



di Gianni Donati
Ecodeco - Giussago (PV), g.donati@ecodeco.it



I RIFIUTI SOLIDI URBANI

Parte seconda: il progetto Waste&Power e i cicli combinati

Nella prima parte del presente lavoro è stato mostrato come l'utilizzo delle Stazioni di trasferimento intelligenti (Its) offra un approccio sistemistico utile per la soluzione del problema dei rifiuti solidi urbani e come gli impianti di incenerimento tradizionali presentino limiti di efficienza tecnologici, economici e ambientali. La presente nota mostra un nuovo modo di utilizzo e di nuova concezione delle tecnologie di incenerimento combinate con gli impianti termoelettrici esistenti e offre l'opportunità di riduzione degli investimenti e di aumento dell'efficienza tecnica, economica e ambientale. Per impianti di incenerimento isolati la combinazione con la gassificazione permette di superare i limiti di entrambe le tecnologie.

Nella parte prima del presente lavoro (v. *Chimica e Industria*, 2004, **86**, 68) si è mostrato come il problema dei rifiuti solidi urbani (Rsu) non può essere affrontato in modo economico attraverso l'utilizzo di tecnologie semplici ma richiede un approccio sistemistico sul territorio. Un analogo approccio è richiesto per completare il ciclo di vita del rifiuto e per lo sfruttamento economico di questa risorsa energetica non convenzionale. Le attuali attività di R&D pongono l'attenzione su approcci semplicistici o episodici, quali l'impiego in forni di cemento o la cocombustione in centrali a carbone, oppure su tecnologie vecchie e complicate, quali la gassificazione ormai abbandonata per lo stesso carbone per produrre gas povero da alimentare a centrali termoelettriche.

L'utilizzo in centrali termoelettriche appare particolarmente interessante perché permette di sfruttare cicli termodinamici ad alta efficienza ma per contro non si sono considerati i problemi che questo tipo di applicazione può comportare per la centrale anche utilizzando combustibili derivati dai rifiuti.

Ci si è resi recentemente conto (1) che un modo alternativo e semplice per fornire ad una centrale termoelettrica tutta l'energia contenuta nei rifiuti consiste nel produrre in un combustore semplificato vapore e gas caldi purificati da alimentare al ciclo della centrale. Si ritorna cioè, come investimento ed esercizio, ai costi degli impianti

di incenerimento aventi come obiettivo la semplice riduzione di volume, ma con produzione di energia elettrica esaltate. Più in generale il concetto della combinazione delle tecnologie può essere utilmente impiegato per risolvere le criticità e superare i limiti tecnologici sia della combustione sia della gassificazione.

Vengono mostrati alcuni degli aspetti tecnici e ambientali di questa operazione che coinvolge non solo le autorità che presidiano i bacini di produzione e gli operatori addetti allo smaltimento dei rifiuti ma anche i produttori di energia elettrica con un approccio di tipo sistemistico. Questi ultimi infatti sono obbligati per legge a produrre o ad acquistare una quota di energia prodotta da fonti rinnovabili attraverso il meccanismo dei Certificati Verdi (2).

Il progetto Waste&Power

Si consideri un bacino di utenza di 240 kt/a di Rsu, come descritto nella parte prima del presente lavoro. Si ricordi anche che un impianto di incenerimento di Rsu avente un fattore di utilizzo di 7.000 h/a (20% Rsu a discarica o ad altro inceneritore) presenta, nella migliore delle ipotesi, un'incidenza dell'investimento pari a 4,1 Ms/MW ovvero 2,5 Ms/t/h di Rsu bruciati con un'efficienza del 23,6%. Un impianto di combustione di bioessiccato ha un investimento attorno a 3,6 Ms/MW ovvero 2,1 Ms/t/h Rsu smaltiti con una efficienza del 24%. L'idea di base di W&P è l'utilizzo di tutto il calore

generato nella combustione del bioessiccato nel ciclo termico di una centrale di potenza. L'idea può essere applicata con varie modalità sia a centrali termoelettriche convenzionali sia a centrali a ciclo combinato. In particolare per una centrale convenzionale come quella di Tavazzano-Montanaso, come rappresentato in Figura 1, uno dei possibili modi di attuazione è il seguente: utilizzo dei fumi a temperatura attorno a 200-400 °C, con contenuto di ossigeno di ca. 6-8%, purificati a specifica di emissione, nella caldaia della centrale con lo scopo di moderare la formazione di NOx al bruciatore e fornire calore netto dall'esterno in sostituzione dell'attuale riciclo fumi caldaia; utilizzo del vapore a media pressione (40 bar, 400 °C) prodotto nel combustore del bioessiccato in sostituzione in parte o in toto degli spillamenti turbina ad alta e media pressione.

Con riferimento allo schema di Figura 1, l'impianto I di combustione di bioessiccato è costituito da un combustore a griglia con annessa caldaia, da una torre di quench ad acqua e da un filtro. La centrale II è del tipo con caldaia a metano o gasolio ed è dotata di un preriscaldatore dell'aria Ljungstrom, di una turbina ad alta, media e bassa pressione, di un condensatore e di una serie di scambiatori per il preriscaldamento, mediante spillamenti dalla turbina, del riciclo condense. Il gas caldo depurato G viene alimentato sul riciclo della caldaia della centrale e il vapore V è utilizzato in sostituzione degli spillamenti turbina ad alta e media pressione.

Parte del condensato C viene riciclato al combustore I, le scorie e le polveri vengono trattate e poste a discarica e i fumi possono essere ulteriormente depolverizzati e scaricati al camino della centrale II. La centrale a ciclo combinato di Figura 2 prevede la produzione della maggior parte dell'energia elettrica in una turbina a gas alimentata con aria e metano e la produzione di vapore in una caldaia di recupero, che espanso in turbina genera altra energia elettrica. In questo caso il gas caldo e il vapore prodotto dall'impianto di combustione dei rifiuti vengono utilizzati nella caldaia di recupero realizzando quello che abbiamo chiamato ciclo bicombinato. Il gas caldo G può essere utilizzato nella caldaia al livello ter-

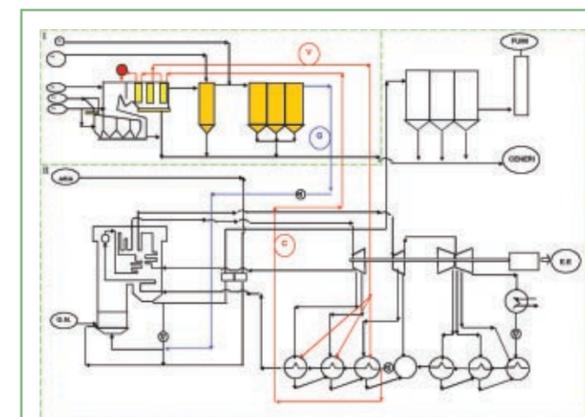


Figura 1 - Schema del combustore del bioessiccato combinato con la centrale termoelettrica convenzionale

COMBINAZIONE DEL COMBUSTORE DI BIOESSICATO CON CENTRALE DI POTENZA: GAS NATURALE RISPARMIATO E MW PRODOTTI DA BIOESSICATO

Potenza MW	Gas natur. centrale Nm ³ /h	Gas natur. W&P Nm ³ /h	Differenza			Vapore Residuo kg/h
			Gas natur. Nm ³ /h	Potenza MW	%	
321	77.722	72.057	5.665	23,40	7,3	0
319	71.636	66.051	5.585	24,85	7,8	0
224	51.067	45.408	5.659	24,87	11,1	0
130	29.508	23.643	5.865	25,76	19,9	0
70	17.443	14.495	2.948	11,83	16,9	38.743

mico desiderato assieme al gas uscente dalla turbina a gas, il vapore V può essere anche saturo alla pressione dell'evaporatore ad alta pressione, dove viene surriscaldato e la condensa C rinvia al combustore dei rifiuti.

Nel caso della centrale di tipo convenzionale si è imposto di mantenere la potenza di esercizio dell'impianto risparmiando metano mentre sull'impianto a ciclo combinato ci si è proposti di aumentare la potenza prodotta dal ciclo vapore. In entrambi i casi l'impianto di combustione è costituito dal solo combustore e dalla linea di purificazione fumi e risulta assente la turbina e il ciclo vapore già disponibile presso la centrale. Il vapore prodotto viene utilizzato nel ciclo vapore della centrale per produrre energia elettrica con le efficienze tipiche del ciclo termoelettrico della centrale. Per un combustore da 25 t/h di bioessiccato (240 kt/a Rsu) combinato con uno dei gruppi da 320 MW della centrale convenzionale operante a vari carichi, si sono ottenuti i risultati riportati in Tabella. Sono stati effettuati i bilanci di materia ed energia su marce controllate di un'unità della centrale alimentata a gas naturale a carichi variabili fra il minimo tecnico di 70 MW e la potenza massima di 230 MW. Le stesse marce sono state ricalcolate, a pari potenza, alimentando il gas caldo e purificato proveniente dall'impianto di combustione del bioessiccato sul riciclo caldaia e il vapore in sostituzione in parte o totale degli spillamenti.

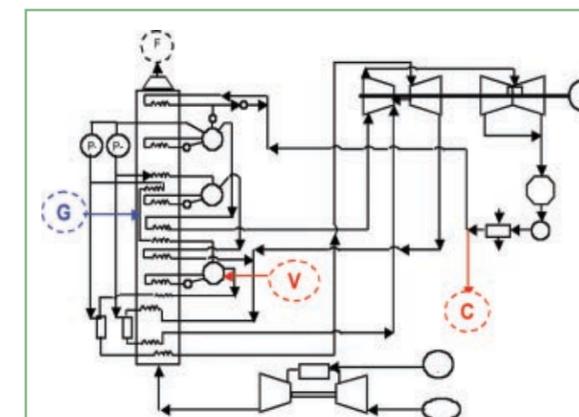


Figura 2 - Schema di integrazione del combustore del bioessiccato con la centrale a ciclo combinato

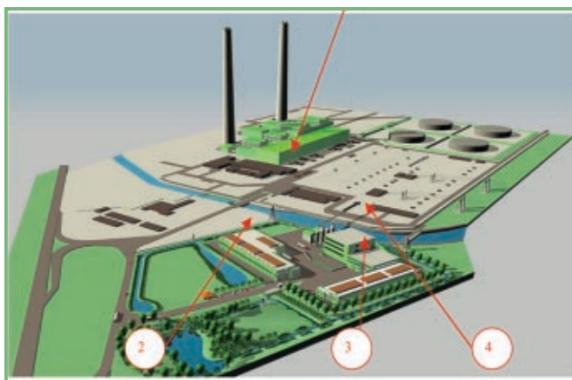


Figura 3 - Centrale di Tavazzano-Montanaso con l'esistente impianto di produzione di bioessiccato e il nuovo combustore

Si può constatare come il risparmio di combustibile e la conseguente potenza prodotta dal bioessiccato sia praticamente indipendente dal carico, mentre i benefici percentuali per la centrale aumentano al ridursi del carico fino a 130 MW di potenza dell'unità. A 70 MW l'unità non è più in grado di assorbire il vapore prodotto ed è necessario il suo utilizzo su un'altra unità. Si ottengono da bioessiccato 24-25 MW contro i 20 MW dell'impianto di combustione isolato e rendimenti termoelettrici attorno al 31%.

L'investimento è attorno ai 63 Ms che, ripartito sulla potenza disponibile e sul consumo di Rsu, diventa 2,5 Ms/MW e 1,9 Ms/t/h di Rsu. Nel caso del ciclo combinato, come quello in fase di repowering presso la centrale di Tavazzano-Montanaso con una potenza installata di 385 MW, è possibile produrre nella turbina 25 MW in più utilizzando un combustore di rifiuti semplificato, senza surriscaldatore, che produce vapore saturo a circa 100 bar e 315 °C.

Se si aggiunge che gli effetti di scala migliorano sostanzialmente i risultati economici e che un singolo gruppo convenzionale della centrale come quella Tavazzano-Montanaso può assorbire fino a 50 t/h di bioessiccato a 230 MW, si comprende come sul territorio siano già presenti risorse e siti per lo smaltimento e la valorizzazione energetica di tutti gli Rsu disponibili senza la necessità di installare nuovi punti di emissione. Perché questo avvenga è essenziale già oggi la realizzazione di una rete organica di Its e l'individuazione di possibili centrali termoelettriche candidate. Il combustore dei rifiuti può in questo modo trarre vantaggio da investimenti ridotti per fattori di scala ed assenza di turbina e ciclo vapore e di efficienze di conversione elevate.

La maggiore potenza disponibile o il ridotto consumo di fonti rinnovabili (ben oltre il 2% della produzione elettrica previsto per legge) si traduce in un beneficio anche per la centrale con disponibilità di certificati verdi sul sito. L'impatto ambientale è minimizzato dalla non necessità di realizzare nuovi siti e nuovi punti di emissione

come evidenziato dalla Figura 3 dove viene mostrato il progetto allo studio per la centrale di Tavazzano-Montanaso. Anche la produzione di gas serra viene ridotto proporzionalmente all'incremento di potenza elettrica prodotta. In Figura 3 viene evidenziata l'esistente centrale termoelettrica 1 con la vicina Its e i nuovi impianti costituiti dallo stoccaggio del bioessiccato 3 e dal combustore 4. Le Its già da ora possono risolvere, con investimenti limitati, in modo economico e con impatto ambientale nullo, il problema del collocamento dei rifiuti, mentre W&P si incaricherà nel prossimo futuro della loro valorizzazione.

Gassificazione: un'opzione industriale?

Anche la gassificazione mira in linea di principio a raggiungere lo stesso obiettivo di integrazione con la centrale. Il processo di gassificazione richiede l'utilizzo di combustibili trattati quali Cdr e SF e viene effettuata in reattori a letto fluido riciclati in difetto di ossigeno. La tecnologia non è nuova, essendo stata praticata in passato per convertire carbone in gas di sintesi e combustibili liquidi nei paesi ove non era disponibile gas naturale e oggi quasi completamente abbandonata perché non competitiva.

L'idea che ha spinto e continua a promuovere l'attività di R&D su questo processo da un lato fa leva sull'intrinseca povertà economica degli inceneritori degli Rsu e dei combustibili derivati e dall'altra mira ad impiegare il gas povero prodotto in impianti a più elevata efficienza, come le centrali elettriche, o, più limitatamente, in motori a combustione interna.

L'impianto è costituito da un reattore a letto riciccolato e da un sistema di purificazione del gas povero prodotto. Le rese energetiche del gassificatore sono buone e variano fra 85 e 90% ed il gas povero purificato e costituito principalmente da N₂, CO e H₂ ha un potere calorifico attorno a 900 kcal/kg, sufficiente all'utilizzo nei bruciatori della centrale. La purificazione del gas è tuttavia, come riconosciuto da tutti i tecnici del settore, problematica e rappresenta il principale ostacolo per l'applicazione industriale. Le ceneri volanti ed i gas hanno un elevato contenuto di carbone, peci e idrocarburi che, nella purificazione a secco, intasano le tele dei filtri e che comunque devono essere trattati in un apposito combustore. La purificazione del gas a umido pulisce il gas ma produce per contro una fase organica che deve essere bruciata e una fase acquosa che deve essere trattata e genera fanghi che devono essere a loro volta trattati. Non purificare il gas e utilizzarlo in centrali a carbone (e non a combustibili liquidi o gassosi) è d'altra parte equivalente a utilizzare il rifiuto originale.

Per questo motivo recentemente, soprattutto in Germania, si è iniziato ad alimentare soprattutto un combustibile derivato tipo SF direttamente nelle centrali a carbone, mettendo a rischio i surriscaldatori ad alta temperatura della caldaia.

Si è visto nel paragrafo precedente come l'alternativa dell'incenerimento con produzione di vapore e gas di combustione per-

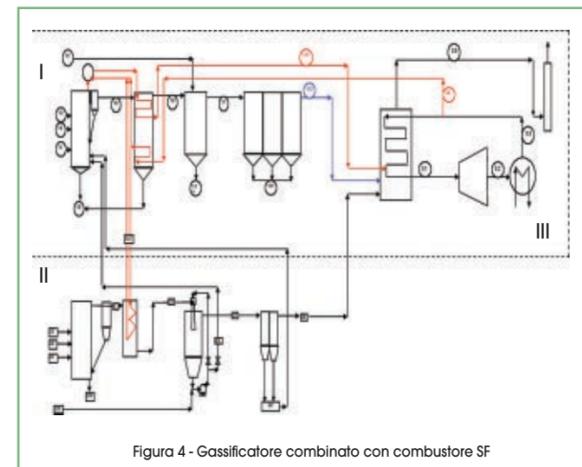


Figura 4 - Gassificatore combinato con combustore SF

mette di fornire in modo pulito alla centrale tutta l'energia contenuta nei rifiuti. Viste le difficoltà e complicazioni di processo legate alla purificazione del gas povero prodotto dal gassificatore, si è perciò prospettata una sua eventuale applicazione nei casi in cui non sia disponibile la centrale termoelettrica e si renda necessaria la realizzazione di un impianto isolato. Un suo utilizzo innovativo (3) consiste nell'impiegare il gas povero in alternativa a combustibili fossili per innalzare l'entalpia del vapore prodotto dall'inceneritore e quindi migliorare le rese termoelettriche con un principio analogo a quello dei cicli combinati.

Un inceneritore di grossa taglia combinato con un gassificatore di limitate dimensioni può trattare tutti gli effluenti del gassificatore con notevoli vantaggi di semplificazione e di economia del processo. Lo schema di Figura 4 mostra un combustore di SF a letto fluido accoppiato con caldaia a dare vapore e fumi caldi purificati e un gassificatore a letto trascinato con raffreddamento, lavaggio e filtrazione fumi. Gli effluenti del gassificatore II, costituiti da calore recuperato, slurry e peci e da acquosi contaminati, vengono completamente utilizzati nel combustore I.

Il gas povero viene bruciato con l'eccesso di ossigeno dei fumi del combustore in una caldaia di recupero dove si produce vapore ad alta temperatura e pressione che viene espanso in turbina III. Si superano in questo modo i limiti dei surriscaldatori degli inceneritori-

ri ed è possibile raggiungere rendimenti elevati in impianti isolati che utilizzano solo rifiuti.

Ad esempio con un combustore con un carico termico di 93 MWt e un gassificatore da 51 MWt appare possibile produrre da bilancio 41 MW all'alternatore della turbina con un rendimento attorno al 28%, prossimo a quello ottenibile nel sistema W&P. Anche questo esempio mostra perciò come la combinazione di tecnologie permette di eliminare i vincoli imposti dalle singole tecnologie.

Conclusioni

Con riferimento anche alla parte prima della presente nota, si è cercato di mostrare alcuni dei fattori tecnici, ed economici che hanno finora ostacolato la risoluzione del problema degli Rsu.

Si evidenzia come questo problema sia oggi diventato di tali dimensioni da imporre non più, come nel passato, delle soluzioni episodiche, quali la discarica o la realizzazione di inceneritori isolati, ma un approccio sistemico sul territorio che coinvolga le autorità, la popolazione, e gli imprenditori ambientali e dell'energia. Il sistema delle Its distribuite sul territorio permette di risolvere il problema degli Rsu in modo efficiente sia dal punto di vista economico sia di accettabilità sociale.

La combinazione delle tecnologie e l'utilizzo delle centrali termoelettriche esistenti permette di aumentare in modo significativo l'efficienza della conversione dei rifiuti in energia. Lo scenario nuovo che si prospetta vede l'eliminazione della posa in discarica degli Rsu, la non proliferazione di nuove emissioni sul territorio, la riduzione dei consumi di energia non rinnovabili e di produzione di gas serra e il miglioramento delle emissioni nell'ambiente. I vantaggi economici che ne deriveranno impongono definitivamente questa nuova sfida per gli imprenditori dell'ambiente e dell'energia e per le autorità che presidiano il territorio.

Bibliografia

- (1) G. Natta, G. Donati, VI2002A000160 - Metodo e impianto per l'utilizzo di rifiuti, in particolare rifiuti solidi urbani in una centrale, 16 luglio 2002.
- (2) GRN, Terza nota informativa sui certificati verdi, 31 maggio 2002.
- (3) G. Natta, G. Donati, MI2003A 001002, Processo ed impianto combinati per ricavare energia elettrica dalla combustione di soli rifiuti, 20 maggio 2003.

Municipal Solid Wastes. Part 2: Waste&Power Project and Combined Cycles

ABSTRACT

It has been shown, in the part one of this work, how the use of Intelligent transfer stations (Its) offers a systemic approach for the solution of municipal solid waste problem and how the traditional incineration plants present technological and economical limitations.

The present note discloses a new way of using the incineration technologies combined with existing or new power plants and offers the opportunity of investment reductions and of an increase of technical, economical and environmental efficiencies.

For stand alone waste incineration facilities the combination with gasification allows to go beyond the limits of both technologies.