



Di.Pro.Ve. Università degli Studi di Milano
Dipartimento di Produzione Vegetale
Sezione di Fisiologia delle Piante Coltivate e Chimica Agraria
Via Celoria 2 - 20133 Milano - Tel. +39 0250316546 - Fax +39 0250316521- [E-mail: fabrizio.adani@unimi.it](mailto:fabrizio.adani@unimi.it)

Milano 25.06.03

Fabrizio Adani
Dipartimento di Produzione Vegetale - Gruppo Ricicla –
Università degli Studi di Milano, 20133 Milano
[e-mail: Fabrizio.adani@unimi.it](mailto:Fabrizio.adani@unimi.it)
sito web: <http://users.unimi.it/~ricicla/ricicla.htm>

CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA
POSSIBILITA DELL'INTRODUZIONE DELLA
BIOESSICCAZIONE NELLA FILIERA DI
GESTIONE INTEGRATA DEI RIFIUTI URBANI
NELLA PROVINCIA DI TRENTO: RELAZIONE
CONCLUSIVA



Incarico ricevuto dalla Provincia Autonoma di Trento rif.....

INDICE

1. **INTRODUZIONE**

2. **COSA È IL BIOESSICCAMENTO ?**
 - 2.1 Il prodotto del bioessiccamento

 - 2.2 Bioessiccato e CDR

3. **CONFRONTO DEI BILANCI ENERGETICI
RELATIVI A DIVERSE FILIERE DI GESTIONE
DEI RIFIUTI URBANI A VALLE DELLA
RACCOLTA DIFFERENZIATA DELLA
PROVINCIA DI TRENTO**

4. **BIOESSICCAMENTO: VANTAGGI
CONSEGUIBILI COL BIOESSICCAMENTO**
 - 4.1 Flessibilità di gestione del rifiuto introducendo il pretrattamento

5. **COSTI**

6. **CONCLUSIONI**

7. **APPENDICE**

8. **LETTERATURA**

1. INTRODUZIONE

La presente relazione vuole essere un punto di partenza per la valutazione della possibilità di introdurre il pretrattamento dei rifiuti urbani nella filiera di trattamento dei rifiuti in provincia di Trento, tramite bioessiccazione

La relazione viene redatta considerando i dati forniti dalla Provincia di Trento nel Piano Provinciale di Smaltimento dei Rifiuti (Provincia di Trento, 2002) e quanto riportato nel CD relativo alla progettazione preliminare ed alla valutazione di impatto ambientale del termocombustore, ipotizzato nel piano, e redatto a cura della SIA e dell'Università di Trento (SIA-Univ. di Trento, 2002), oltre a dati reperiti in letteratura (vedi bibliografia).

2. COSA È IL BIOESSICCAMENTO

2.1 Il prodotto del bioessiccamento

Con processo di bioessiccamento si deve intendere un processo biologico aerobico volto, in seguito allo sfruttamento del calore prodotto dalle reazioni di degradazioni aerobiche, all'essiccamento ed alla biostabilizzazione della biomassa (Adani 2000). Detto ciò due risultano gli aspetti rilevanti di tale processo:

- l'essiccamento della biomassa;
- la stabilizzazione della biomassa.

Spesso si tende a dividere in modo netto il processo di bioessiccamento da quello di stabilizzazione. Niente di più errato. I due processi si basano sullo stesso principio ed è più corretto quindi, anche nel caso di un processo di bioessiccamento, parlare di processo di biostabilizzazione. Adani (2000) ha introdotto una nuova nomenclatura con riferimento ai processi aerobi di pretrattamento dei rifiuti urbani definendoli, a seconda delle modalità di pretrattamento meccanico in processi:

- a flussi separati (biostabilization end composting) (Wiemer and Kern, 1996)
- a flusso unico (es. bioessiccamento, tratt. dei rifiuti *in situ*) (Adani et al., 2002).

Nel primo caso si fa riferimento alla classica separazione meccanica dei due flussi: sovravaglio e sottovaglio, indirizzando poi al trattamento biologico la frazione sottovaglio. Col secondo termine si indica un processo in cui tutto il rifiuto viene sottoposto a trattamento biologico.

I processi a flusso unico (ai quali il bioessiccamento appartiene) permettono l'ottenimento di elevati gradi di stabilità biologica in soli 10-15 giorni (Calcaterra et al., 2000; Adani et al., 2002). Ciò lo si deve alle migliori condizioni di processo rispetto ai tradizionali processi di compostaggio, in primis l'elevata porosità cui consegue un elevato free air space (anche del 50%, rispetto a valori < 25% per processi di compostaggio e o MBT) (Adani et al., 2002).

Letteratura recente (Adani et al., 2002; Calcaterra et al., 2000) mette in evidenza per rifiuti urbani trattati con processi biologici a flusso unico, valori di stabilità biologica elevati ovvero, traducendo ciò in valori respirometrici (consumo orario di ossigeno dei microrganismi per degradare la sostanza organica), Indici di Respirazione Dinamici inferiori a $1000 \text{ mg O}_2 \text{ kg SV}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Tabella1), parametro respirometrico questo, ormai accettato sia a livello Nazionale (Regione Lombardia 2003, Regione Basilicata, 2002, Regione Sicilia, 2002, Regione Puglia, 2002, Regione Campania, 2002) che internazionale (EU, 2001) per indicare la piena stabilità biologica.

Tabella 1. Valori dell'Indice di Respirazione Dinamico, COD, BOD₅ e rapporto BOD₅/COD per rifiuti tal quali e trattati: A: tratt. a flusso unico (bioess.-biost.); B: tratt. A flusso separato (il n. indica il processo, i = iniziale, m = medio e f = finale).

		IRD (mgO ₂ /kg SV*h)	BOD₅ (mgO ₂ /L)	COD (mgO ₂ /L)	BOD₅/COD
Adani et al. 1998	A1 i	-	1650	2182	0.76
	A1 f (37gg)	-	270	655	0.41
	A2 i	-	2400	3075	0.78
	A2 f (37gg)	-	280	635	0.44
Cossu et al. 2001	B1 i	4126	3875	4998	0.78
	B1 m	2529	500	1297	0.39
	B1 f	780	650	1710	0.38
	B2 i	5148	3900	4864	0.80
	B2 m	1300	1450	3094	0.47
	B2 f	985	1100	2296	0.48
	B3 i	3255	2000	4470	0.57
	B3 m	2394	2150	3269	0.58
	B3 f	918	1750	3798	0.45
		IRD (mgO ₂ /kg SV*h)	BOD₅ (mgO ₂ /L)	COD (mgO ₂ /L)	BOD₅/COD
Cossu et al. 2001	A3 i	1808	2600	3783	0.69
	A3 f (12gg)	692	1675	2935	0.57
	A4 i	1746	3400	4305	0.79
	A4 f (12gg)	595	750	1904	0.39
	A5 i	1971	950	1730	0.55
	A5 f (12gg)	582	640	1557	0.41

In conclusione, il processo di bioessiccamento deve essere inteso a pieno titolo come un processo di bioessiccamento-biostabilizzazione che, in virtù delle particolari caratteristiche della massa, elevata porosità in seguito alla presenza delle frazioni a maggior pezzatura non eliminate per vagliatura (Adani, 2000), consente di ottenere un prodotto, dopo solo 10-15 giorni di processo, stabile, essiccato ed igienizzato (in virtù delle elevate temperature raggiunte > 50°C).

Ma perché è così importante la stabilità biologica? La stabilità biologica è una misura dell'attività microbiologica e quindi, indirettamente, fornisce indicazioni circa gli impatti del rifiuto stesso intesi questi come: attività microbiche, autoriscaldamento della massa, produzione di odori, grado di igienizzazione e produzione residua di biogas. E' evidente che un grado elevato di stabilità biologica si traduce in un minor impatto del rifiuto nel caso di un suo stoccaggio sia nel breve (odori) che nel medio periodo (odori, attrattività per animali, fermentazioni anomale etc.). Come ampiamente

documentato in letteratura, un corretto trattamento di bioessiccamento-biostabilizzazione, riduce le potenzialità d'impatto anche del 60-80 % (Favoino et al., 2002) (Figure 1,2 e 3).

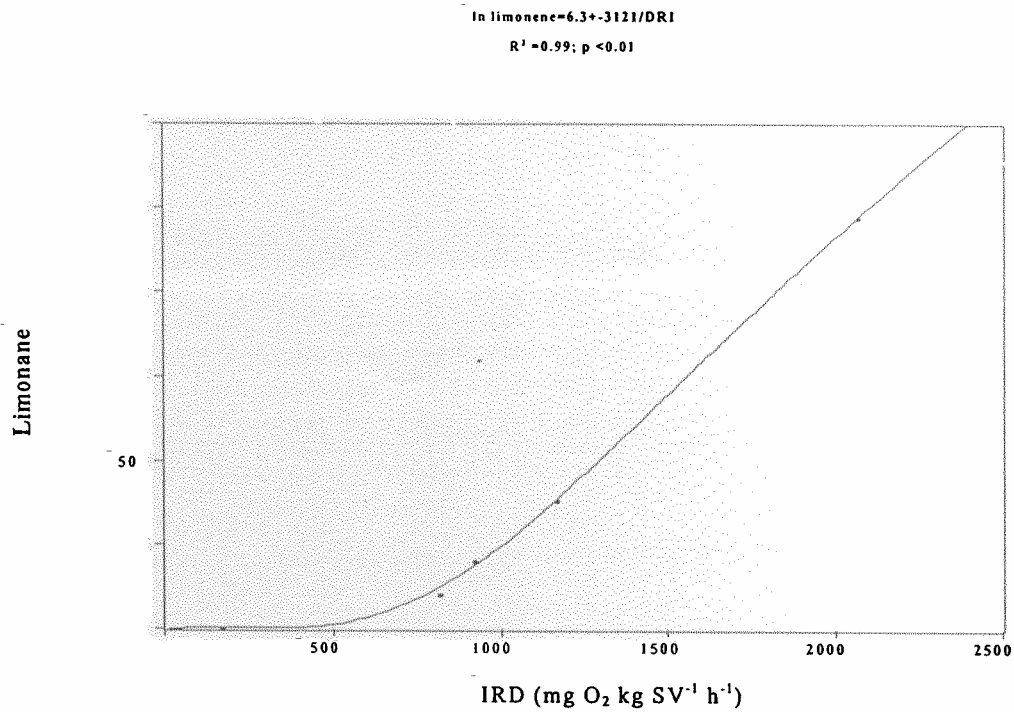


Figura 1. Produzione di limonene (indice dell'odore di "spazzatura") in funzione del grado di stabilità biologica durante un processo di bioessiccamento/biostabilizzazione (da Adani et al., 2002).

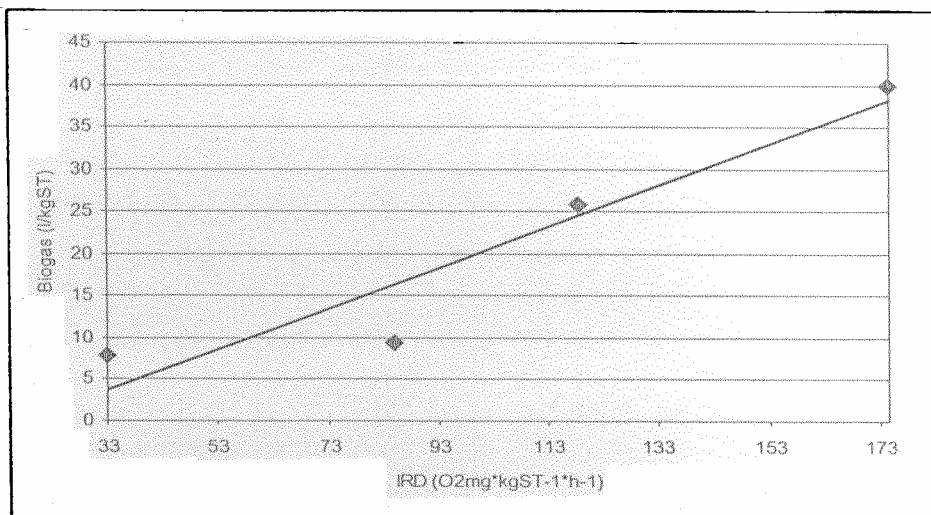


Figura 2. Retta di regressione dell'Indice di Respirazione Dinamico vs la produzione residua di biogas per biomasse stabili (da Adani et al., 2002).

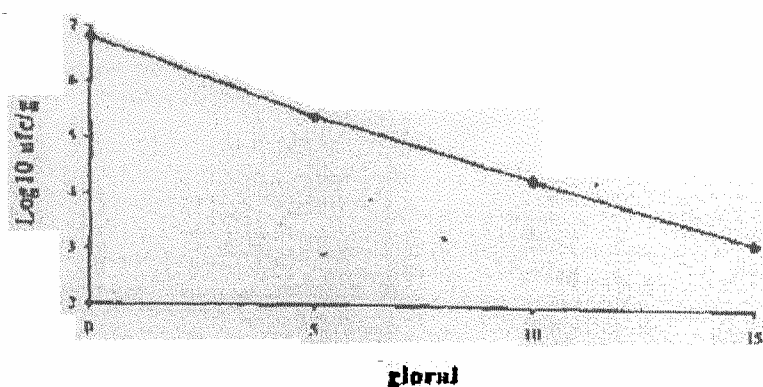


Figura 3. Riduzione del contenuto di coli fecali durante un processo di bioessiccazione-biostabilizzazione (da Calcaterra, 1996).

In conclusione il processo di bioessiccamento deve essere visto anche come un processo di biostabilizzazione, dove potremo favorire la stabilità biologica agendo sui parametri di processo (portate d'aria/temperature) (flessibilità del processo biologico) (Adani et al., 2002), in modo tale da ottenere prodotti ad elevata stabilità biologica ($IRD < 1000 \text{ mg O}_2 \text{ kg SV}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

2.2 Bioessiccato e CDR

Il prodotto del processo di bioessiccamento viene spesso ed erroneamente associato al CDR (combustibile derivato dai rifiuti). E' bene anche in questo caso fare alcuni chiarimenti.

Con bioessiccamento si deve intendere solo il processo biologico aerobico il cui fine, come già detto, è quello di essiccare, stabilizzare ed igienizzare la biomassa. E' solo a seguito di ulteriori lavorazioni meccaniche (vagliature etc.) che si ottiene il CDR; d'altro canto, la produzione di CDR non implica necessariamente un processo di bioessiccamento (es. vagliatura primaria del RU).

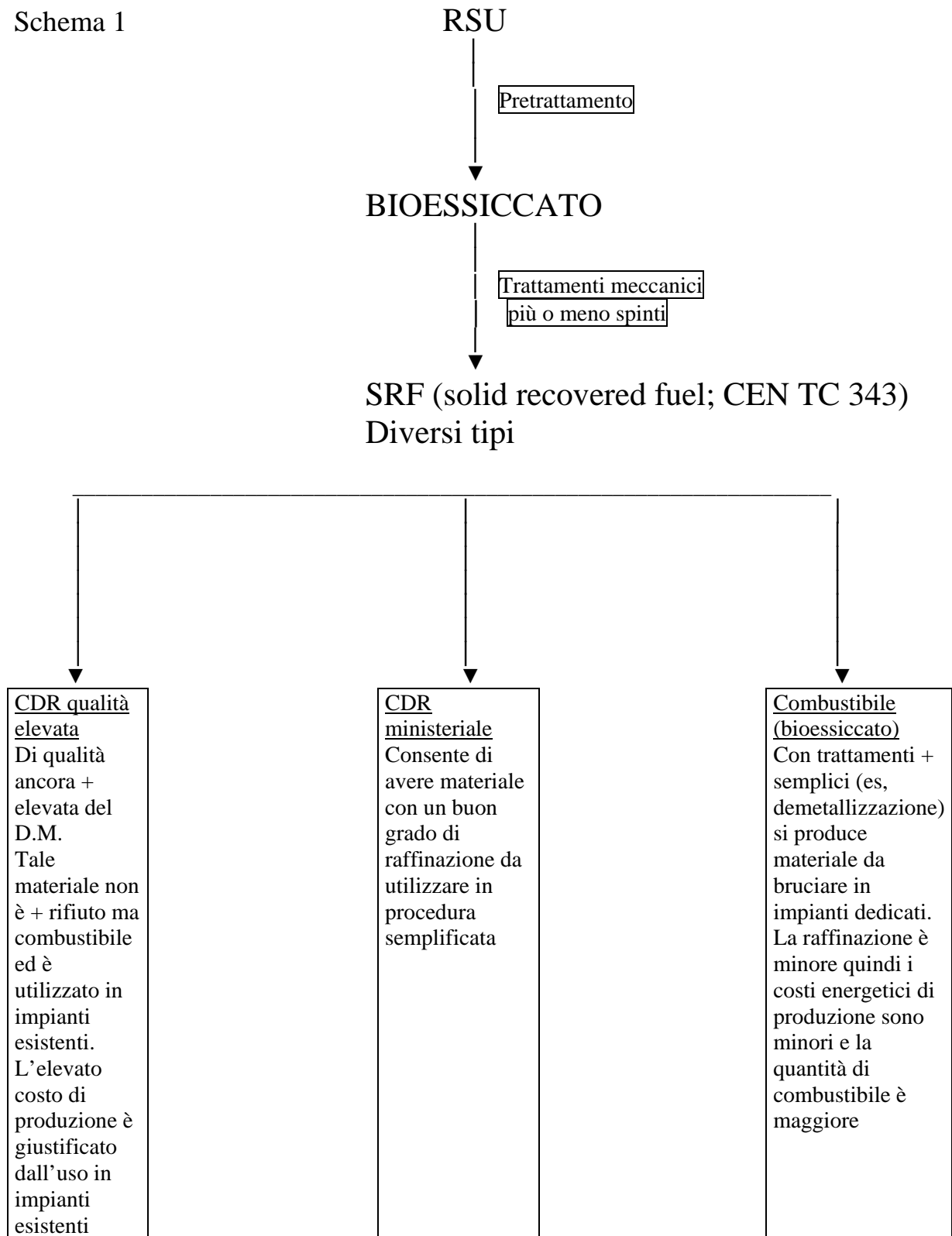
Quindi col processo di bioessiccamento si ottiene una massa essiccata e stabile che potrà essere utilizzata tal quale, o potrà essere ulteriormente lavorata per produrre combustibili derivati dai rifiuti (es. CDR) di diverse caratteristiche, a seconda degli utilizzi finali. Si deve introdurre un nuovo concetto di combustibili dai rifiuti che deve tener conto anche di quanto sta accadendo a livello Comunitario. In particolare, sempre più si fa riferimento, anche per i rifiuti, alla definizione di Solid Recovered Fules (SRF) (è stato istituito anche un Comitato normatore *ad hoc*: CEN/TC 343) (EU, 2002), indicando con tale termine un vasta gamma di prodotti combustibili ottenibili da masse di scarto. Lo schema 1, introduce questa nuova concezione di SRF al caso bioessiccamento.

Dallo schema si evince che il processo di bioessiccamento origina già di per sé un SRF ma anche che, a seguito di successive sue lavorazioni è possibile ottenere altre categorie di prodotti, in funzione del loro utilizzo finale in impianti presenti nel territorio (es. presenza di cementerie, centrali termoelettriche etc.).

Quanto sopra discusso ci è utile per ribadire il concetto per cui, il processo di bioessiccamento, produce un bioessiccato stabile ed igienizzato, il cui destino finale e/o sue lavorazioni successive, dipenderanno dalle diverse situazioni territoriali etc.. Ciò significa che optare per una gestione dei rifiuti che implica il bioessiccamento non significa produrre CDR, anche se non lo esclude a priori. In tal caso si sottolinea come il bioessiccamento introduca già di per sé un fattore di flessibilità non trascurabile. In conclusione è bene sottolineare che affrontare il problema solo in termini energetico-

ambientali confrontando soluzioni che prevedono la termocombustione finale con nuovo impianto deve essere ben valutata. In particolare dovrebbero essere considerate soluzioni ibride, ovvero che tengano conto dei diversi scenari e di una maggior integrazione con le realtà territoriali produttive (cementifici etc.). Ne è un esempio quanto si sta facendo in Provincia di Cuneo (Bruno et al., 2002).

Schema 1



dove, l'attività integrata porterà ad una gestione dei rifiuti che tiene conto di ciò che è presente sul territorio. In tal senso un processo di bioessiccamento individuato come primo anello per la produzione di SRF di diversa tipologia, potrebbe essere d'aiuto se strutturato e concepito per le esigenze del territorio (necessità delle cementerie, centrali termiche etc.). In tal senso appare utile, proprio partendo dalla possibilità o meno di considerare il bioessiccamento, di riconsiderare anche il destino finale del rifiuto che non necessariamente dovrà essere la termocombustione in termocombustore dedicato.

3. CONFRONTO DEI BILANCI ENERGETICI RELATIVI A DIVERSE FILIERE DI GESTIONE DEI RIFIUTI URBANI A VALLE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA DELLA PROVINCIA DI TRENTO.

Il capitolo di seguito presentato, considera il bilancio energetico relativo al confronto di diverse filiere di gestione dei rifiuti. Per far ciò, mi sono riferito allo studio recentemente prodotto dal Politecnico di Milano (Consonni e Giuliano, 2002), ottima base di partenza ed usato quale sorta di "hand-book". I dati utilizzati sono quelli forniti dalla Provincia di Trento, dalla letteratura, nonché da esperti dei diversi settori. Si è cercato di usare dati aggiornati e verosimili, considerando lo scenario futuro della gestione dei rifiuti nella Provincia di Trento.

Filiera 1: DIRETTO INCENERIMENTO DEL RIFIUTO URBANO

In tale caso si considera l'incenerimento diretto del rifiuto prodotto. Il ricorso all'incenerimento è fatto solo per comodità di calcolo e per riferirsi a documentazione già presente (Documento del Politecnico di Milano), ciò non esclude l'ipotesi di produrre energia in modo alternativo quale, ad esempio, l'utilizzo della pirolisi secondo modalità già consolidate e/o in impianti già esistenti. I dati utilizzati (Tabella 2) sono quelli forniti dalla Provincia di Trento.

Tabella 2. Quantità e PCI delle diverse tipologie di rifiuto destinate al termocombustore (dati SIA - Univ. di Trento)

Tipologia dei rifiuti	Quantitativi (t/a)	PCI Kcal/kg
RU	154.800	2.918
Rifiuti speciali assimilati agli urbani	31.100	4.000
Rifiuti ospedalieri trattati	2.500	3.800
Tratt. Ingombranti	5.500	3.500
Residui da compostaggio del verde e dei fanghi	4.000	3.000
Fanghi essiccati al 90%	11.730	3.800
Rifiuti imballati e quota Bolzano	32.229	3.000
Totale	241.850	3.134

Filiera 2: RIFIUTO BIOESSICCATO

Tale filiera considera il bioessiccamento di alcune tipologie di rifiuti prodotti. Consideriamo la Tabella 2 relativa alle diverse quantità e categorie di rifiuti destinate al combustore ed adattiamole al bioessiccamento. Ora possiamo bioessiccare le quote/a di RU + res. Compostaggio + tratt ingombranti cioè: 164.300 t/a. Considerando le performance più recenti di diversi impianti di bioessiccamento ed alla luce della tipologia di rifiuto ottenibile a regime (RD = 50%) (Tabella 3), otterremo dal processo di bioessiccamento, una quantità (in %) di bioessiccato pari al 72% con un tenore di umidità del 9-11%

ed un PCI di 4.050 kcal kg⁻¹ (Calcaterra et al., 2000; Ambiente Italia, 1998); ciò si traduce in numeri in 118.296 t/a di bioessiccato che aggiunte alle quantità di rifiuti non pre-trattati significano: 163.626 t/a.

A tale quantità vanno addizionati gli accumuli di rifiuto dal 2001 sino all'entrata in funzione dell'utilizzatore finale (2006).

Ora se si considera l'introduzione di un pretrattamento quale il bioessiccamento, la quota parte denominata ecoballe + quota Bolzano (Tabella 2) rimarrà eguale, essendo prevista l'entrata in funzione del combustore sempre e comunque nel 2006. Ciò che cambia è che tale quota sarà rappresentata da bioessiccato e non da ecoballe. In particolare, si dovrà procedere allo stoccaggio (ecoballe) della quota parte di rifiuto accumulato negli anni necessari per la realizzazione del bioessiccatore (previsto per il 2005), suddividendo poi il loro utilizzo in combustore nei 15 anni già previsti dal Piano Provinciale. Si dovrà considerare anche la quota di rifiuto che verrà direttamente bioessiccata ma non termo-utilizzata in attesa del combustore (periodo dal 2005 al 2006). In conclusione tali due quote rappresentano il bioessiccato ottenibile e stoccato per gli anni 2001-2006, ovvero bioessiccato da 433.4001 (SIA-Univ. di Trento, 2002) a cui aggiungere la quota Bolzano di 50.000 t, per un totale di 483.400. Tale quota verrà ripartita su 15 anni. Adottando parametri di resa del processo di bioessiccamento, come esposti in tabella 4 e 6, si calcola una quantità di bioessiccato/anno proveniente dalla stoccaggio 2001-2006 di 23.203 t/a o 17.724 t/a di CDR "ministeriale". Le Tabelle 4 e 6 riportano i risultati quantitativi di tali scelte ovvero le quantità di rifiuti da trattare e le quantità di rifiuti da destinarsi a combustore e/o altro pretrattamento.

Tabella 3. Composizione merceologica del rifiuto residuo una volta raggiunta una RD del 50 %
(da: Piano Provinciale di Smaltimento Provincia Autonoma di Trento)

Tipologia merceologica	Comp. Residuo (%)
Vetro	3.8
Altri inerti	8.1
Metalli	1.4
Alluminio BL	2.5
RUP	0.2
Tessili, cuoio, pelli	3.9
Plastica e gomma	18.0
Carta cartone	33.3
Legno	4.8
Poliaccoppiati	3.2
Fraz. organica	21.0
Altro	0.0
Totale	100
*Umidità	30
**PCI (kcal/kg ⁻¹)	2918

* Dato assunto in quanto non indicato e ritenuto verosimile

** dato da SIA – Univ. Trento

Tabella 4. Quantità e PCI dei rifiuti da trattare/anno nella filiera 2 considerando l'entrata in funzione della bioessiccazione nel 2005.

Tipologia dei rifiuti	Quantitativi (t/a)	PCI Kcal/kg
RU	154.800	2.918
Rifiuti speciali assimilati agli urbani	31.100	4.000
Rifiuti ospedalieri trattati	2.500	3.800
Tratt. Ingombranti	5.500	3.500
Residui da compostaggio del verde e dei fanghi	4.000	3.000
Fanghi essiccati al 90%	11.730	3.800
Rifiuti imballati e quota Bolzano (quota 2001-2005)	22.626	3.000

In totale si dovranno prevedere circa 186.926 t/a di rifiuti per produrre energia. Tale quantità potrà essere considerata, ma non necessariamente, per produrre SRF (solid refuse fuel) in seguito a trattamenti meccanici, oppure potrà essere direttamente utilizzata per produrre energia e/o disposto quale biostabilizzato in discarica.

Tabella 5. Frazioni ottenibili in seguito a processo di bioessiccamento dati percentuali

Tipologia	Quantità (%)
Bioessiccato	72%
Perdite processo	28%

Tabella 6. Frazioni combustibili: filiera 2

Tipologia	Quantità (t/a)	PCI
RU Bioessiccato	118.296	4.050
Fanghi essiccati al 90% *	11.730	3.800
Rifiuti ospedalieri trattati	2.500	3.800
Rifiuti speciali assimilati agli urbani	31.100	4.000
Rifiuti imballati e quota Bolzano (quota 2001-2006) bioessiccati	23.303	4.050
Totale	186.829	4.024

* se effettivamente già essiccati

Filiera 3: PRODUZIONE DI CDR

La filiera 3 considera la successiva lavorazione del bioessiccato per dare origine a CDR. Assumendo i dati riportati in tabella 7 si ottengono i risultati riassunti in Tabella 8.

Tabella 7. Frazioni ottenibili in seguito a processo di bioessiccamento dati percentuali (quantità riferite a 100 kg di rifiuto iniziale)

Tipologia	Quantità (%)
CDR	55
Metalli	5
Sottovaglio Compost grigio	10

Detto ciò le quantità di rifiuto saranno (Tabella 8 e 9):

Tabella 8. Frazioni ottenibili in seguito a processo di bioessiccamento e successiva produzione di CDR: dati quantitativi

Tipologia	Quantità (%)	PCI
CDR	108.089	4.500
Metalli	9.346	
Sottovaglio Compost grigio	18.692	
H ₂ O + CO ₂	46.440	

Tabella 9. Frazioni combustibili: filiera 3

Tipologia	Quantità (t/a)	PCI
Bioessiccato	108.165	4.500
Fanghi essiccati al 90 %	11.730	3.800
Rifiuti ospedalieri trattati	2.500	3.800
Rifiuti speciali assimilati agli urbani	31.100	4.000
Totale	153.495	4.333

Tabella 10. Confronti energetici riferiti a 1000 kg di rifiuto a valle della RD (RD = 50 %)

Filiera 1: ¹ termocombustione diretta della totalità dei rifiuti prodotta

Filiera 2: ¹ termocombustione di: RU bioessiccato + rifiuti osped. + fanghi + rif. assimil.

Filiera 3: ¹ termocombustione di: CDR, + rifiuti osped. + fanghi + rif.assimil.

¹ ipotesi della termocombustione fatta solo per comodità di calcolo

BACINO : 240.000 t/a			
	Filiera 1	Filiera 2	Filiera 3
KWh _{e1} per pretrattamento		33	55
KWh _{e1} netti da Termoutilizzo	1017	959	786.6* (816)**
KWh _{e1} netti	1017	926	731 (761)
TEP risparmiate nella generazione elettrica	0.2333	0.2123	0.1675* (0.1744)**
TEP gas naturale per il pretrattamento	0	0 (0.0085)	0 (0.0085)***
TEP consumate per il trasporto	0.0008	0.0006	0.0006
TEP nette risparmiate	0.2323	0.2117 (0.2032)	0.1615 (0.1530) (0.1738)**
Resa energ. (%)	100	91	69 (75)**

* considera CDR + residui ospedal. + assimil. + fanghi

** considera solo CDR

*** nel caso di utilizzo di biofiltri termici

I valori energetici sono stati calcolati considerando rendimenti (η) dei termoutilizzatori del 28%, come riportato nel documento Consonni e Giuliano, (2002) per impianti di "grande taglia" (Consonni e Giuliano, 2002). Vi è da sottolineare che a prescindere dal rendimento assunto, i dati possono essere confrontati comunque; detto ciò, dalla letteratura si evince che la produzione di energia da rifiuti ad elevato potere calorico dovrebbero garantire rendimenti superiori, riducendo così il divario energetico del 9%, ottenuto in seguito all'utilizzo del bioessiccato al posto del rifiuto tal quale (Tabella 10).

Al fine di validare i dati forniti nelle tabelle precedenti, ho confrontato le rese energetiche ottenibili con la filiera CDR (filiera 3) (fatte pari a 100 % quella della filiera 1) con quanto riportato nel documento del Politecnico di Milano relativamente alla medesima filiera (Consonni e Giuliano, 2002) (Tabella 11).

Tabella 11. Confronto dei dati "Adani" coi dati Politecnico di Milano (Consonni e Giuliano, 2002) relativamente alla filiera con CDR.

Riferimento	PCI	Resa rispetto alla filiera 1 : RU t.q.
Politecnico	3.702	73.50 %
Adani 1	4.333	69 %
Adani 2	4.500	75 %

Adani 1: cdr + altri rifiuti
Adani solo cdr come previsto dal doc. del Politecnico

Dalla tabella si evince che, per i soli dati confrontabili (filiera con CDR), nonostante si sia partiti da rifiuti completamente diversi (si confronti la tabella 2 con la tabella 3.3 del doc. Politecnico), ovvero nel caso del doc. Politecnico da rifiuti differenziati con RD del 35% e per il caso "Adani" rifiuti differenziati con RD = 50%, le rese sono praticamente simili a testimonianza che le assunzioni fatte erano corrette.

In conclusione si evidenzia come la filiera bioessiccamento determina una "perdita" energetica solo del 9%. Ciò appare evidente anche dalla sola considerazione che nel caso della filiera 2, così come per la filiera 1, tutto il rifiuto, teoricamente, potrebbe essere termoutilizzato, a meno della quota parte di sostanza organica degradata in seguito al processo di bioessiccamento (stimabile in 4-6%). Preme ricordare, ancora una volta, che la termoutilizzazione di un rifiuto "secco", a più elevato potere calorico, consente rendimenti energetici superiori (anche del 20% superiori) (CITEC, 2002) cale per cui non si dovrebbero palesare differenze "energetiche" tra la filiera 1 e 2.

Nel caso della produzione di CDR, le rese energetiche sono inferiori e pari al 75% in linea con quanto già emerso dallo studio condotto dal Politecnico di Milano.

I calcoli sopra riportati, come già ampiamente discusso, non tengono però conto del fatto che, come spesso la letteratura riporta, la produzione di bioessiccato e/o CDR comportino rese di termoutilizzazione superiori. Ad esempio, un recente lavoro di Bonomi (2003), evidenzia come la soluzione pretrattamento con produzione di CDR sia, energeticamente parlando, "più conveniente" della soluzione "diretta combustione". In tal caso la differenza proveniva essenzialmente dalle diverse rese energetiche di termoutilizzazione assunte (Figura 4).

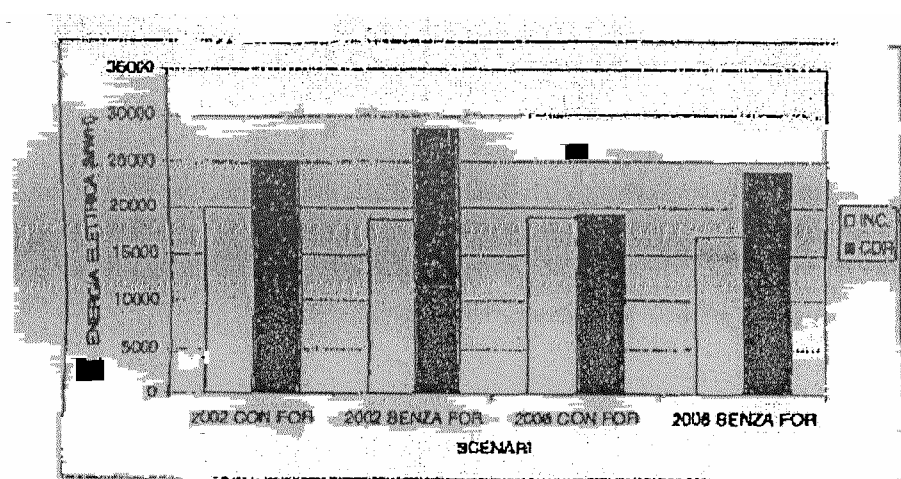


Figura 4. Produzione di energia elettrica nei vari scenari: inc = diretto incenerimento; CDR = produzione CDR (da Bonomi, 2003)

Scorrendo ancora la letteratura, si trovano lavori che sostengono tesi completamente diverse (Maraniello, 2003). In conclusione, circa i bilanci energetici, si deve sottolineare che se è vero che i pre-trattamenti determinano una riduzione del contenuto totale energetico (è evidente visto che i prodotti non rappresentano mai la totalità di partenza e per il fatto che per pre-trattare serve energia) è anche vero che l'assioma: pretrattamento = riduzione dell'energia totale, non è sempre vera e dipende da chi fa i calcoli, dalle assunzioni fatte etc..

In base ai calcoli fatti ed alla letteratura consultata, mi sento di osservare che probabilmente, le filiere qui considerate, tutto sommato, non presentano differenze significative in termini di energia totale netta producibile e che quindi, la scelta dell'una o dell'altra dovrà basarsi su altri elementi di speculazione.

4. BIOESSICCAMENTO: VANTAGGI CONSEGUIBILI COL BIOESSICCAMENTO

Da quanto sopra esposto emerge come, da un punto di vista strettamente energetico, il bioessiccamento risulti solo leggermente penalizzante rispetto all'utilizzo del rifiuto tal quale.

Detto ciò, la discussione non deve basarsi solo su aspetti puramente energetici ma, altri aspetti, legati all'impatto ambientale (es. emissioni, gas serra etc.), al territorio, alla salute pubblica, alla flessibilità etc. devono essere considerati. Con riferimento all'impatto ambientale ed alla salute pubblica si rimanda a quanto i colleghi produrranno in analoghi documenti.

Detto ciò, di seguito evidenzierò solo alcuni aspetti positivi, soprattutto di tipo gestionale, che l'introduzione del bioessiccamento potrebbe produrre.

4.1 Flessibilità di gestione del rifiuto introducendo il pretrattamento

Rifiuto stoccato in attesa del termocombustore

Una prima nota fa riferimento al problema dello stoccaggio dei rifiuti urbani dal 2001 sino al 2006; francamente, è probabile una dilatazione di tali tempi in virtù delle numerose esperienze che indicano, per l'entrata in funzione effettiva di un termocombustore, tempi di almeno un anno superiori. Lo stoccaggio dei rifiuti, secondo il Piano Provinciale, avverrà in ecoballe, ovvero, in condizioni tali per cui sia l'igienicità del prodotto che la sua inerzia biologica, non viene garantita. In tali condizioni, l'introduzione del bioessiccamento permetterà, senza dubbio, di supplire a tale deficienza, dovendosi stoccare i rifiuti "tal quali" in ecoballe per un solo anno (per il 2004), mentre in seguito, sia quelli già stoccati che quelli prodotti dal 2005 in poi, saranno bioessiccati. Più importante appare il fatto che tali "ecoballe" dovrebbero restare per almeno 15 anni (anni previsti per il loro incenerimento). Ora, alla luce di diverse esperienze passate, lo stoccaggio di un biostabilizzato e per di più bioessiccato, offre sicuramente vantaggi di sicurezza ambientale notevoli, soprattutto nel lungo periodo (Favoino et al., 2002; Adani et al., 2002).

Flessibilità di esercizio del termocombustore o altro impianto previsto per l'utilizzo finale del rifiuto

Flessibilità di gestione rispetto alla popolazione fluttuante

Come già indicato in una prima nota (Adani, 2003), facevo notare come la produzione di rifiuti nella provincia di Trento può fluttuare in relazione alle presenze stagionali. In siffatte condizioni, l'eventuale termocombustore dovrebbe essere dimensionato sui picchi di produzione (es. luglio-agosto, dic-gen.) con conseguente sottoutilizzo durante il resto dell'anno o richiedere, per tali periodi di sovrapproduzione, lo stoccaggio di rifiuto tal quale.

Dal Piano provinciale di smaltimento dei rifiuti (Provincia autonoma di Trento, 2002), si calcola che la popolazione equivalente (ovvero che tiene conto delle presenze turistiche), sopravanza la popolazione residente di ca. 73.000 presenze, ovvero il 10% in più. Ciò è vero su base annua, ma se si

considera la concentrazione delle presenze fluttuanti, nei mesi estivi (luglio e agosto) e a cavallo di dicembre e gennaio, per un totale di 3 mesi, si deve considerare una sopravanzo di popolazione ben superiore, soprattutto per i comprensori più periferici a maggior vocazione vacanziera che dovranno prevedere anche interventi di trasporto del rifiuto in eccesso, verso il termocombustore.

Il ricorso al bioessiccamento permetterebbe, in tale caso, maggior flessibilità nella gestione dei rifiuti, potendosi, in ogni momento, stoccare rifiuto stabile, igienizzato ed essiccato soprattutto nel caso della presenza di impianti di bioessiccamento periferici.

Flessibilità di gestione rispetto alla gestione del termocombustore

Nel progetto presentato da SIA-Univ. di Trento, relativamente alla progettazione del termocombustore, si fa cenno ad un fermo impianto di 90 giorni. Ora, se ciò fosse confermato, come gestire durante questo periodo (i rifiuti prodotti sarebbero circa il 25 % della produzione annua a cui vanno aggiunte le quantità stoccate) il rifiuto prodotto? Sicuramente le ecoballe non offrono garanzia di uno stoccaggio sicuro soprattutto nel caso di eventi meteorici eccezionali, vista la dislocazione delle stesse. Se si osserva la tabella 2.3 del documento Politecnico di Milano (Consonni e Giuliano, 2002), si osserva che le *ore equivalenti*, anche per impianti a griglia di nuova generazione (es. citati, AMSA, Milano e AEM, Cremona), risultino basse; ciò significa fermi impianto non trascurabili con conseguente necessità di stoccare il rifiuto per mesi, o trovare altre soluzioni, che paiono impossibili, vista la ferma convinzione della Provincia di trattare tutto il rifiuto prodotto sul proprio territorio. La bioessiccazione, al contrario, permetterebbe lo stoccaggio in sicurezza del rifiuto. Quanto osservato vale anche nel caso di fermi impianto non previsti (ma sempre presenti) che determinerebbero una vera emergenza rifiuti.

Flessibilità di utilizzo dei prodotti finali

Come già accennato a proposito del processo di bioessiccamento, la successiva lavorazione del bioessiccato può originare altri prodotti con differenti possibili utilizzi (es. CDR ministeriale, CDR ad elevata purezza). In tal caso il "rifiuto" potrebbe acquistare valenza di vero e proprio combustibile (SRF) garantendo massima flessibilità di produzione ed utilizzo. Ora, perché non considerare il rifiuto trattato o almeno una frazione di esso, in realtà industriali già esistenti (es. cementifici, centrali termoelettriche, miscelazione con altri SRF es., gli pneumatici) o anche esterne? In tal caso il sistema bioessiccamento risulterebbe flessibile potendosi modulare la tipologia di rifiuto prodotto solo con accorgimenti di facile realizzo da porre in coda al processo di bioessiccamento.

Flessibilità del sistema in funzione della tipologia di rifiuto

Il ricorso al bioessiccamento permette un altro indiscutibile vantaggio: l'omogeneità del prodotto a prescindere dalla tipologia di rifiuto in ingresso e dalle sue variazioni di composizione. Ciò risulta importante in un contesto di adattamento nel lungo periodo della tipologia di rifiuto ai sistemi di raccolta ed in particolare alle performance di raccolta differenziata previste. Già in un primo mio documento (Adani nota del 7.05.03), facevo notare come ipotizzare soluzioni impiantistiche di una certa tipologia (inceneritore con forno a griglia di vecchia concezione), poteva essere pericoloso se, una volta raggiunte le performance di RD, ci si accorgesse che il rifiuto non è idoneo per essere alimentato nel combustore. Il bioessiccamento, introducendo un fattore di flessibilità (possibilità di modulare il processo biologico in funzione del risultato forale voluto) permette di affrontare in maniera più sicura e tranquilla gli eventuali errori di pianificazione ed il rispetto di quanto il Piano Provinciale prevede.

5. COSTI

Prima di addentrarci nella particolarità della voce "costi", è bene sottolineare che sino ad ora, in termini sin troppo cautelativi, abbiamo considerato le filiere 1, 2 e 3, analoghe per quanto attiene il trattamento dei prodotti finali (RU per la filiera 1, bioessiccato per la filiera 2 e CDR per la filiera 3). Con ciò voglio solo dire che non è stato mai considerato, se non solo accennato, il fatto che il pretrattamento dei rifiuti urbani comporta, a valle, anche scelte relative al termocombustore che possono comportare differenze in termini di rendimenti, costi d'investimento etc. (Bonomi, 2003). Circa i costi delle diverse filiere, difficile è la loro quantificazione.

Possiamo stimare il costo di produzione del bioessiccato e del CDR come da prospetto in Tabella 12.

Tabella 12. Costi di produzione (€ t⁻¹) del rifiuto a "bocca di termoutilizzazione"

Filiera	Costo
2	23
3	32

Discorso diverso deve essere fatto per i costi totali, ovvero comprensivi della termovalorizzazione. In un recente Convegno (4° Convegno Nazionale "Utilizzazione Termica dei Rifiuti"- Abano Terme, 12-13 Giugno), sono emersi diversi "costi" complessivi per lo smaltimento dei rifiuti, a seconda dell'autore che li ha prodotti e quindi della propria estrazione e/o aspirazione scientifica e non. Ad esempio Bonomi (2003), riporta interessanti dati relativi agli investimenti ed ai costi di smaltimento dei rifiuti urbani, in funzione della scelta del diretto incenerimento o della produzione di CDR. Le conclusioni sono che per dimensioni medie (quale è il caso della provincia di Trento), la soluzione CDR (e ancor più ovviamente il bioessiccato), "costa meno" (Figure 5 e 6).

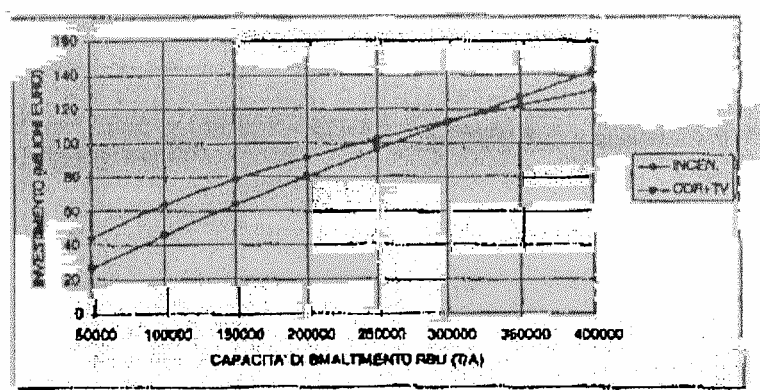


Figura 5. Investimenti per gli impianti di smaltimento in funzione della loro capacità (da Bonomi, 2003)

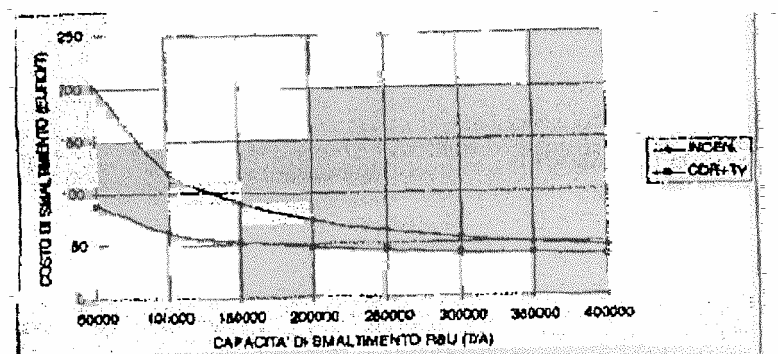


Figura 6. Costo di smaltimento in funzione della capacità (da Bonomi, 2003)

Analogamente a quanto visto per le "rese energetiche", la voce costi, varia in funzione di chi propone i numeri stessi. Ad esempio, in contrapposizione a quanto riportato da Bonomi (2003) si consideri quanto riportato dallo studio del Politecnico di Milano (Tabella 13).

Tabella 13. Costo relativo di smaltimento riferito al costo per tonnellata della filiera diretto incenerimento (filiera 1) e, con cessione energia elettrica a 5 € cent/kWh (da Consonni e Giuliano, 2003).

Scenario	Filiera 1 (dirett. inc.)	Filiera 3 (CDR)
Bacino grande 5 €cent/kWh	1.0	1.6
Bacino piccolo 5 €cent/kWh	1.6	2.1

Altra voce discordante è quella riportata recentemente da Maraniello (2003), le cui conclusioni indicano come l'utilizzo diretto del rifiuto sia la soluzione migliore.

In conclusione difficile è dare un giudizio definitivo circa i costi relativi alle diverse filiere e francamente penso che i bilanci da proporsi possano essere tantissimi e forse saranno corretti solo a consuntivo. Vi è da sottolineare però che spesso non si tiene conto di voci di costo difficilmente monetizzabili; ad esempio che costo hanno gli impatti del rifiuto stoccato? o....., nel caso del bioessiccamento, e perciò della riduzione totale di peso, che risparmio si ha sui consumi dei bilici per il loro trasporto? Inoltre rimane molto oscura tutta la problematica relativa alla costruzione, gestione etc. di un impianto d'incenerimento tradizionale e per CDR (tempi di fermo impianto, smaltimento ceneri di combustione etc.).

Mi preme sottolineare, ancora una volta, che comunque la scelta di un pretrattamento non deve basarsi solo su un giudizio economico ma altri devono essere gli argomenti su cui speculare, soprattutto nel caso di rifiuti ad elevato impatto sulla cittadinanza.

In conclusione se proprio vogliamo dare dei numeri, possiamo indicare costi per le quantità trattate nella presente relazione comprensivi degli investimenti delle quote d'ammortamento e del realizzo con la vendita di energia (certificati verdi inclusi) di circa 35 € t⁻¹ nel caso di combustione diretta (filiera 1) e di 38-40 € t⁻¹ sempre nelle medesime condizioni, per la soluzione CDR + termovalorizzazione. La soluzione bioessiccato non è stata fornita ma è evidente che tale valore rimarrà nel range indicato in precedenza. Sottolineo, ancora una volta, che tali dati sono passibili di cambiamenti anche radicali, come ampiamente discusso ed evidenziato prima.

6. CONCLUSIONI

A conclusione di questa relazione possiamo trarre quanto segue:

- le diverse filiere considerate è probabile non comportino differenze significative in termini di energia netta producibile;
- relativamente ai costi, i dati sono molto contrastanti e non permettono di trarre giudizi definitivi. Detto ciò, comunque, appare, anche se in termini non rigorosamente scientifici, che per realtà piccolo-medie il pretrattamento del rifiuto non dovrebbe essere penalizzante.

Detto ciò sono altri gli argomenti su cui discutere circa la necessità o meno di pretrattare. In particolare possiamo indicare che:

- la produzione di bioessiccato e/o CDR offre una nuova visione del rifiuto in un contesto innovativo come anche evidenziato dai recenti sviluppi a livello comunitario relativamente ai SRF (solid recovered fuel), (visione futura della gestione e del commercio del "rifiuto").
- Il bioessiccamento è senza dubbio un mezzo per trasformare il rifiuto in un prodotto stabile ed a minor impatto ambientale; ciò è importante nel caso in cui il rifiuto non dovesse trovare utilizzo immediato e quindi fosse previsto un suo stoccaggio sia per brevi che lunghi periodi. Ciò diviene fondamentale se inserito nel Piano Provinciale della Provincia di Trento; se si pensa che un inceneritore, come da progetto e/o come da realtà citate, comporta fermi impianto di mesi (ciò significa stoccare quantità di rifiuto ingenti).
- Per quanto sopra, il bioessiccamento permetterà sicuramente di meglio gestire "l'emergenza rifiuti" in attesa dell'impianto per il loro utilizzo finale, previsto per il 2006, ma che verosimilmente, sarà funzionante a regime non prima del 2007.
- Il bioessiccamento offre flessibilità al piano di smaltimento dei rifiuti in quanto, basandosi su processi biologici flessibili (si può favorire o meno l'essiccamento a favore della stabilità biologica), risente meno delle caratteristiche del rifiuto in ingresso. In tale contesto mette al riparo da eventuali sorprese relativamente al raggiungimento delle performance di RD previste.

7. APPENDICE

Proposta di integrazione del bioessiccamento nel piano di gestione dei rifiuti nella provincia di Trento.

Sulla base dei riscontri fatti nello studio del Piano Provinciale di Smaltimento dei Rifiuti e di quanto riportato nei capitoli precedenti, si riporta di seguito una proposta operativa di inserimento del processo di bioessiccamento nella gestione dei rifiuti in Provincia di Trento.

Le quantità di rifiuto da trattare sono quelle calcolate nel capitolo 3 (filiera 2: Rifiuto bioessiccato) e pari a 164.300 t/a di RU + tratt. ingomb + res.da comp. A cui aggiungere le quote accantonate come ecoballe dal 2001 al 2005 (entrata in servizio dei bioessiccatori), per un totale di ca 186.926 t/a.

Si considera l'ipotesi di costruire n.2 impianti di diverse dimensioni: uno sito in località Trento da 120.000 t/a e l'altro in zona periferica da definire (a Rovereto ??), da 70.000 t/a. Gli impianti previsti dovranno prevedere rese e bilanci di massa come da considerazioni fatte nei capitoli precedenti, ovvero, approssimativamente 134.586 t/a di bioessiccato. E' evidente che per quanto detto in precedenza, particolare attenzione dovrà essere posta al raggiungimento di obiettivi di stabilità biologica del bioessiccato elevati.

8. LETTERATURA

- Adani F. 2000. Tecniche di stabilizzazione aerobica per il pretrattamento dei rifiuti prima del deposito in discarica. La gestione dei rifiuti solidi a tre anni dal decreto Ronchi. Problemi aperti ed aspetti innovativi. Fondazione Angelini (Ed), Belluno, Italia, pp, 140-153.
- Adani F., Ubbiali C., Tambone F., Scaglia B., Centemero M. and Genevini P.L. (2002). Static and dynamic respirometric indexes Italian research and studies. Biological treatment of biodegradable waste - Technical Aspects - Brussesl, 8-10 April (invited paper).
- Adani F., Baido D., Calcaterra E. and Genevini P.L. (2002). The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 83 (3), 1731-179.
- Adani F., Favoino E., Centemero M. (2001). Il pretrattamento biologico per il conferimento del rifiuto in discarica - Parte 2: definizione e determinazione della stabilità biologica. *Rifiuti Solidi*, XVI n. 1, 1-9.
- Adani F., Scaglia B., Maggesi T. (2002). Stabilizzazione di rifiuti urbani a mezzo di un processo a flusso unico presso la discarica sita in Località le Gronde (Comune di Bonassola, SP). *Rifiuti Solidi*, XVI, 267-272.
- Ambiente Italia -provincia di Torino: programma provinciale di gestione dei rifiuti. Torino Giugno, 1998.
- Bonomi A. (2003). Valutazione comparativa delle tecnologie di termovalorizzazione dei rifiuti urbani attraverso l'incenerimento diretto o dopo trasformazione in CDR. 4° Convegno Nazionale "L'Utilizzazione termica dei Rifiuti." , Abano Terme 13-13 Giugno, 2003; 369-375. Bruno C., Castiglioni F., Ragazzoni C., Girando C., Ferrero R., Pitea D., 2002. Life Cycle Assessment di scenari alternativi per la gestione integrata di RSU nel bacino 10 della Provincia di Cuneo. *Ricicla*, 2002. 365-374.
- Calcaterra E. (1996). Impianto innovativo per la produzione di RDF dalla frazione non recuperabile derivante dalla raccolta differenziata di RSU - Risultati e Consuntivi. 6° Convegno Nazionale "Inquinamento dell'Aria e Tecniche di Riduzione, Rubano (PD), 25-27 novembre 1996: 53-63.
- Calcaterra E., Baldi M., Adani F. (2000). An innovative technology for municipal solid waste energy recovery. C.I.P.A.-Centro di Ingegneria per la Protezione dell'Ambiente-123-135. CITEC 2002. Linee Guida per la progettazione realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani. Hyper, p236
- Consonni Stefano e Giuliano Michele, 2002. Bilancio ambientale, energetico ed economico di diverse strategie per il recupero di energia nel contesto di sistemi integrati di gestione dei rifiuti solidi urbani. Politecnico di Milano, relazione finale. p.92.
- European Union. (2001). Working Document Biological Treatment of Biowaste 2"d draft. European Commission, 2002. Mandate to CEN on Solid Recovered Fuels (SRF).
- Favoino E., Centemero M. e Adani F. (2001). Il pretrattamento biologico per il conferimento del rifiuto in discarica - Parte 1: l'influenza della direttiva 31/99/CE sulle discariche. *Rifiuti Solidi*, vol XV, 6: 1-3.
- Marianello G. (2003). Termovalorizzazione dei rifiuti urbani, delle frazioni secche o del CDR. 4° Convegno Nazionale "L'Utilizzazione termica dei Rifiuti", Abano Terme 13-13 Giugno, 2003,: 379-389.
- Provincia Autonoma di Trento, 2002. Piano provinciale di smaltimento dei rifiuti. Provincia Autonoma di Trento, p.250
- REGIONE BASILICATA (2002) (Basilicata, Italy). Linee-Guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e di stabilizzazione - Regione Basilicata-Dipartimento Ambiente e Territorio (pag. 32 - 1.3.7 I trattamenti biologici per le frazioni non valorizzabili).
- REGIONE CAMPANIA (2002). Criteri e linee guida per l'utilizzo della frazione organica stabilizzata - Comitato Tecnico ex Ordinanza Commissariale n. 058/2002 (pag. 33 - 6.3 Indici di qualità e carichi ammissibili).
- REGIONE LOMBARDIA (2003). Studio degli impianti di produzione di compost e definizione delle corrispondenti linee guida. Approvato nella seduta del Comitato Tecnico, ex art. 17 l.r. 94/80 del 6/4/1999, e nella seduta del CRIAL ex art. 1 l.r. 35/84 in data 12/5/1999: 2-3.

- REGIONE PUGLIA (2002). Bollettino Ufficiale Regione Puglia - n. 135 del 23-10-2002 (pag. 9978 - 5.4.2 Opzione 2 - Produzione di RBM e FSC - 23 Trattamento di biostabilizzazione primaria).
- REGIONE SICILIA (2002). Bollettino Ufficiale Regione Sicilia - n. 27 Parte I del 14-06-2002. Linee guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio, pp. 1232.
- SIA - Università di TN, 2002. Impianto a tecnologia integrata per il trattamento dei rifiuti della provincia di Trento - Ischia Podetti, CD.
- Wiemer, K., Kern, M., 1996. Mechanical-Biological treatment of residual waste based on the dry stabilize method. Witzenhausen, Germany: Abfall-Wirtschaft, M.I.C. Baeza-Verlag publisher.