

## Energia dai rifiuti

### Combustibili Solidi Secondari

Nel quadro della strategia waste-to-energy ritroviamo i cosiddetti combustibili solidi secondari (CSS), ottenuti da rifiuti non pericolosi e utilizzati per il recupero di energia in impianti di incenerimento (anche chiamati termovalorizzatori). Il range di rifiuti impiegato è molto ampio e comprende residui esclusi dai processi di riciclo, rifiuti dell'industria e della distribuzione, fanghi della depurazione delle acque, rifiuti industriali pericolosi, scarti di biomasse, ecc. Questi devono essere trattati adeguatamente per poter soddisfare i criteri, le normative e le specifiche industriali atte a raggiungere un potere calorifico adeguato.

Uno dei metodi meno costosi e più affermati per produrre i CSS è il pre-trattamento meccanico biologico (mechanical biological pre-treatment, MBT). In un impianto MBT si separano dagli RSU i metalli (che vengono riciclati) e gli inerti (ad esempio il vetro) e le frazioni organiche (che vengono inviate agli impianti di compostaggio, con o senza una fase di digestione anaerobica), scegliendo le frazioni con un potere calorifico più elevato per la produzione di CSS. Altre soluzioni oltre al MBT sono la biostabilizzazione e la bioessiccazione del materiale, precedentemente privato di metalli e inerti, dove la frazione organica viene stabilizzata e perde parte dell'umidità, ottenendo una frazione finale con un potere calorifico più elevato adatta alla combustione e composta da carta e cartone, legno, plastica e tessili che possono essere bruciati direttamente. Le quantità totali di CSS prodotte da RSU nell'Unione Europea sono stimate in circa 3 milioni di tonnellate con una produzione italiana di 200.000 tonnellate e una resa di 300kg per tonnellata di RSU. Le caratteristiche che il prodotto ottenuto durante i trattamenti possa essere utilizzato come CSS sono diverse e riguardano, tra gli altri, un potere calorifico inferiore di almeno 15 MJ e un'umidità del 25%.

Quali sono attualmente gli usi del CSS? Le possibilità sono molteplici tra cui: termovalorizzatori, cementifici, centrali termiche per il teleriscaldamento, impianti siderurgici, centrali termoelettriche a carbone, ecc, e, a seconda dell'impianto, sono utilizzati sia come unico combustibile sia come combustibile ausiliario.

### Biogas

Buccia di mela, lisca di pesce, pasta avanzata e una manciata di scarto di mais. No, non è qualche strana ricetta segreta, ma sono solo alcuni degli elementi necessari per la produzione di un combustibile molto particolare, il biogas. Il biogas è un gas, ma, a differenza del metano estratto dal sottosuolo, viene prodotto dalla decomposizione della materia organica (l'umido dei nostri rifiuti), reflui civili e zootecnici, biomasse agricole, ecc. in condizioni di anaerobiosi, ovvero in assenza di ossigeno molecolare ( $O_2$ ) o legato ad altri elementi (ad esempio come nel caso dell'azoto nitrico  $NO_3^-$ ). Ricordi la produzione del compost? Il concetto è simile, dato che si tratta di decomposizione di materia organica, ma i prodotti e le modalità con cui ciò viene realizzato sono differenti. I principali prodotti della reazione sono metano e anidride carbonica ed è la presenza del primo che rende il biogas adatto per essere utilizzato come combustibile. A differenza però del tradizionale gas metano, il biogas è una risorsa energetica rinnovabile, potenzialmente producibile a partire da materia prima disponibile localmente e rifiuti, se gli impianti per la produzione sono progettati e gestiti correttamente recuperando ciò che altrimenti sarebbe solo materiale di scarto. Il trattamento realizzato è denominato anaerobico ed è finalizzato alla stabilizzazione del materiale organico, alla produzione del biogas e al recupero del materiale di rifiuto in appositi reattori chiusi, detti digestori. Questo trattamento prevede l'accelerazione di un fenomeno naturale a mezzo di apporto di calore e miscelazione continui del materiale e il controllo di importanti parametri di processo, come pH, temperatura, contenuto di solidi, acidi grassi volatili e alcalinità. L'intervallo di attività biologica è ampio, compreso tra i  $-5^\circ$  e  $+70^\circ C$ , a opera di tre differenti classi di microrganismi anaerobici, ciascuna attiva in un certo intervallo di temperatura. Inizialmente il processo di digestione anaerobica aveva il solo scopo di stabilizzare il materiale organico, mentre attualmente si realizzano veri e propri sistemi industriali per la produzione di biogas, a partire, come già accennato, da acque derivanti dall'industria agro-alimentare, fanghi degli impianti di trattamento delle acque reflue, deiezioni animali, biomasse di natura agricola, residui organici industriali e la frazione organica di rifiuti urbani. Ma quanto e cosa possiamo ottenere dalla digestione anaerobica? Valori medi di processo sono una produzione di biogas di circa  $100-150 m^3 t^{-1}$ , di cui il  $CH_4$  corrisponde al 60-65% del volume e la  $CO_2$  al 35-40%, il potere calorifico è di 23-25 MJ

m<sup>-3</sup>. La produzione del biogas può avvenire anche nelle discariche in modo non controllato, quindi è molto importante prevederne la captazione, sia per il recupero, sia per evitare la dispersione in atmosfera o incidenti. Diversi i benefici: 1) il biogas è una fonte energetica rinnovabile prodotta a partire da rifiuti, quindi offre una possibile soluzione sia dal punto di vista energetico, che ambientale; 2) si evita la produzione e rilascio di metano in atmosfera; 3) il ciclo di produzione del biogas è definito carbon neutral, perchè l'anidride carbonica contenuta in esso è la stessa anidride carbonica precedentemente fissata dalle piante, e non viene realizzata ex novo come avviene tramite la combustione di petrolio o carbone. D'altro canto è necessario porre attenzioni ad alcuni aspetti tecnici affinché non sia compromessa la sostenibilità dell'impianto. È molto importante, infatti, che questo sorga in aree adatte, magari in prossimità di allevamenti, per evitare il trasporto di ingenti quantità di materiale organico, e che venga evitato il più possibile l'utilizzo di colture dedicate come materia prima, in modo da non sottrarre eccessivamente aree alla produzione agricola.

## Termovalorizzazione

Cosa fare di tutti i rifiuti per cui non è possibile il recupero di materia? Secondo la piramide gerarchica dei rifiuti l'opzione preferibile è la termovalorizzazione, ovvero un incenerimento con recupero di energia e/o calore, prima dell'invio in discarica (in cui non può essere recuperata né energia né materia). In un termovalorizzatore, o inceneritore, i rifiuti vengono bruciati per sfruttare il contenuto calorifico degli stessi (ricordate che per esempio la plastica viene prodotta a partire dal petrolio e pertanto possiede un potere calorifico alto), generare calore, riscaldare acqua per produrre vapore al fine di ottenere energia elettrica. Tale energia può essere utilizzata quindi per produrre calore, per produrre elettricità o per la produzione combinata di calore e elettricità (cogenerazione). La termovalorizzazione inoltre permette di ridurre la massa dei rifiuti del 80-85% e il loro volume di circa il 96%. Fino a circa 20 anni fa, i rifiuti venivano bruciati solo per ridurre il loro volume e renderli inerti, senza alcun recupero di energia, ma oggi la situazione è diversa e gli ingegneri, ricercatori e tecnici studiano come migliorare dal punto di vista tecnologico questi impianti, rendendoli sempre più sicuri ed efficienti. In molti paesi, la termovalorizzazione è una soluzione impiantistica già consolidata (Giappone, Svezia, Danimarca ad esempio), mentre in Italia solo il 19% dei rifiuti viene incenerito. Ma cosa viene bruciato dei RSU? La frazione "combustibile" è costituita principalmente da carta, plastica, umido (erba e legno, scarti alimentari) e da un punto di vista energetico i rifiuti possono essere in qualche modo equiparati ai combustibili fossili, dato che si tratta di materiale organico con al suo interno elementi ossidabili (carbonio e idrogeno). Il processo di termovalorizzazione è complesso e coinvolge diverse reazioni chimiche, il cui risultato è sensibile delle condizioni operative utilizzate, e tecnologie e processi sviluppati appositamente per i RSU, con le possibili soluzioni operative:

- combustione diretta, in cui i rifiuti vengono bruciati e l'energia termica del calore viene trasferita a un vettore termico (vapore d'acqua);
- conversione in un combustibile intermedio liquido o gassoso, mediante pirolisi o gassificazione.

La combustione avviene all'interno di forni appositi ed è articolata in 4 fasi: riscaldamento ed essiccamento, pirolisi, combustione e/o ossidazione parziale, combustione e/o gassificazione del materiale carbonioso. Oltre al calore sprigionato dalla combustione, vengono prodotti ceneri ed emissioni gassose, entrambi richiedono opportuni trattamenti per ridurre il loro carico inquinante ed essere rilasciati nell'ambiente senza rischi per la salute. Il calore sviluppato dalla combustione dei rifiuti viene recuperato e utilizzato per produrre vapore. A sua volta, il vapore generato aziona una turbina, che, accoppiata a un alternatore e un motoriduttore, converte l'energia termica in energia elettrica; in alternativa il vapore sarà usato come vettore di calore. Quanta energia otteniamo bruciando i rifiuti? I rendimenti di un termovalorizzatore sono comunque inferiori a quello di una centrale elettrica tradizionale, dato il basso potere calorifico dei rifiuti: l'efficienza è quindi variabile e si aggira tra il 17% e il 25% (si arriva anche al 30% circa nei cicli più spinti), ma aumenta con il recupero del calore oltre il 50%, producendo indicativamente 0,67 MWh di elettricità e 2 MWh di calore per teleriscaldamento per tonnellata di rifiuti trattata. Ciò non ha impedito ad alcune città di utilizzare questa soluzione impiantistica per ottimizzare la loro richiesta di energia e lo smaltimento dei propri rifiuti, come avviene ad esempio nelle città di Oslo, Parigi e Vienna.

## Gassificazione e pirolisi

La combustione mediante incenerimento può essere una delle soluzioni per recuperare il contenuto energetico dei rifiuti, ma presuppone una serie di difficoltà, tra cui l'emissione di effluenti gassosi che necessitano un oneroso trattamento di depurazione e che inducono ricercatori e ingegneri a vagliare più soluzioni impiantistiche. Tra queste, la gassificazione e la pirolisi sono in fase di sperimentazione come potenziale alternativa ai termovalorizzatori. Anche se nel campo dei rifiuti vengono considerate tecnologie innovative, la gassificazione e la pirolisi hanno una storia più lontana, che parte addirittura dal XIX secolo. I primi esempi applicativi prevedevano l'uso di carbone, mentre i rifiuti sono stati impiegati a partire degli anni '90. Come si differenziano queste tecnologie dalla termovalorizzazione? Durante la combustione, gli elementi combustibili presenti nel rifiuto vengono ossidati in presenza di ossigeno in eccesso, producendo un rilascio di calore e prodotti di scarto, come i fumi di combustione e un residuo solido inerte. Diversamente, durante la gassificazione avviene la conversione di un materiale solido o liquido in un gas combustibile (syngas), mediante una ossidazione parziale in cui l'aria viene utilizzata in quantità minori rispetto a quello che sarebbe necessario per il completamento della reazione e si ottiene un gas arricchito di ossido di carbonio (CO) e idrogeno. Infine, al contrario di quanto avviene nella combustione, la pirolisi è condotta in assenza di ossigeno e permette di ottenere tre prodotti in fasi diverse, tutti combustibili: il syngas, il tar (sostanza condensabile presente nel syngas che si presenta come un prodotto liquido), il char (residuo carbonioso). Ma quali sono gli usi? Il syngas trova impiego come combustibile o come materia prima per l'industria chimica, il tar ha svariati utilizzi, tra cui la co-combustione insieme al carbone per produzione di energia elettrica, fertilizzanti, combustibili per centrali termoelettriche, ecc; infine il char può essere trattato con acido cloridrico per la produzione di carbone o con anidride carbonica per la produzione di carbone attivo, un materiale usato nella depurazione delle acque. Da 1 kg di RSU si ottengono mediante pirolisi da 0,15 a 0,3 kg di syngas, da 0,5 a 0,6 kg di tar e da 0,2 a 0,3 kg di char; la gassificazione prevede invece una maggiore produzione di gas rispetto alle altre due componenti.