

PIANO ENERGETICO E AMBIENTALE DEL COMUNE DI PERUGIA

III FASE - PIANO DEFINITIVO

SCHEDA TECNICA A8)

SVILUPPO DI FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI: RSU (Rifiuti solidi urbani)

STATO DELL'ARTE

Produzione

Con la sigla RSU si indicano i rifiuti solidi urbani il cui continuo incremento nei paesi industrializzati si sta configurando come una vera e propria emergenza ambientale. La produzione di RSU in Italia (dato 2007) è stata di oltre 32 milioni di tonnellate, per la precisione 32,548 e, pertanto, la produzione media pro-capite assume valori superiori ad 1 kg/giorno, attestandosi a 545,9 kg/anno. I dati relativi alla raccolta differenziata su scala nazionale indicano un valore totale di circa 8,7 milioni di tonnellate di RSU, pari a circa il 27,5% della produzione totale [1]. Nonostante i progressi effettuati attraverso sistemi di raccolta differenziata (RD) e l'avvio a recupero di quote consistenti di rifiuti, lo smaltimento in discarica rappresenta ancora, con il 46,7% del totale, una forma di gestione importante.

Oltre al trattamento termico, che si mantiene all'incirca costante rispetto agli anni precedenti (10,3% del totale) emerge il compostaggio come forma alternativa di gestione, in particolar modo da frazioni selezionate (RD della componente organica) che raggiunge la quota del 6,1%.

L'aumento di produzione dei rifiuti, accompagnato dagli avanzamenti nei sistemi di gestione, ha portato a significative variazioni della composizione merceologica e delle caratteristiche energetiche dei RSU; l'aumento della frazione cellulosa e plastica, accompagnato dalla diminuzione della frazione organica putrescibile, ha determinato un consistente innalzamento del potere calorifico inferiore dai 5.400 kJ/kg del 1976 agli oltre 10.000 kJ/kg attuali.

Tabella 1: composizione merceologica e chimica media dei RSU

Composizione merceologica media RSU		Composizione chimica media RSU	
Carte e cartoni	28-30%	Carbonio C	24%
Plastiche e gomme	10-13%	Idrogeno H	3.84%
Vetro	8-8.5%	Ossigeno O ₂	17.6%
Metalli	3-4%	Azoto N	2.1%
Organico	29-30%	Zolfo S	0.16%
Inerti	12-15%	Umidità	37.3%
		Inerti	15%

Smaltimento

Le possibili modalità di smaltimento dei RSU sono diverse: l'orientamento attuale della tecnica di smaltimento è volta ad una valorizzazione dei RSU attraverso la raccolta differenziata, il riciclo del materiale ed il recupero di materie prime ed energia (termovalorizzazione), avendo individuato nei rifiuti stessi una fonte di energia rinnovabile.

Nel caso di conferimento dei RSU in discarica, il recupero energetico viene effettuato essenzialmente attraverso la captazione di biogas da destinare alla combustione per la produzione di energia elettrica. Il deposito in discarica, tuttavia, a parte l'esigenza di disporre di grosse aree attrezzate, rappresenta certamente la soluzione più invasiva dal punto di vista ambientale per quanto riguarda gli inquinanti immessi in ambiente, anche considerando un parziale recupero dei quantitativi di biogas prodotti (massimo il 50%).

Nel caso del trattamento termico invece, i rifiuti, preventivamente sottoposti a raccolta differenziata, vengono impiegati (sia direttamente sia indirettamente attraverso la trasformazione in combustibili di qualità) in un termovalorizzatore ed il calore di combustione viene utilizzato per la produzione di energia elettrica.

Nel caso di combustione di RDF (Refuse Derived Fuel = combustibile derivato dai rifiuti), i rifiuti tal quali vengono sottoposti ad una serie di trattamenti fisico-meccanici che consentono da un lato il riciclaggio di materiali e dall'altro la produzione di un combustibile più o meno stabilizzato come composizione e come p.c.i. (ASTM propone una classificazione da Rdf-1 a Rdf-7).

(Segue stato dell'arte)

Impianti di termovalorizzazione di RSU

Dal rapporto redatto da ENEA e Federambiente in merito al recupero energetico da rifiuti urbani in Italia [2], sono emersi 51 impianti di combustione dei RSU operativi nell'anno 2009. Il baricentro della potenzialità nominale è nettamente spostato verso il Nord Italia, ricalcando una disuniforme distribuzione sul territorio nazionale degli impianti stessi. Per quanto concerne i dati relativi alla produzione di energia elettrica e termica, è possibile osservare un andamento crescente negli anni; in particolare, nel 2007, l'energia elettrica prodotta dalla combustione di RSU si è attestata a circa 3.000.000 di MWh, mentre l'energia termica recuperata è stata di circa 1,1 milioni di MWh [1]. Per quanto concerne le tecnologie utilizzate, il 76,5% degli impianti adotta forni a griglia (39 impianti), il 5,8% forni a tamburo rotante (3 impianti) e il 17,7% a letto fluido (9 impianti) [2].

Tecnologia

Esistono diverse tecnologie per il recupero energetico dai RSU ciascuna con un differente stadio di sviluppo ed affidabilità:

- recupero attraverso l'incenerimento dei rifiuti (con o senza un pretrattamento di selezione);
- separazione della frazione a più elevato potere calorifico per utilizzarla come combustibile alternativo (CDR, Combustibile Derivato dai Rifiuti, o con dizione anglosassone, Refuse Derived Fuel, RDF);
- trattamento termochimico (pirolisi e/o gassificazione) dei RSU tal quali o di RDF per la produzione di combustibili gassosi o liquidi;
- digestione anaerobica della frazione putrescibile dei RSU in un reattore per l'ottenimento di biogas;
- estrazione di biogas da discarica controllata.

La distinzione sulle modalità di recupero di energia può essere assunta come base per identificare due tecnologie nell'ambito dei trattamenti termici con recupero energetico: la combustione totale (tipica degli inceneritori) e la combustione parziale (comune ai processi di gassificazione e pirolisi).

Combustione totale: costituisce la tecnologia prevalente nell'ambito dei trattamenti termici dei rifiuti e riflette l'idea di "bruciare" semplicemente il rifiuto, grazie al suo elevato contenuto di materiali combustibili. La sede naturale è un forno, capace di portare il combustibile in temperatura, favorendone l'accensione e di convogliare i fumi prodotti attraverso idonee sezioni di recupero termico, trattamento depurativo e scarico in atmosfera. Gli impianti di incenerimento sono sostanzialmente di quattro tipi:

1. Forno a griglia mobile e griglia fissa: tecnologicamente datato risulta il combustore a griglia fissa, che attualmente trova rare applicazioni per quanto concerne impianti di valorizzazione dei RSU;
2. Forno rotante;
3. Forno a letto fluido;
4. Forno a letto trascinato.

Combustione parziale: si realizza primariamente una decomposizione termica delle componenti organiche in molecole più semplici, come tali più volatili ma non ancora (o solo parzialmente) ossidate. Quest'ultime costituiscono così nuovi combustibili in una forma fisica più facilmente impiegabile. La produzione di gas combustibili parzialmente ossidati può essere ulteriormente forzata, a spese del residuo solido carbonioso, mediante l'aggiunta controllata di vapore o di ossigeno, come tale o come aria. La decomposizione è endotermica e quindi richiede un apporto di calore dall'esterno oppure dall'interno per combustione di una parte del solido. Le tipologie impiantistiche prevalenti sono il letto fisso ed il letto fluido.

Gassificazione: è una ossidazione parziale non catalitica di una sostanza solida, liquida o gassosa, che ha come obiettivo finale quello di produrre un combustibile gassoso, formato principalmente da CO, idrogeno e idrocarburi leggeri come il metano. Applicata soprattutto per gassificare carbone e idrocarburi, tale tecnica può essere adottata per i rifiuti solidi urbani, con processi a letto fluido, a letto fisso o sospeso.

Pirolisi: è un processo nel quale le molecole delle sostanze organiche vengono spezzate senza bisogno di agenti ossidanti, solo per effetto della temperatura. Il materiale è riscaldato a 450-1000°C; i prodotti della pirolisi sono gassosi, solidi o liquidi a seconda delle condizioni di reazione e del tipo di reagenti [3].

(Segue stato dell'arte)

Legislazione

Il recupero energetico da rifiuti in Italia è regolato dal DLgs 11 maggio 2005 n. 133 di recepimento della direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti del 28 dicembre 2000. Il D. Lgs. in questione regola gli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti, stabilendo le misure e le procedure finalizzate a prevenire l'inquinamento atmosferico, idrico, del suolo ed a proteggere la salute umana. Gli impianti di incenerimento di rifiuti devono rispettare, oltre al D. Lgs. 133/2005, una serie di prescrizioni tecnico-amministrative ai sensi del D. Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59 di attuazione integrale della direttiva 96/61/CE¹. ("Direttiva IPPC"), relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. In particolare tutti gli impianti industriali individuati nell'allegato I al suddetto decreto legislativo sono soggetti alla cosiddetta "Autorizzazione Integrale Ambientale" (AIA)², vale a dire ad una autorizzazione unica per il rilascio di inquinanti in aria, acqua, suolo.

A livello nazionale, altro testo normativo di riferimento è il D. Lgs. 152/2006 recante Norme in materia ambientale. Inoltre, le tecniche da utilizzare per gli impianti di gestione dei rifiuti, sono quelle stabilite dal Decreto 29 gennaio 2007 "Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59".

Nell'allegato II alla direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008 ("Direttiva quadro sui rifiuti") è riportata una formula per il calcolo dell'efficienza minima di recupero energetico per gli impianti di incenerimento di RU.

¹ La direttiva 96/61/CE è stata formalmente abrogata e sostituita dalla direttiva 2008/1/CE. Rimangono invariate le prescrizioni relative all'assoggettamento ad AIA degli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, intesi in accordo a quest'ultima, come "i rifiuti domestici o assimilabili derivanti da attività commerciali, industriali o amministrative".

² In base a quanto riportato nell'allegato I al DLgs 59/2005 gli impianti di incenerimento di rifiuti urbani sono soggetti ad AIA qualora la capacità di trattamento sia superiore a 3 t/h (72 t/g). Per gli impianti non soggetti ad AIA si applica quanto previsto dal DLgs 133/2005.

Costi

I costi d'investimento di un impianto di valorizzazione energetica di rifiuti sono costituiti dall'insieme delle seguenti voci:

- Costi diretti, relativi all'acquisto dell'area ed alla sistemazione del sito, alla realizzazione delle opere civili, elettromeccaniche, infrastrutturali, degli impianti ausiliari, nonché per la dotazione iniziale delle parti di ricambio etc.;
- Costi indiretti, relativi all'ottenimento delle autorizzazioni, alla progettazione, alla supervisione ed alle spese generali durante la costruzione, agli imprevisti, all'addestramento del personale, alle prove ed avviamento dell'impianto, alla revisione dei prezzi ed agli oneri finanziari durante la costruzione etc.

Nella valutazione dei suddetti costi i parametri fondamentali sono costituiti dalla taglia dell'impianto e dalla sua configurazione impiantistica (infrastrutture ed opere civili; sezione di ricevimento, stoccaggio e movimentazione dei rifiuti; sezione di combustione dei rifiuti; sezione di recupero energetico; etc.)

Gli impianti di termovalorizzazione sono caratterizzati da valori specifici dell'investimento compresi in un range piuttosto ampio, è infatti possibile individuare un costo totale variabile tra circa 1 milione e 2,5 milioni di Euro a MW termico installato (vedi Fig. 1) [4].

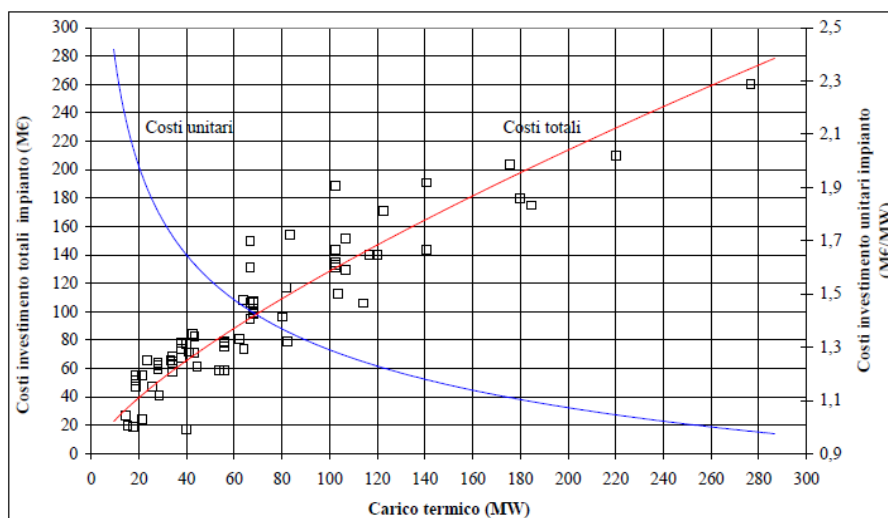


Figura 1 – Costi di investimento in funzione del carico termico

(Segue stato dell'arte)

L'andamento dei costi di gestione in funzione del carico termico è invece riportato nel grafico di Figura 2.

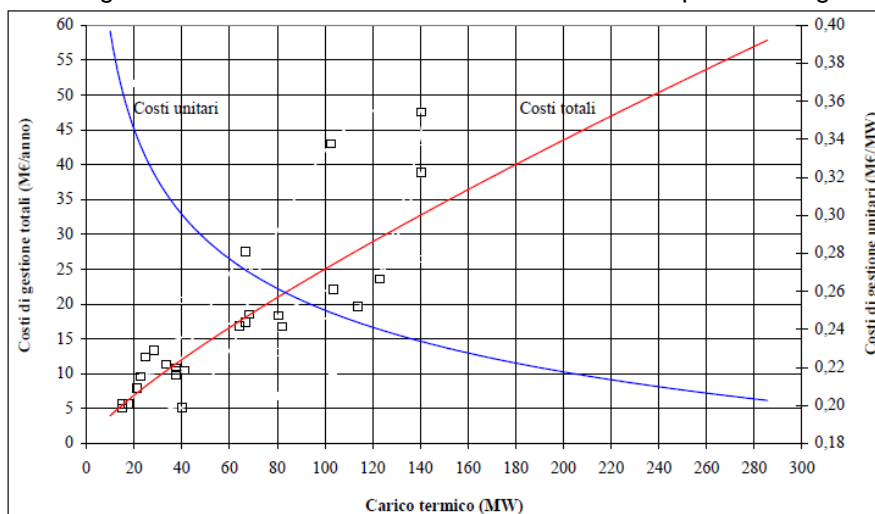


Figura 2 – Costi di gestione in funzione del carico termico [4]

RISVOLTI ENERGETICI, AMBIENTALI E SOCIO-ECONOMICI

Risvolti energetici

Riportiamo sinteticamente un prospetto dei contenuti energetici di rifiuti solidi urbani “tal quali” confrontato con Rdf-2 e Rdf-3, classi successive di combustibile derivato dai rifiuti:

Tabella 2: contenuti energetici dei RSU

	Combustibile derivato dal rifiuto		
	RSU (Rdf-1)	Rdf-2	Rdf-3 (fluff)
Resa in massa del rifiuto tal quale	100%	97%	76%
Potere calorifico inferiore, Kcal/kg	2.100	2.600	3.000

Il rendimento elettrico dipende dalle dimensioni dell'impianto oltre che dalle condizioni termodinamiche e dalla configurazione del ciclo termico: per taglie comprese tra 50 e 200 MWt, i valori di rendimento possono indicativamente oscillare tra il 25 ed il 32%; ciò significa che la termovalorizzazione diretta di 1 kg di RSU indifferenziato, equivalente a circa 2,8 kWh termici, si traduce mediamente in 0,8 kWh elettrici lordi. Viceversa, la termovalorizzazione di 0,5 kg di CDR, equivalente a circa 2,1 kWh termici, si traduce mediamente in 0,6 kWh elettrici lordi.

Impatto ambientale

La termodistruzione è senza dubbio una tecnica di notevole efficacia nella distruzione dei rifiuti ma è necessario tener presente che essa rende libere, portandole in fase gassosa, sostanze precedentemente legate in fase solida o liquida e quindi più facilmente controllabili. Poiché gli effluenti gassosi vengono liberati in atmosfera (principalmente ma esistono rischi potenziali di inquinamento idrico e del suolo), pur dopo essere stati sottoposti a trattamenti di controllo, è necessario assicurarsi che il processo venga condotto con modalità tali da ridurre al minimo le quantità di sostanze inquinanti prodotte. I principali inquinanti riscontrati sono: particolato e metalli pesanti, composti organici, HCl, SO₂, NO_x, microinquinanti: PCDD policlorodibenzodiossine e PCDF policlorodibenzofurani, gas serra CO₂, N₂O (anche se in quantità notevolmente inferiore a quella prodotta da discarica). Il controllo di tali sostanze si basa tanto su misure preventive, orientate a minimizzare la formazione di alcuni componenti durante la combustione ed il raffreddamento dei fumi (*interventi preventivi*), che su operazioni di depurazione per la rimozione degli inquinanti di interesse (*interventi depurativi*).

(segue risvolti energetici, ambientali e socio-economici)

Interventi preventivi: comprendono una serie di accorgimenti impiantistici e di gestione che garantiscono condizioni uniformi di combustione per i principali parametri chimico-fisici, evitando condizioni di gap termici e zone critiche, quali: inibizione dell'attività catalitica delle ceneri tramite dosaggio di additivi, ricircolo dei gas in camera di combustione, limitazioni nel raffreddamento dei fumi della caldaia, rimozione del particolato.

Interventi depurativi: si concentra sulla rimozione di elevate concentrazioni di materiale particolato e di gas acidi. I limiti in vigore per impianti di nuova costruzione impongono controlli spinti per i microinquinanti organici (cadmio, mercurio, piombo) e inorganici (diossine e furani) unitamente all'abbattimento del contenuto di NO_x ed SO_2 . Si passa da sistemi monostadio a complessi sistemi pluristadio. Si distinguono sistemi a secco, caratterizzati da un reattore di assorbimento dei gas acidi mediante reagente alcalino (calce) ed una fase di depolverazione per la rimozione delle ceneri volanti prodotte e sistemi ad umido caratterizzati da un depolveratore e da dispositivi per il lavaggio dei fumi (torri a spruzzo) a due stadi in serie, finalizzati alla rimozione degli acidi alogenidrici e dell' SO_2 , con acqua e soluzioni alcaline. Costituiti dalla combinazione in serie di processi a secco e ad umido vi sono i cosiddetti *sistemi ibridi*, costituiti da un'unità a semisecco con filtro a maniche collocata a monte di un processo ad umido. Gli studi epidemiologici sinora condotti non permettono una chiara individuazione di pericoli né tanto meno una stima del rischio per le popolazioni residenti in prossimità di impianti di trattamento/smaltimento di rifiuti (discariche e inceneritori), in quanto il valore informativo di uno studio epidemiologico deriva da una chiara definizione delle esposizioni e degli effetti. L'accertamento della qualità e intensità dell'esposizione e la registrazione degli effetti biologici è notevolmente complessa, poiché i rifiuti sono spesso miscele complesse di composti chimici, agenti fisici e biologici, ed inoltre la tossicità potenziale può variare nel tempo e con il mezzo di trasporto. Le attuali tecniche di monitoraggio ed abbattimento delle emissioni inquinanti assicurano in ogni caso la depurazione di sostanze nocive alla salute umana, confinandole al di sotto delle soglie di sicurezza individuate dai tecnici sanitari.

Si possono stimare i vantaggi, in termini di riduzione dei gas serra, derivanti dalla termodistruzione dei rifiuti solidi urbani. Termovalorizzando 1 kg di RSU, a valle della raccolta differenziata, si possono ottenere circa 0,56 kWh elettrici. Questo comporta un'immissione in atmosfera di circa 324 g di CO_2 equivalente. Inoltre se

(Segue risvolti energetici, ambientali e socio-economici)

Se il rifiuto venisse smaltito in discarica, invece che utilizzato per il recupero energetico, produrrebbe un certo quantitativo di gas serra (principalmente metano). Si può considerare che le emissioni di metano per chilogrammo di rifiuto smaltito siano pari a 346 grammi di CO_2 equivalente (1 grammo di metano equivale a 24 grammi di CO_2 equivalente). Considerando che, in una discarica controllata, si può recuperare parte del biogas, si stima che utilizzando il biogas per la produzione elettrica si possa evitare l'immissione di 56 grammi di CO_2 equivalente per ogni chilogrammo di rifiuto smaltito. In totale si ha una emissione netta di CO_2 equivalente di 290 grammi (346-56). Complessivamente, quindi, per ogni chilogrammo di rifiuto impiegato per la produzione di elettricità si ottiene una riduzione di emissione di CO_2eq di circa 358 grammi (290+68) che si traduce in una riduzione per ogni kWh elettrico prodotto di **639 grammi di CO_2eq** (358/0.56). I vantaggi possono essere ulteriormente amplificati se si considera anche l'energia termica che si può sfruttare dalla termodistruzione dei rifiuti; in tal caso, per ogni kWh elettrico prodotto, le emissioni evitate superano 800 g CO_2eq .

Tempo di ritorno dell'investimento

A titolo di esempio, si riportano le valutazioni economiche riferite in [5]. Se si pongono a confronto due impianti di termovalorizzazione tipo, a parità di potenzialità di trattamento (250.000 t/anno di RSU), distinguendo tra combustore per RSU tal quale e combustore per CDR, si rendono necessari rispettivamente 950.000 €/MWt installato e 1.050.000 €/MWt installato (pot. elettrica netta: 22 MWe (comb. tal quale) e 16 MWe (comb. CDR)). L'investimento complessivo ammonta dunque a 41.720.000 € per il tal quale e 33.570.000 € per il CDR. I costi di gestione ammontano a 12.900.000 €/anno per il sistema WtE tal quale e 7.230.000 €/anno per il combustore di CDR. Applicando in entrambi i casi una tariffa di vendita di energia elettrica pari a 0,05 €/kWh, si ottiene un ricavo dalla vendita di en.elettrica di 8.500.000 €/anno per il combustore di tal quale e di 6.200.000 €/anno per il combustore di CDR, con un tempo di ritorno rispettivamente di 5 e 6 anni.

PROSPETTIVE DI SVILUPPO

Produzione

I dati più recenti sul recupero energetico da RU a livello europeo indicano l'esistenza a fine 2005 di 434 impianti, aventi una capacità di trattamento media superiore alle 10.000 t/a e in grado, quindi, di trattare complessivamente circa 57 milioni di tonnellate di rifiuti [6].

A livello nazionale la situazione relativa al recupero energetico da rifiuti urbani si è evoluta attraverso un lento ma costante aumento degli impianti, che ha riguardato dapprima le regioni del Nord del Paese e, solo negli ultimi anni, anche quelle del Centro-Sud, nelle quali tuttavia tale pratica rimane, a tutt'oggi, in forte ritardo (vedi Fig 3.).

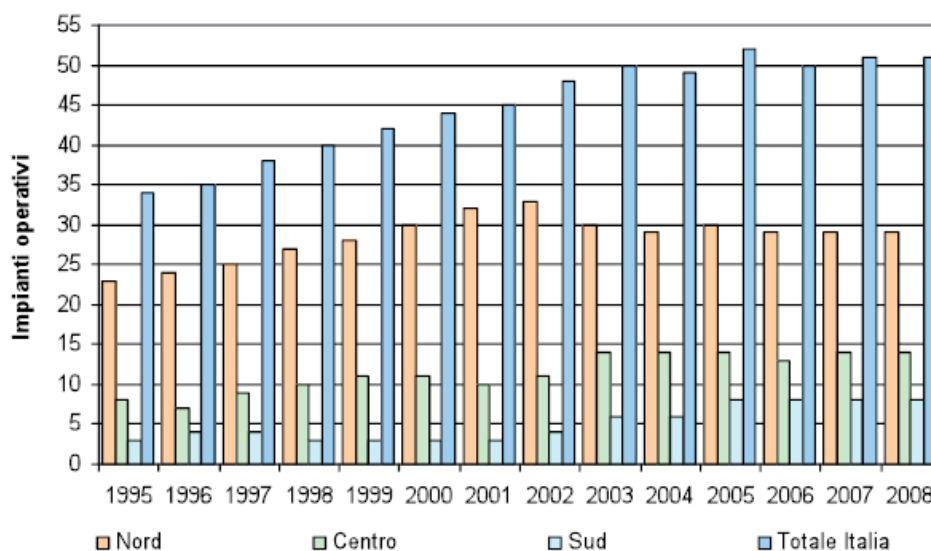


Figura 3 – Impianti di trattamento termico di RSU in Italia [2]

L'utilizzo della termovalorizzazione in Italia è dunque ancora limitato se confrontato a quello europeo, ma esistono dei presupposti per un buono sviluppo, anche in tempi rapidi.

Incentivi

A livello nazionale gli incentivi previsti per il recupero energetico da rifiuti urbani riguardano essenzialmente la produzione di energia elettrica, in qualità di fonti rinnovabili di energia così come riconosciuto dalla Direttiva 2001/77/CE.

Il meccanismo attualmente in vigore è quello dei Certificati verdi. A seguito dell'entrata in vigore della L. 296/2006, oggi, fatti salvi eventuali diritti acquisiti, possono essere incentivati solo i rifiuti totalmente biodegradabili, che in quanto tali, indipendentemente dalla loro corretta classificazione secondo la disciplina dei rifiuti (D.Lgs. 152/2006, parte IV), dal punto di vista della Direttiva 2001/77/CE5 sono da includere tra le biomasse. Nel caso di impianti alimentati a rifiuti non completamente biodegradabili, l'incentivo è limitato alla sola quota di energia elettrica prodotta imputabile alla frazione biodegradabile.

In attesa dell'emanazione del un decreto del Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, che definisca le modalità di calcolo della quota di produzione di energia elettrica imputabile alle fonti energetiche rinnovabili, realizzata in impianti che impiegano anche fonti energetiche non rinnovabili, sia per gli impianti ibridi che per gli impianti alimentati da rifiuti non completamente biodegradabili, si applicano le modalità di calcolo indicate nella "Procedura di qualificazione degli impianti alimentati a fonti rinnovabili" predisposta dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE) e approvata dai medesimi Ministeri con D.M. 21/12/2007. Si assume inoltre, nelle more di ulteriori aggiornamenti normativi, che la quota di produzione di energia elettrica imputabile a fonti rinnovabili, riconosciuta ai fini dell'accesso ai meccanismi incentivanti, sia pari al 51% della produzione complessiva, per tutta la durata degli incentivi, nel caso di impianti che utilizzino solamente rifiuti urbani a valle della raccolta differenziata o combustibile da rifiuti, conforme all'art. 183 del D.Lgs. 152/2006, prodotto esclusivamente da rifiuti urbani [7].

ATTUABILITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE

Fino al 2007 è stato operativo nel territorio regionale un termovalorizzatore, avente potenzialità di trattamento di circa 37.000 t/a, situato nei pressi di Terni. Il trend di rifiuti inviati a termovalorizzazione tra il 2003 e il 2007 è risultato piuttosto variabile (vedi Fig. 4).

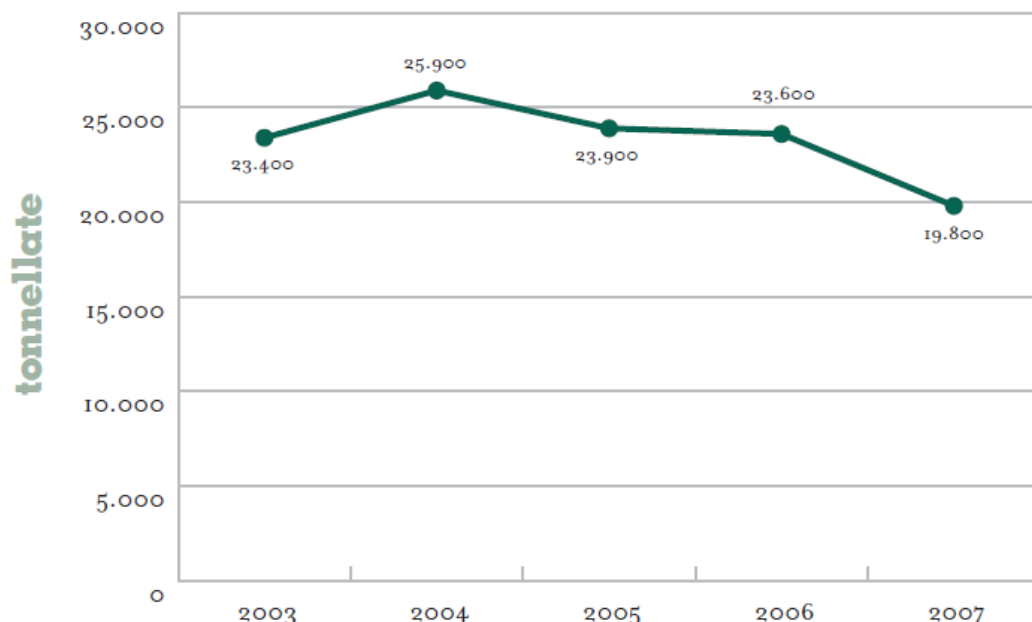


Figura 4 – Rifiuti inviati a termovalorizzazione in Umbria [8]

Il piano regionale per la gestione dei rifiuti prevede diversi scenari per il trattamento termico dei rifiuti, prendendo come anno di riferimento l'anno 2013. I flussi a combustione in impianto dedicato variano dalle 174.000 t/a (corrispondenti a 652.000 MWh/a) dello Scenario A – scenario caratterizzato dal trattamento termico in impianto dedicato del sovrappeso secco proveniente dalla selezione del rifiuto indifferenziato, cui si aggiungono i flussi di rifiuti di scarto provenienti dall'impiantistica di valorizzazione delle raccolte differenziate – fino alle 234.000 t/a (corrispondenti a 753.000 MWh/a) dello Scenario D, contraddistinto dall'assenza di trattamento meccanico-biologico del rifiuto indifferenziato residuo a valle delle raccolte differenziate. Nel caso della co-combustione in impianti industriali (Scenario C), il flusso di rifiuti avviato a recupero energetico come CDR è pari a 65.000 t/a (corrispondenti a 304.000 MWh/a). In Tabella 3 è possibile osservare nel dettaglio i flussi in ingresso e in uscita per ogni scenario di riferimento.

Tabella 3: Flussi dell'impiantistica di trattamento termico per ogni scenario all'anno 2013 [9]

	Scenario Zero	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
Input					
Rifiuto indifferenziato	-	-	-	-	196.659
Sovrappeso secco	-	136.184	-	-	-
CDR	-	-	-	65.101	-
Scarti RD	-	37.352	-	-	37.352
totale in ingresso [t/a]	-	173.535	-	65.101	234.011
PCI medio in ingresso [kJ/kg]	-	13.535	-	16.818	11.310
carico termico in ingresso [MWh/a]	-	652.423	-	304.133	735.158
Output					
Scorie	-	33.973	-	-	52.925
Ceneri leggere	-	8.677	-	-	11.701
Energia elettrica ceduta netta [MWh/a]	-	143.533	-	-	161.735

Considerando che il rapporto tra gli abitanti del comune di Perugia e quello dell'intera Regione è di circa 1:6, si può ipotizzare che il potenziale di rifiuti nello scenario C per Perugia sia pari a un sesto di quello regionale, con energia producibile pari a circa 50.000 MWh/anno.

NOTE

Riferimenti

- [1]. ANPA-ONR "Rapporto Rifiuti 2008";
- [2]. ENEA e Federambiente, *"Rapporto sul recupero energetico da rifiuti urbani in Italia"*, 2° edizione – febbraio 2009;
- [3]. M.Zagaroli – P. De Stefanis *"Tecnologie di termodistruzione: condizioni di esercizio e recupero energetico"*, ENEA – Dip.to Ambiente, Centro ricerche Casaccia, Roma;
- [4]. V. Iaboni, P. De Stefanis, *"Aspetti economici del recupero energetico da rifiuti urbani"*, ENEA – Dip.to Ambiente, Centro ricerche Casaccia, Roma (2007);
- [5]. S.Zannier, "Comparazione tra sistemi di recupero energetico dalla combustione di RSU o di CDR", tratto dagli Atti del III° Convegno Nazionale "Utilizzazione termica dei rifiuti", Abano terme 2001;
- [6]. ISWA – Working Group on Thermal Treatment, *"Energy from Waste, State of the Art Report Statistics 5th Edition"*, 2006;
- [7]. GSE, *"Guida agli incentivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili"*, Maggio 2010;
- [8]. ARPA UMBRIA, "Annuario dei dati ambientali – 2009";
- [9]. Piano regionale di gestione dei rifiuti, Allegato A alla D.G.R 6 Ottobre 2008 n° 1293