiore facilità di combustione dei rifiuti.

Griglie che non tenessero conto di questo fatto tenderebbero infatti a rimanere scoperte venendo sottoposte ad un eccessivo deterioramento. Con opportune configurazioni della griglia e della camera di combustione è possibile bruciare in questi sistemi, con elevate efficienze, anche materiali diversi dagli RU tal quali, che rappresentano il tipico combustibile dei forni a griglia. E' ad esempio possibile trattare CDR e questa prospettiva può essere interessante in vista delle evoluzioni delle procedure di raccolta e smaltimento.

I *forni rotanti* concettualmente molto semplici, sono essenzialmente costituiti da un tamburo rotante dotato di opportuna inclinazione (in genere 1 ÷ 3 %) per favorire il movimento del materiale quando sono alimentati con solidi. La combustione del letto avviene direttamente a contatto con la parete del forno, in molti casi rivestita di materiale refrattario, mentre la carica del materiale avviene tramite opportune sezioni (testate di carico) poste in corrispondenza di una estremità del forno.

Lo scarico delle scorie e dei residui avviene all'estremità opposta rispetto alla testata di carico.

I forni rotanti sono tipici forni a suola, per cui il contatto tra combustibile formante il letto ed il comburente (aria di combustione) non è così efficace come per altri tipi di focolare (come ad esempio nei forni a griglia, dove viene insufflata aria attraverso il letto).

Tale contatto può essere incrementato mediante l'introduzione di strutture interne che intensifichino la movimentazione del letto ed il contatto combustibile comburente (come ad esempio palettature che trascinano il materiale verso l'alto e poi lo lasciano ricadere). In generale tuttavia, la combustione delle sostanze volatili che si generano nel processo non è completamente assicurata nel caso del forno rotante (a causa del non elevato mescolamento e dei tempi di residenza che in molti casi non appaiono del tutto sufficienti) per cui, specialmente quando questi sistemi vengono utilizzati per la combustione di rifiuti, appare necessaria l'addizione a valle del forno di strutture che permettono di raggiungere il completamente della combustione (camera post-combustione).

I forni rotanti possono operare in equicorrente ed in controcorrente a seconda che il flusso dei gas e del letto avvenga nella stessa direzione od in direzioni opposte.

Nella maggior parte dei casi, specie nel caso di utilizzo per l'incenerimento dei rifiuti, essi operano in equicorrente anche per evitare una più elevata estrazione di sostanze volatili che passerebbero allo scarico dalla parte di gas caldi.

Il tamburo rotante può assumere diverse configurazioni a seconda delle caratteristiche costruttive del cilindro. Può essere costruito da un semplice cilindro di acciaio senza rivestimento per alcune applicazioni, può avere le pareti a tubi d'acqua per produzione di vapore, può essere costruito con pareti a tubi d'acqua intervallati da spazi per il passaggio dell'aria (tipo O'Connor Westinghouse), oppure come avviene nella maggior parte dei casi, può avere le pareti rivestite in materiale refrattario.

In questo caso è da tenere presente che, per ragioni costruttive, il refrattario è posto direttamente a contatto con la parete metallica, senza interposizione di isolante, (infatti lo strato isolante potrebbe subire delle variazioni di configurazione che porterebbero al distacco del refrattario).

In conseguenza di ciò la temperatura del mantello metallico esterno può raggiungere valori dell'ordine dei 300°C (in genere è tra i 200 e i 300°C), con dispersioni di calore verso l'esterno non trascurabili. Questo fatto condiziona le dimensioni minime dei forni (diametro). Per evitare dispersioni all'esterno troppo elevate, che possono superare il 10% del bilancio termico globale, è opportuno che i diametri minimi dei forni non siano inferiori a 1,5÷2 metri. Per contro si possono realizzare forni aventi diametri del fasciame considerevoli, dell'ordine di 4,5÷5 m.

I parametri che debbono essere tenuti in considerazione per un dimensionamento di massima di questi focolari, sono l'intensità volumetrica di combustione ($\text{kcal/m}^3\text{h}$) ed anche l'intensità della combustione riferita alla sezione del forno ($\text{kcal/m}^2\text{h}$). Il primo parametro tiene conto del volume globale del forno e quindi anche della lunghezza, che è uno dei parametri che condiziona il tempo di residenza nel forno, e quindi è legata alla natura dei rifiuti, al tempo necessario alla loro combustione, ecc. Conviene osservare a questo proposito che il tempo di residenza nel tamburo è controllato oltre che dalla lunghezza (L), da altri parametri, quali il diametro del forno, l'inclinazione e il numero dei giri. Il secondo parametro considerato, e cioè il carico termico per unità di sezione, si può collegare alle massime sollecitazioni termiche locali. Nei forni attualmente in esercizio l'intensità volumetrica di combustione è in genere compresa tra 50.000÷100.000 e 150.000÷200.000 $\text{kcal/m}^3\text{h}$, mentre l'intensità superficiale è in genere nell'intervallo 500.000÷1.000.000 $\text{kcal/m}^2\text{h}$.

Per quanto riguarda il rapporto lunghezza/diametro, esso è in generale compreso nell'intervallo 2÷5 (in molti casi è dell'ordine di 3÷4), mentre il numero di giri N varia in generale tra 0,2 ed 1÷1,2 giri/ minuto. In relazione alle modalità operative c'è da osservare che questi forni operano con elevato eccesso d'aria, dell'ordine del 100÷150% ed anche maggiore, al fine di sopperire alle scarse caratteristiche di mescolamento anche in fase gassosa che lo contraddistinguono.

I forni rotanti possono anche operare in modo tale da consentire la fusione delle scorie; è ovvio che per questo fine siano appositamente progettati. Fenomeni di deformazione e fusione delle scorie cominciano a verificarsi attorno a temperature dell'ordine di 1.110÷1.200°C, per cui in genere un forno non specificamente realizzato per operare con fusione di scorie, deve esser mantenuto al di sotto di questi livelli di temperatura per evitare appunto quei fenomeni di fusione che un forno specifico non è in grado di sopportare. Un forno che opera con fusione scorie può raggiungere temperature dell'ordine di 1.400÷1.600°C.

In conclusione si può dire che il forno rotante costituisce un sistema di incenerimento (può tuttavia essere impiegato anche ad esempio come pirolizzatore) semplice ed affidabile, dotato di ampia elasticità che lo rende anche idoneo ad operare con differenti condizioni di alimentazione, che deve però essere opportunamente condotto. Sullo specifico rifiuto può fornire prestazioni inferiori a quelle di altri sistemi progettati per tali rifiuti, ma comunque l'impiego di sistemi ausiliari a valle del focolare (come la camera di post-combustione) permettono di ottenere prestazioni che sono senz'altro da ritenere globalmente soddisfacenti. Esistono forni rotanti che sono anche predisposti per operare in difetto d'aria. In tal caso si ottengono prodotti volatili (gas e vapori) derivanti da incompleta combustione e quindi parzialmente ossidati. Questi prodotti di incompleta ossidazione costituiscono ovviamente un combustibile e vengono in generale sottoposti al completamento della combustione immediatamente a valle del forno rotante. E' evidente che in questo caso ci si trova di fronte ad una sorta di processo di gassificazione condotto con aria ed a pressione atmosferica. Questo tipo di procedura non è molto diffusa in Europa ma trova una esemplificazione abbastanza ampia in altri paesi (ad esempio USA).

Il *forno a letto fluido*, del tipo bollente o ricircolante, è adatto in particolar modo per le frazioni dei RU a più elevato potere calorifico come CDR, residui plastici, ecc. Infatti il reattore a letto fluidizzato viene utilizzato ogni qual volta nel sistema avviene una reazione fortemente esotermica o nel caso in cui sia necessario mantenere le condizioni operative in un intervallo molto ristretto di temperatura. Il rapido mescolamento del solido consente operazioni quasi isoterme, facilmente e accuratamente controllate.

Il combustore a letto fluido è essenzialmente costituito da un cilindro verticale in cui il materiale da termodistruggere (ad esempio il rifiuto o il CDR) viene tenuto in sospensione (fluidificato) da una corrente d'aria inviata attraverso una griglia posta alla base del cilindro stesso. In molti casi il cilindro contiene un inerte che si mescola al materiale da bruciare all'atto dell'alimentazione, in modo da favorire i processi di scambio termico, fornire sufficiente inerzia termica al sistema, regolarizzare il processo. Un tipico inerte è costituito da sabbia. L'aria assolve alla duplice funzione di partecipare alla combustione e, fatto più specifico, di sollevare la massa di sabbia che sovrasta la griglia. La camera di combustione è costituita proprio dal letto di sabbia in stato fluido e la carica del materiale, entrando in questa zona, subisce rapidamente quei processi di disidratazione e di combustione tipici del processo, grazie anche all'elevata superficie di scambio.

Un parametro fondamentale del funzionamento del letto fluido è costituito dalla velocità superficiale dell'aria (velocità di fluidizzazione), che è data dal rapporto tra la portata volumetrica dell'aria, nelle condizioni di pressione e temperatura del sistema e di tubo vuoto, e la sezione trasversale del letto stesso. Le caratteristiche della fluidizzazione dipendono dalle dimensioni delle particelle e dalla velocità del fluido. Solitamente in letteratura le particelle sono classificate in quattro gruppi (A, B, C, D) in base alle dimensioni medie dei solidi (da 50 a 600 μm , da 40 a 900 μm , da 20 a 180 μm e da 400 ad oltre 1000 μm rispettivamente) e alla differenza di densità tra solidi e fluido, che è quasi sempre aria (Geldart, 1973). In un diagramma in scala logaritmica, che ha in ascissa la velocità superficiale e in ordinata le perdite di carico, all'aumentare della velocità si hanno i seguenti regimi di moto:

1. inizialmente il letto è fisso e le perdite di carico aumentano a causa dell'attrito; tale aumento è calcolabile per i gruppi A, B e D con la correlazione di Carman-Kozeny per letti fissi;
2. un ulteriore aumento della velocità superficiale comporta un aumento delle perdite di carico, finché queste eguagliano il peso del letto diviso la sezione trasversale del letto: tale velocità è nota come velocità di minima fluidizzazione (U_{mf});
3. incrementando la velocità superficiale nel letto si cominciano a formare delle bolle: tale velocità è nota come velocità di minima di *bubbling* (U_{mb}); per i gruppi B e D, U_{mf} e U_{mb} sono pressochè uguali, per il gruppo A, $U_{mf} < U_{mb}$, il gruppo C mostra una tendenza alla coesione;
4. al regime di *bubbling* segue prima un regime turbolento e poi uno di *fast-fluidization*, in cui si ha trascinamento di particelle solide (*entrainment*) e trasporto pneumatico di una fase diluita, che porta alla scomparsa del letto, in quanto tutte le particelle solide vengono convogliate fuori dal letto.

Il combustore a letto fluido ha una notevole diffusione ad esempio nel campo petrolchimico (cracking catalitico), nella combustione del carbone, nella termodistruzione di residui di lavorazione di vario tipo, ecc. In questi ultimi anni il letto fluido è stato anche impiegato per lo smaltimento di rifiuti e specificamente di RDF, anche se esistono alcune applicazioni su RSU tal quale; anche specifici rifiuti industriali possono essere trattati con questa tecnologia.

I *forni a camera statica* sono costituiti da camere di combustione, generalmente cilindriche, dotate di bruciatori e lance per l'immissione di combustibili liquidi o gassosi; nell'ambito dello smaltimento dei rifiuti sono impiegati per la termodistruzione di reflui liquidi e sfiati gassosi.

Si segnalano infine gli impianti di termovalorizzazione di CDR (Combustibile derivato da rifiuti). La tecnica di produzione del CDR, per esempio, viene adottata in alternativa alla termodistruzione del RSU (indifferenziato), oppure negli impianti di selezione e compostaggio (con la combustione della frazione secca), in alternativa al recupero della carta e della plastica. Questa tecnica è utilizzata per ottenere il miglior rendimento energetico, in quanto il CDR è il combustibile con il potere calorifico più alto tra i rifiuti.

Dopo un apposito trattamento (separazione, purificazione e triturazione) dalla frazione secca può essere ricavato CDR, il combustibile da rifiuti solidi urbani, dotato di un migliore potere calorifico.

Questi impianti, non ancora presenti sul territorio nazionale se non in qualche caso di sperimentazione, sono tecnologicamente diversi dagli impianti tradizionali proprio a causa della tipologia di rifiuto che sono destinati ad incenerire.

Trattamento degli effluenti gassosi

Al fine di accrescere il consenso sociale sull'applicazione della tecnologia del trattamento termico dei rifiuti con recupero energetico, le società di ingegneria del settore hanno profuso sforzi e risorse per la ricerca di soluzioni tecnologiche mirate a contenere e ridurre al massimo la possibile presenza di contaminanti pericolosi e tossici (es. diossine) negli effluenti degli impianti di incenerimento dei rifiuti.

Nell'ottica del raggiungimento dell'obiettivo "inquinamento zero", una nuova tecnologia di depurazione dei fumi di combustione in fase liquida, denominata "*Slurry Wet Scrubbing*" (SWS), è stata messa a punto e brevettata dalla Snamprogetti. Essa permette di contattare i fumi con una sospensione acquosa omogenea (*slurry*) di adsorbenti solidi (carboni attivi, plastiche, resine, gomme) idonei ad adsorbire, all'interno della propria struttura porosa, gli inquinanti contenuti nei fumi di combustione che vengono pertanto eliminati dalla fase gassosa.

La tecnologia SWS può essere inserita nei processi di depurazione dei fumi di combustione senza modificare in maniera sostanziale le attuali configurazioni impiantistiche. Essa consente di realizzare in un'unica unità di processo la rimozione contemporanea dei microinquinanti organici (es. diossine), dei microinquinanti inorganici (es. mercurio) e dei gas acidi (es. acido cloridrico, acido fluoridrico, anidride solforosa).

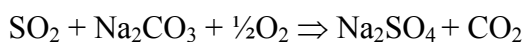
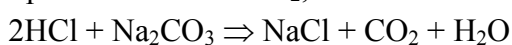
Inoltre, la Snamprogetti, in collaborazione con Haldor Topsoe, ha messo a punto un procedimento denominato "DeNO_x a bassa temperatura" in grado di ottenere per via catalitica e a basse temperature (< 210 °C), la degradazione simultanea di diossine e ossidi di azoto (NO_x).

I vantaggi del processo di trattamento catalitico a bassa temperatura, nei confronti dei sistemi DeNO_x convenzionali che operano a temperature di reazione intorno ai 300 °C, sono la semplificazione della linea di processo, non è infatti necessaria l'installazione di uno scambiatore di calore con conseguenti risparmi sull'investimento; il risparmio energetico, non è necessario bruciare un combustibile ausiliario per riscaldare i gas da trattare; la riduzione dell'impatto ambientale, viene evitata l'emissione di CO₂ connessa alla combustione di fuel ausiliario.

La combinazione delle nuove tecnologie di depurazione dei fumi di combustione, il procedimento "DeNO_x a Bassa Temperatura" e la tecnologia "*Slurry Wet Scrubbing*", permette di centrare l'obiettivo "Inquinamento Zero" a costi solo di poco superiori rispetto alle tecnologie attuali.

Una tecnologia alternativa ma efficace nel trattamento degli effluenti gassosi è la tecnologia NEUTREC® brevettato dalla *Solvay*. Esso è un processo a secco, utilizzato in 70 siti industriali in Europa e 40 in Italia, che usa il bicarbonato di sodio per abbattere le componenti acide dei fumi degli inceneritori e degli impianti industriali. Infatti la polvere di bicarbonato di sodio e di carboni attivi reagendo con i prodotti inquinanti presenti nei fumi depura i fumi stessi.

I prodotti derivanti dalla reazione tra il bicarbonato di sodio e gli inquinanti acidi, tipicamente HCl e SO₂, avviene secondo le seguenti reazioni:



I prodotti sodici residui, cloruro e solfato di sodio, costituiscono dei prodotti recuperabili, che vengono trattati per il loro recupero e valorizzati nella produzione, completando l'ecobilancio del processo e consentendo un risparmio delle risorse naturali.

I carboni attivi consentono l'abbattimento dei microinquinanti organici e di alcuni metalli pesanti, principalmente il mercurio consentendone la riduzione drastica nei fumi immessi in atmosfera.

Lo schema tipico di impianto prevede un reattore in cui vengono immessi il bicarbonato di sodio ed i carboni attivi, un filtro a maniche dove vengono separati e raccolti i prodotti di reazione denominati comunemente "Prodotti sodici residui" ed i relativi sistemi di stoccaggio.

Fattori condizionanti il recupero energetico

L'entità del recupero energetico in un termovalorizzatore di rifiuti è condizionata sostanzialmente dai seguenti parametri:

1. PCI dei rifiuti, infatti all'aumentare del contenuto energetico dei rifiuti, cresce ovviamente l'entità del recupero energetico possibile;
2. potenzialità dell'impianto, al crescere della taglia migliora il rendimento energetico (indicativamente passando da una potenzialità di 2 linee da 6 t/h ciascuna a 2 linee da 14 t/h ciascuna, si ha un incremento del recupero dell'ordine del 10÷12%);
3. tipologia del recupero energetico, infatti la produzione combinata di energia termica ed elettrica permette un incremento del rendimento energetico complessivo dell'impianto, che può aumentare di circa 3 volte rispetto alla sola produzione di energia elettrica;
4. ciclo del vapore, infatti l'aumento delle caratteristiche entalpiche del vapore – pressione e temperatura – che entra in turbina consente un incremento della produzione di energia elettrica per kg di rifiuto incenerito.

Il Recupero energetico in Italia (anno 1999) [6]

Per dare un'idea del recupero energetico italiano dal punto di vista quantitativo, viene di seguito riportata una tabella (Tab.1), in cui sono riassunti i dati più indicativi del 1999 in Italia e un grafico (Fig. 2) sui recuperi energetici degli impianti di termoutilizzazione RU anno 1999.

Tab. 1 Stato dell'arte degli impianti di termoutilizzazione RU in Italia nel 1999	
Parametro	Parco nazionale impianti
Capacità (t/a)	4.602.420
Capacità impianti operativi (t/a)	2.608.510
Quantità trattate nel 1999 (t/a)	2.168.828
Numero di impianti	62+1*
Numero di impianti operativi	39+1*
Recupero energia elettrica (MWh _e /a)	649.494
Recupero energia termica (MWh _t /a)	931.684

*=impianto per rifiuti ospedalieri

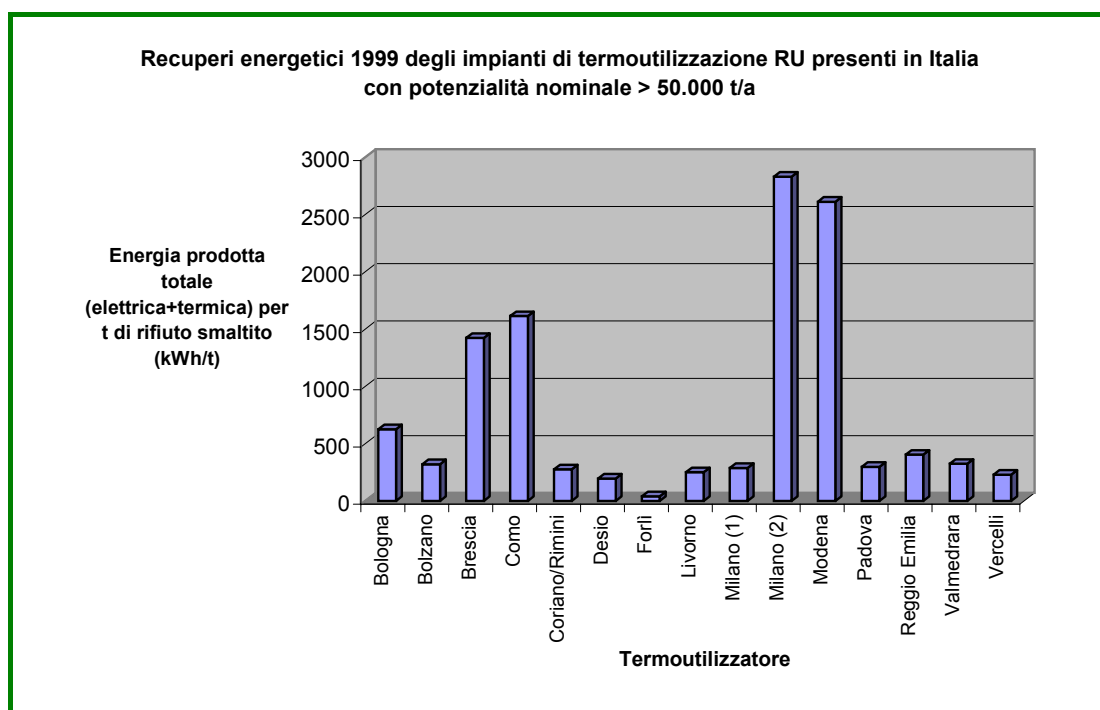


Fig. 2 - Grafico recuperi energetici degli impianti di termoutilizzazione RU anno 1999 [6]

Lo stato funzionale degli impianti è composto per il 63,5% da impianti funzionanti, per il 25,4% da impianti in fase di costruzione, collaudo e progettazione e per il restante 11% da impianti inattivi. Circa il 71% di essi adotta un forno a griglia mobile, mentre quelli più vecchi costruiti prima del 1985 adottano un forno a tamburo rotante. Le regioni *leaders* nel campo della termocombustione risultano la Lombardia e l'Emilia-Romagna, mentre le regioni più efficienti, vale a dire utilizzano gli impianti in base alle capacità, sono la Lombardia, la Toscana, il Trentino, il Veneto e l'Emilia-Romagna.

Prendendo come parametro il rapporto energia ottenuta/rifiuti trattati, è stato possibile risalire alla quantità di energia recuperata da una tonnellata di RU ed effettuare dei confronti: il recupero di energia elettrica è in continuo incremento e si è stimato un recupero di 0,30 Mwh_e per tonnellata di rifiuto mentre si è stimato un recupero di energia termica pari a 1,01 Mwh_t per tonnellata di rifiuto.

Infine si è constatato che le emissioni inquinanti come CO, polveri totali, NO_x e SO₂ rientrano ampiamente nei limiti normativi imposti a livello nazionale e comunitario.

Il 30% degli impianti operativi, per dimostrare alla collettività quanto stia a cuore il rispetto dell'ambiente, considerato una risorsa comune da difendere e preservare, si è imposto il rispetto di un limite di 0,1 ng/m³, che in base al D.M. 503/97 dovrebbe essere rispettato solo dagli impianti la cui autorizzazione alla costruzione è successiva all'entrata in vigore del suddetto decreto. Ciò significa che esiste una diffusa sensibilità ambientale anche negli addetti ai lavori e che è possibile operare lo smaltimento dei rifiuti nel rispetto della salute pubblica.

TECNOLOGIA DI GASSIFICAZIONE DELLA TORCIA AL PLASMA[3]

La gestione integrata dei rifiuti solidi urbani, assimilati ed industriali, si presenta come la più corretta metodologia per il loro smaltimento ed il recupero di materia ed energia che ben si armonizza con la necessità, sempre più sentita da parte degli amministratori pubblici e degli operatori del settore, di ridurre al minimo, e se possibile eliminare, le influenze sull'ambiente indotte dalle attività umane.

Dalla raccolta dei rifiuti in forme diverse (differenziata, non differenziata, porta a porta o collettiva, ecc.), al recupero di materia ed energia, la gestione integrata utilizza diverse tecnologie ormai da tempo adottate sia in Italia che negli altri paesi avanzati: compostaggio, raccolta differenziata di plastiche, carta e vetro, recupero energetico del residuo indifferenziato mediante incenerimento con tecniche basate sulla combustione. Gli impianti di recupero di materia ed energia dai rifiuti sono per lo più basati sul processo di gassificazione e vetrificazione di materiali organici e inorganici (costituenti i rifiuti) mediante la tecnologia della Torcia al Plasma.

Questo tipo di tecnologia è stata sviluppata, in collaborazione con la Westinghouse Plasma Corp., dalla statunitense Solena Corp. (ex Global Plasma System Corp.) in seguito alle ricerche effettuate presso la NASA per rispondere alle esigenze di sviluppo di materiali in grado di resistere alle altissime temperature generate dall'attrito dell'aria durante il rientro di capsule spaziali nell'atmosfera terrestre.

Le peculiari caratteristiche e prestazioni del processo con Torcia al Plasma permettono di proporre un impianto di recupero in grado di rispondere pienamente allo spirito ed alla lettera del Decreto Ronchi, dove sono identificati come metodi consigliati di smaltimento ai fini del corretto utilizzo dei rifiuti: le forme di recupero per ottenere materia prima dai rifiuti, la generazione di energia mediante combustione degli stessi oppure con altri mezzi (tra i quali è citata la Torcia al Plasma) purché si generi energia.

Caratteristiche del processo

Il plasma generato dalle torce comprende gas ionizzato ad altissima temperatura (da 7.000 a 13.000°C, a seconda del tipo di torcia utilizzato) ed ha la caratteristica di apportare una grande densità di energia con massa molto ridotta costituita dal flusso di gas (aria nel caso di applicazione sui rifiuti) avente funzione di veicolare l'energia dell'arco elettrico all'esterno della torcia. Sottoponendo elementi organici ed inorganici all'azione della torcia, date le elevate temperature e l'elevato trasferimento di energia, le molecole organiche si decompongono, mentre i materiali inorganici vengono fusi. Immettendo vapore (aria arricchita di ossigeno) si genera un gas di sintesi la cui composizione risulta essere molto simile a quella prodotta nei gasogeni a carbone (il "gas d'acqua"), il cui utilizzo come gas da cucina era molto diffuso prima dell'arrivo del metano.

L'applicazione della Torcia al Plasma ai rifiuti permette di generare una "zona" di reazione ove la temperatura è compresa tra i 3.000 ed i 4.000°C. In tale zona i rifiuti organici si decompongono: il carbonio è libero di reagire con l'ossigeno immesso direttamente nella zona di reazione formando un gas di sintesi essenzialmente composto da ossido di carbonio ed idrogeno molecolare.

Il processo non presenta in nessun caso e in nessun momento le condizioni fisico-chimiche necessarie per la formazione di composti tossici, possibili negli altri processi di combustione di rifiuti.

In particolare: non si hanno emissioni di gas tossici quali diossine, furani e SVOCS; non si hanno scorie e ceneri di fondo contenenti materiali incombusti e metalli pesanti; non si hanno ceneri volanti contenenti metalli pesanti (cadmio, mercurio, piombo, ecc).

Due soli sono pertanto i prodotti generati dal processo:

- Gas di sintesi: tutti gli elementi organici contenuti nei RSU si trasformano in gas di sintesi, essenzialmente composti da idrogeno (" 53%) e da monossido di carbonio (" 33%), con qualche percentuale di azoto molecolare, biossido di carbonio e metano (utilizzato per produrre energia elettrica).

Materiale di tipo lavico: gli elementi inorganici vengono fusi e trasformati in una roccia di tipo vulcanico, una specie di lava totalmente inerte e non tossica, a bassissima lisciviabilità, nella cui matrice vetrosa sono conglobati e totalmente inertizzati i metalli pesanti. Il materiale di sintesi ottenuto è utilizzabile come materiale da costruzione (es.: massicciate stradali, conglomerato cementizio, materiale di riempimento ecc.).

In conclusione, se paragonato agli altri processi esistenti il processo presenta quattro grandi vantaggi:

1. è un **PROCESSO RISPETTOSO DELL'AMBIENTE**: non sono prodotti fumi tossici, ma un gas di sintesi combustibile; non sono prodotte ceneri volanti, né scorie, ma un materiale di matrice vetrosa simile all'ossidiana che può essere utilizzato come materia prima seconda;
2. è un **PROCESSO ECONOMICO**: paragonato ad un impianto di incenerimento anche dell'ultima generazione, l'investimento ed i costi di esercizio di un impianto con Torcia al plasma (a parità di prestazioni in termini di produzione di energia netta) sono inferiori in misura variabile dal 20 al 40% in funzione della capacità di trattamento;
3. è un **PROCESSO FLESSIBILE**: i reattori al Plasma possono trattare oltre il CDR anche separatamente o miscelati RSU, rifiuti ospedalieri, pneumatici, PVC ed altri rifiuti industriali tossico-nocivi solidi e liquidi;
4. è un **PROCESSO MODULABILE**: le torce possono lavorare dal 30% al 110% della loro potenza nominale, assicurando in tal modo al gestore la possibilità di smaltire senza difficoltà eventuali variazioni stagionali nel flusso dei rifiuti.

Configurazione dell'impianto

L'impianto è costituito da una sezione di accettazione e pesatura, attraverso la quale transitano tutti i materiali in ingresso che devono essere convogliati al gassificatore. L'impianto può essere configurato secondo una o più linee complete di trattamento, in funzione della quantità di rifiuti da trattare.

Ognuna delle linee dispone di un magazzino di stoccaggio del CDR disponibile sotto forma di pellets, balle o fluff; una tramoggia di caricamento del compattatore continuo a vite elicoidale conica; il reattore di gassificazione munito di torce al plasma e sistemi di servizio e controllo delle torce (in genere un sistema per ogni coppia di torce); il sistema di raffreddamento e pulizia del gas di sintesi (quencher, spray drier, filtro a maniche, torre di lavaggio); il sistema di raccolta/lavorazione del materiale lavico; le tubazioni per il gas, per l'acqua di servizio, per il vapore e per l'aria compressa; il sistema di controllo e gestione della linea.

Il gas di sintesi prodotto da ciascuna delle linee di trattamento viene convogliato nella sezione per la generazione dell'energia.

Processo di gassificazione

Il processo di gassificazione mediante plasma, data l'altissima temperatura di lavoro, non necessita di particolari preparazioni dei rifiuti. Per il corretto svolgimento del processo è sufficiente una operazione di triturazione dei rifiuti, necessaria per omogenizzare il materiale, ed una compattazione, necessaria per ridurre il contenuto di aria intrappolata nella massa dei rifiuti.

Tuttavia, per il raggiungimento del massimo rendimento energetico, qualora il materiale conferito non sia già sotto forma di CDR o frazione secca, è utile dotare l'impianto di un sistema di pretrattamento dei rifiuti in grado di produrre materiale simile a CDR per permettere il conferimento dei rifiuti anche quando i sistemi a valle della sezione di pretrattamento si dovessero fermare per operazioni di manutenzione

ordinaria e/o straordinaria; in questo caso, per evitare l'accumulo di quantità eccessive di rifiuti e gli annessi problemi di controllo degli odori, il rifiuto viene comunque trattato e confezionato in modo opportuno (balle, pellets, fluff, ecc) che viene poi conservato in un magazzino apposito; inoltre, se per qualche motivo si dovesse interrompere il servizio di conferimento dei rifiuti, l'impianto sarà ancora in grado di produrre energia elettrica utilizzando il materiale stoccato nel magazzino.

Il reattore di gassificazione si presenta esternamente come un recipiente cilindrico ad asse verticale con un'altezza di circa 6-11 metri ed un diametro di circa 3 metri, rivestito internamente di materiale refrattario, costituito da mattoni di allumina (Al_2O_3). Il rifiuto viene immesso nel reattore dall'alto attraverso il sistema di alimentazione e compattazione a coclea elicoidale conica, mentre l'energia necessaria al processo PPV è fornita dalle torce al plasma che sono posizionate nella parte inferiore del reattore e sono rivolte verso il bacino contenente il fuso.

Per quanto riguarda la gassificazione della componente organica, tre sono le reazioni che si realizzano nel reattore per produrre il gas di sintesi:

La pirolisi o "cracking termico". Le reazioni di pirolisi formano gas combustibile dal rifiuto solido, dividendo le molecole più grandi in molecole più piccole e più leggere allo stato gassoso. Queste reazioni di pirolisi, che sono nettamente endotermiche e di diversa natura (isomerizzazione, deidrogenazione, polimerizzazione), producono idrocarburi gassosi e gas idrogeno.

Ossidazione parziale. Le reazioni di ossidazione parziale formeranno monossido di carbonio e prodotti più complessi per ossidazione incompleta. Si verificherà inoltre una piccola quantità di ossidazioni complete che daranno luogo alla formazione di acqua e di biossido di carbonio. Essendo questi ultimi prodotti di ossidazioni complete, rappresentano una perdita del potere energetico del combustibile. Per questa ragione è necessario limitare la formazione di tali prodotti controllando il flusso di ossigeno puro (o aria arricchita di ossigeno) nel reattore che dovrà essere immesso in modo controllato negli appositi condotti. Le reazioni di ossidazione parziale generano energia che è utilizzata per supportare le reazioni di gassificazione.

Reazioni di "Reforming". In questo tipo di reazioni i prodotti, generati da altre reazioni, si combinano tra loro per formare nuovi prodotti, mediante reazioni endotermiche. Per esempio, il carbonio può reagire con l'acqua per formare monossido di carbonio, oppure carbonio ed idrogeno possono reagire con il biossido di carbonio per formare due molecole di monossido di carbonio. Queste reazioni sono vantaggiose in quanto entrambe generano combustibile ed allo stesso tempo consumano i composti ossidati (CO_2 e H_2O) che diminuiscono il potere calorifico del gas di sintesi.

Il gas combustibile generato nel gassificatore conterrà materiale sotto forma di particolato ed una piccola quantità di inquinanti gassosi che saranno rimossi prima della successiva utilizzazione del gas di sintesi nella sezione di generazione energia. Numerose sono le opzioni tecniche in grado di soddisfare tale necessità. Si consideri che tali sistemi sono ampiamente utilizzati in una vasta tipologia di impianti industriali, non ultimi gli inceneritori convenzionali per la combustione delle RSU.

Il gas di sintesi fluisce dal reattore al plasma ad una temperatura compresa tra i 1.200 ed i 1.600 °C: ad una pressione di circa 1 atmosfera esso subisce un primo ciclo di raffreddamento che lo porta ad una temperatura di circa 400 °C. Successivamente il gas di sintesi viene sottoposto al ciclo di pulizia, prima attraverso una colonna di raffreddamento ad acqua (Quencher), poi attraverso lo Spray Dryer, il filtro a maniche e la colonna di lavaggio. Nel caso che il materiale conferito all'impianto contenga una eccessiva quantità di zolfo, il gas attraversa un impianto (tipo Sulfirox, Locat o altro)

per la sua rimozione, rendendolo idoneo ad essere utilizzato come combustibile per la produzione di energia elettrica. Le acque presenti nel ciclo di trattamento del gas sono interamente riutilizzate nel ciclo stesso: esse vengono deacidificate attraverso un sistema di Stripping e sono filtrate nel sistema di trattamento acque (tranne lo zolfo che sarà invece riciclato). Nessun tipo di prodotto di scarto è prodotto da tale impianto. Il gas combustibile raccolto dalla/e linea/e di gassificazione confluisce in un unico collettore e viene successivamente utilizzato per produrre energia.

Generazione di energia

L'ultima parte dell'impianto è costituita dalla sezione per la generazione dell'energia. La soluzione che permette di massimizzare il rendimento di conversione dell'energia termica del rifiuto in energia elettrica consiste nell'utilizzare un turbogas in ciclo combinato.

Questa ovviamente non è l'unica soluzione possibile, ma quella che risponde maggiormente al requisito di migliore rendimento termodinamico.

Nel ciclo combinato, l'energia viene prodotta da un turbogas con generatore accoppiato. I gas di combustione caldi provenienti dalla turbina sono fatti passare attraverso un generatore di vapore. In aggiunta a questo apparato si rendono necessari altri componenti, quali un sistema di trattamento dell'acqua per ottenere vapore adatto, un condensatore di vapore ed apparati elettrici per fornire elettricità alla rete.

Vantaggi del processo PVV per l'ambiente

L'impianto, per le sue caratteristiche operative e per il contenuto intrinseco della tecnologia utilizzata per la gassificazione dei rifiuti considerati, non rilascia nell'ambiente materiali solidi, liquidi o fangosi, mentre le emissioni gassose sono in tutti i casi molto al di sotto dei limiti imposti dalle normative italiane ed europee.

Residui Solidi L'impianto produrrà un quantitativo di vetrificato pari al contenuto di materia inorganica presente nel rifiuto: esso si presenta simile a roccia di struttura cristallina.

I metalli presenti a livello ionico (nella fase di scomposizione termica dei rifiuti inviati al trattamento) resteranno intrappolati sia nella pasta amorfa delle fasi presenti, sia nel reticolo a tre dimensioni di ogni fase vetrosa, vista la presenza di calcio, alluminio ed eventualmente silicio.

Il materiale vetroso prodotto dall'impianto, non essendo per sua struttura apprezzabilmente lisciviabile, rispetta le normative italiane ed europee per la sua utilizzazione come materiale da costruzione (letti di strade, riempimenti, manufatti per coperture, ecc.).

Effluenti Fangosi L'impianto non rilascia nell'ambiente nessun tipo di effluente liquido e/o fangosi, in quanto quello che viene prelevato dal sistema di pulizia del gas di sintesi viene vetrificato mediante Torcia al Plasma.

Effluenti Gassosi Il sistema di pulizia dei gas combustibili definito in precedenza permette all'impianto di rispondere totalmente alla normativa italiana ed europea per quanto attiene i gas di combustione della turbogas.

Applicazioni Industriali

La tecnologia della Torcia al Plasma è correntemente utilizzata da: industria aerospaziale per la ricerca sui materiali adoperati nelle gallerie a vento ipersoniche; industria metallurgica e metalmeccanica per la produzione di leghe, taglio e saldatura; industria di smaltimento di rifiuti tossici per la vetrificazione e distruzione di rifiuti tossici (ceneri volanti da inceneritore, rifiuti amiantiferi, PCB).

FONTI E RIFERIMENTI:

- [1]: <http://www.distintirifiuti.it/>
- [2]: <http://www.eni.it/italiano/home.html>
- [3]: <http://www.enel.it/elettroambiente/index.htm>
- [4]: energialab (ingg. Doria, Forni, Andretta, Puglioli)
- [5]: <http://www.solvay.it>
- [6]: <http://www.federambiente.it>
- [7]: <http://www.arpa.emr.it/piacenza/opr/urbani/incen.htm>
- [8]: aggiornamento del Piano Infraregionale di Smaltimento dei rifiuti urbani e speciali della Provincia di Bologna, Febbraio 1998