



*Valutazioni sull'applicabilità dei trattamenti
meccanico-biologici nel ciclo integrato dei rifiuti
urbani della Provincia di Torino*

Settembre 2010



Via Pio VII, 9

10135 Torino

www.atorifiutitorinese.it

*Il coordinamento e la supervisione scientifica dello Studio sono stati del **Prof. Giuseppe Genon del Politecnico di Torino - DITAG.***

Hanno curato la redazione:

*l'ing. **Deborah Panepinto** (Politecnico di Torino, DITAG)*

*l'ing. **Vita Tedesco** (ATO-R, area tecnica)*

*l'ing. **Palma Urso** (ATO-R, area tecnica)*

*Si ringraziano l'**arch. Paolo Foietta**, presidente di ATO-R e i componenti del Consiglio di Amministrazione, il **dott. Riccardo Civera**, direttore tecnico di ATO-R e il personale tutto.*

Premessa

L'Associazione d'Ambito Torinese (ATO-R), fin dalla sua costituzione, lavora alla realizzazione di un sistema impiantistico sicuro, consolidato, che superi finalmente il ricorso allo smaltimento in discarica.

L'impiantistica di trattamento e di smaltimento finale dei rifiuti viene individuata dalla Provincia di Torino attraverso lo strumento del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti (PPGR2006) attualmente in fase di revisione.

La Provincia di Torino ha richiesto la collaborazione dell'Associazione d'Ambito Torinese nella redazione del nuovo Programma Provinciale (PPGR 2010), invitando ATO-R a realizzare un "approfondimento sulle diverse tecniche di trattamento a freddo dei rifiuti (biodigestione, trattamento meccanico-biologico)" a completamento dell'indagine già avviata da ATO-R con la ricerca sui trattamenti termici alternativi all'incenerimento convenzionale che ha dato origine alla pubblicazione "Verifica della fattibilità di un impianto di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa nella Provincia di Torino".

Per rispondere alla richiesta espressa dalla Provincia di Torino, l'Associazione d'Ambito Torinese ha deciso di effettuare questo studio, con l'obiettivo di valutare:

- l'efficacia del trattamento meccanico-biologico dei rifiuti urbani residui, attraverso l'analisi di aspetti tecnici, ambientali ed economici di alcune esperienze significative di impianti esistenti;
- come tali tecnologie possano rispondere alle esigenze di trattamento/smaltimento del rifiuto urbano prodotto dall'Ambito, tenendo conto delle caratteristiche territoriali, di programmazione e di produzione dei rifiuti della Provincia di Torino.

Lo studio, realizzato con il coordinamento e la supervisione scientifica del prof. Genon del Politecnico di Torino, è stato redatto dalle Ing. Deborah Panepinto del Politecnico di Torino, Vita Tedesco e Palma Urso di ATO-R ed ha consentito di verificare:

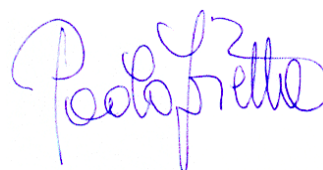
- l'affidabilità degli impianti TMB intesa come garanzia di continuità di esercizio, necessità di intervento, problematiche di funzionamento;
- il fabbisogno di smaltimento dei residui ovvero la necessità di termovalorizzazione e di discarica per i flussi che originano dal processo;
- gli aspetti ambientali: emissioni in atmosfera a scala locale (impatto odorigeno) e a scala globale (bilancio dell'anidride carbonica);
- livello di massima dei costi di investimento ed esercizio.

Lo studio, che viene oggi messo a disposizione dell'Amministrazione Provinciale per le scelte di programmazione di settore, rappresenta una risposta ampia e sistematica all'esigenza di fare chiarezza su un tema, quello dei cosiddetti sistemi di "trattamento a freddo", oggi molto dibattuto e presentato spesso come soluzione utilizzabile per evitare il ricorso ai "trattamenti a caldo".

L'analisi delle tecnologie di trattamento meccanico-biologico secondo i quattro criteri citati, e il confronto con lo scenario che prevede il trattamento termico diretto dei rifiuti senza pretrattamento, porta a concludere che non sussistono i presupposti tecnici ed economici per l'applicazione della tecnologia al rifiuto urbano residuo della Provincia di Torino.

Paolo Foietta

Presidente ATO-R



INDICE

1	OBIETTIVI E METODO DELLO STUDIO	7
2	IL CONTESTO PROGRAMMATICO DI RIFERIMENTO.....	9
2.1	Il pretrattamento del rifiuto urbano residuo: le previsioni del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti dal 2005 ad oggi	9
2.2	Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti 2006: gli impianti previsti e lo stato di attuazione	10
2.3	La revisione del programma provinciale di gestione dei rifiuti.....	12
2.4	I presupposti dello studio: ipotesi di base e scenari analizzati.....	12
3	IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	15
3.1	Procedure di autorizzazione per gli impianti TMB.....	16
3.2	Normativa per gli impianti di compostaggio	17
3.3	Normativa per gli impianti di produzione del CDR	18
4	TRATTAMENTI MECCANICO-BIOLOGICI: ASPETTI GENERALI	20
4.1	Le fasi di un trattamento meccanico - biologico	21
4.1.1	Trattamenti meccanici	22
4.1.1.1	Pre-trattamenti.....	22
4.1.1.2	Raffinazione degli output.....	27
4.1.2	Trattamenti biologici	29
4.1.2.1	Biostabilizzazione.....	29
4.1.2.2	Bioessiccazione.....	30
4.1.2.3	Digestione anaerobica.....	31
4.2	Gli impatti ambientali degli impianti TMB	32
5	GLI IMPIANTI TMB OPERATIVI	34
5.1	Il contesto europeo	41
5.2	La realtà italiana.....	43
5.3	La realtà piemontese	45
6	ANALISI DI ALCUNI IMPIANTI	48
6.1	Impianti di bioessiccazione	51
6.1.1	Ecodeco- impianto di Villafalletto (CN), Italia	51
6.1.1.1	Descrizione del processo	52
6.1.1.2	Bilanci di massa ed energia	53
6.1.1.3	Considerazioni economiche	53
6.1.1.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	53
6.2	Digestione anaerobica	54
6.2.1	Valorga- Impianto Barcellona , Spagna.....	54
6.2.1.1	Descrizione del processo	55
6.2.1.2	Bilanci di massa	57
6.2.1.3	Considerazioni economiche	59
6.2.1.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	61
6.2.2	Arrow Bio- Impianto Tel Aviv, Israele	62
6.2.2.1	Descrizione del processo	63
6.2.2.2	Bilanci di massa	65
6.2.2.3	Considerazioni economiche	67
6.2.2.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	67
6.2.3	BTA- Impianto Villacidro (CA), Italia	67
6.2.3.1	Descrizione del processo	69

6.2.3.2	Bilanci di massa	71
6.2.3.3	Considerazioni economiche	72
6.2.3.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	72
6.2.4	OWS- Impianto di Bassum (Germania).....	72
6.2.4.1	Descrizione del processo	73
6.2.4.2	Bilanci di massa	77
6.2.4.3	Considerazioni economiche	77
6.2.4.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	78
6.2.5	Centro Riciclo Vedelago	78
6.2.5.1	Descrizione del processo	79
6.2.5.2	Bilanci di massa	81
6.2.5.3	Considerazioni economiche	81
6.2.5.4	Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino	82
7	COMPARAZIONE DEGLI SCENARI: BILANCIO DELLA CO ₂ E FABBISOGNO DI DISCARICA.....	83
7.1	Descrizione del metodo di calcolo per la valutazione della CO ₂ e del fabbisogno di discarica.....	83
7.1.1	Quantitativo di rifiuti.....	83
7.1.2	Calcolo della CO ₂ prodotta	84
7.1.3	Calcolo dell'energia prodotta e della CO ₂ evitata.....	87
7.2	Risultati del calcolo	88
7.3	Definizione della CO ₂ biogenica.....	89
8	ASPETTI ECONOMICI	91
9	CONCLUSIONI.....	93



1 OBIETTIVI E METODO DELLO STUDIO

Con DGP n. 176-33791 la Giunta provinciale di Torino ha approvato gli indirizzi per la revisione del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti (PPGR), dando l'avvio alle attività operative per la redazione del nuovo PPGR.

Allo scopo di garantire la partecipazione dei diversi soggetti portatori di interessi sociali ed economici al processo di revisione, nel corso del maggio 2010 la Provincia di Torino ha organizzato una serie di incontri con Amministrazioni locali, Consorzi di Bacino, Aziende pubbliche per la gestione dei rifiuti, Organizzazioni sindacali, Associazioni ambientaliste, Associazioni di consumatori, Associazioni di categoria ecc.

In particolare durante l'incontro del 10/5/2010, in occasione del quale è stata presentata la bozza del PPGR 2010 alle Associazioni Ambientaliste, è emersa la necessità di effettuare uno studio di approfondimento delle tecnologie di trattamento meccanico-biologico del rifiuto, al fine di poterne valutare il loro inserimento nel sistema impiantistico della Provincia di Torino. Tale richiesta era peraltro già stata espressa con una lettera del 18/2/2010 inviata da Legambiente (Settore rifiuti Piemonte e Valle d'Aosta) ad ATO-R, Regione Piemonte e Provincia di Torino e avente ad oggetto la *"Verifica, ai fini della redazione del nuovo Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti, sulla base dei dati di produzione e raccolta, della necessità del secondo impianto di termovalorizzazione (già localizzato a Settimo Torinese) e della possibilità di dare corso, per un'eventuale necessità residua, all'utilizzo di nuove tecnologie di smaltimento con recupero energetico (DGP 176-33971 del 15.09.2009)."* Con la suddetta nota si invitava ATO-R a completare l'indagine avviata con lo studio sulle tecnologie innovative di trattamento termico dei rifiuti urbani (Genon – Tedesco – Urso) prendendo *"in esame anche le altre tecnologie a freddo di trattamento e recupero dei rifiuti adeguate ad essere inserite proficuamente nel ciclo integrato"*.

La Provincia di Torino con nota del 14 maggio 2010 (Prot. 0398539) ha richiesto formalmente la collaborazione di ATO-R nella redazione del PPGR 2010 invitando ATO-R ad effettuare un *"approfondimento sulle diverse tecniche di trattamento a freddo dei rifiuti (biodigestione, trattamento meccanico-biologico)"*.

La deliberazione del 15 settembre 2009 di approvazione degli indirizzi per la revisione del PPGR stabilisce la necessità di un rapporto organico di collaborazione con ATO-R, ente di governo e regolazione del sistema impiantistico, al fine di definire una politica comune per i temi e i problemi alla base del PPGR 2010. Sul tema dell'impiantistica la delibera richiama l'esigenza di approfondire, con il contributo di ATO-R, i seguenti temi:

- Riprogrammazione, sulla base delle indicazioni delineate da ATO-R nel proprio Piano d'Ambito, della fase transitoria di smaltimento in discarica, tenuto conto del ritardo nella realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione del Gerbido;
- Verifica, sulla base dei dati di produzione e raccolta, della necessità del secondo impianto di termovalorizzazione (già localizzato a Settimo Torinese) e la possibilità di dare corso, per un'eventuale necessità residua, all'utilizzo di nuove tecnologie di smaltimento con recupero energetico;
- Verifica della possibilità di gestire e smaltire all'esterno del ciclo dei rifiuti, e all'interno del ciclo dell'acqua, i fanghi di depurazione (ATO3, SMAT).

Come si è già detto, allo scopo di valutare la possibilità di fare ricorso a tecnologie innovative di trattamento termico dei rifiuti e in attuazione di una specifica mozione del Consiglio Provinciale di Torino del 15/7/2008, l'ATO-R, in collaborazione con il Politecnico di Torino, ha redatto lo studio di *"Verifica della fattibilità di un impianto di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa nella Provincia di Torino"* approvato dal CDA di ATO-R in novembre 2009. Tale studio costituisce una base di conoscenza di grande utilità per le scelte impiantistiche della revisione del Programma Provinciale.



Per rispondere alla richiesta avanzata dalla Provincia di Torino e dalle Associazioni Ambientaliste, per conseguire ulteriori elementi conoscitivi utili alla gestione della fase transitoria in attesa dell'avvio del termovalorizzatore del Gerbido e nell'intento di definire l'effettiva efficacia dell'applicazione del trattamento meccanico-biologico al sistema di smaltimento dei rifiuti urbani della Provincia di Torino, ATO-R ha effettuato questo studio di approfondimento in collaborazione con il Politecnico di Torino (DITAG- Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie) e con la supervisione scientifica del Prof. Giuseppe Genon.

Nella realizzazione dello studio si è proceduto secondo le seguenti fasi:

- Ricerca bibliografica (studi analoghi svolti o commissionati da Enti pubblici, atti di convegni, riviste specializzate, ricerche di enti privati, materiale informativo di aziende che propongono impianti TMB, ecc.) finalizzata a fare il punto sulle tendenze a livello nazionale e internazionale in materia di trattamento meccanico-biologico e a fornire una panoramica sugli impianti attualmente in esercizio.
- Approfondimento di schemi di processo, individuati sulla base degli esiti della fase preliminare, in relazione agli aspetti di affidabilità (garanzia e continuità di esercizio), impatto ambientale (stima della CO₂ equivalente), possibilità di valorizzazione energetica della parte umida del rifiuto urbano residuo attraverso il ricorso alla digestione anaerobica, fabbisogno di smaltimento dei residui di processo (necessità di scarica e di termovalorizzazione per i flussi che originano dal processo), livello dei costi.



2 IL CONTESTO PROGRAMMATORIO DI RIFERIMENTO

2.1 IL PRETRATTAMENTO DEL RIFIUTO URBANO RESIDUO: LE PREVISIONI DEL PROGRAMMA PROVINCIALE DI GESTIONE DEI RIFIUTI DAL 2005 AD OGGI

Il PPGR 2005 (approvato con DCP n. 74269 del 27/04/2005), aggiornamento del PPGR 2000, nel prendere atto dei ritardi nella realizzazione degli impianti di pretrattamento (dei 7 impianti previsti, l'unico attivo nel 2005 è quello di Pinerolo - Tab. 2.1) assume le seguenti scelte in relazione al pretrattamento del rifiuto residuo a regime (Tab. 2.2):

- utilizzo a pieno regime dell'impianto di Pinerolo per la produzione di CDR
- realizzazione di 5 impianti di bioessiccazione funzionali nella fase di regime ai due impianti di termovalorizzazione e nella fase di transizione a ridurre l'utilizzo di volume di discarica.
- Impianto di pretrattamento a servizio della Città di Torino.

Nella scelta della bioessiccazione il PPGR 2005 escludeva tipologie impiantistiche che prevedono una lavorazione a flussi separati per orientarsi verso tipologie impiantistiche a flusso unico recependo le indicazioni espresse dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome nel "Documento interregionale per la predisposizione entro il 24 marzo 2004 del programma di riduzione dei rifiuti biodegradabili da smaltire in discarica ai sensi dell'art. 5 del D.Lgs 36/03. Roma 4 marzo 2004". Nel suddetto documento le Regioni "...considerata la limitatissima possibilità di impiego della FOS sia come ripristini ambientali che come ricopertura di discariche" ritengono "opportuno disincentivare la realizzazione di nuovi impianti con produzione di frazione organica sporca da stabilizzare e smaltire in discarica..."

Tab. 2.1 - Gli impianti di trattamento meccanico-biologico: situazione al 2005 e confronto con le previsioni del PPGR 2000 (fonte: PPGR 2005)

Bacino	Previsioni PPGR 2000	Situazione al 2005
Bacino 13, Chieri	Previsto impianto da 32.000 t/a con digestione anaerobica	In fase di localizzazione a servizio dei bacini 13 e 14 (83.000 t/a)
Bacino 12	Impianto da 30.000 da realizzare	impianto ACEA di Pinerolo, potenzialità da valutare (circa 45.000 t/a)
Bacino 14	Impianto da 60.000 da realizzare	In fase di localizzazione a servizio dei bacini 13 e 14 (83.000 t/a)
Bacino 15 a	Impianto da 75.000 da realizzare, eventualmente in maniera congiunta con Bac. 15b	Impianto di trattamento CIDIU di Druento (75.000 t/a), in fase di progettazione esecutiva
Bacino 15 b	Impianto da 25.000 da realizzare, eventualmente in maniera congiunta con Bac. 15a	
Bacino 16	Impianto da 60.000 da realizzare	In fase di localizzazione a servizio del bacino 16 (58.000 t/a)
Bacino 17a, 17b, 17c, 17d	Da realizzare, preferenzialmente un unico impianto da 60.000 t/a, in subordine possono essere previsti 2 impianti	Impianto di Grosso di selezione secco-umido da 42.0000 t/a a servizio dei Bac. 17B/C/D, in fase di localizzazione. Autorizzazione sospesa.
Bacino 18	Da realizzare 1o 2 impianti da 270.000 t/a	In fase di valutazione



Tab. 2.2 - Gli impianti di trattamento meccanico-biologico previsti dal PPGR 2005 (fonte: PPGR 2005)

Bacino	Tipologia impianto	Potenzialità [t/anno]	Stato
Bacino 12	Impianto di produzione di CDR	45.000	Impianto esistente
Bacino 15	Impianto di bioessiccazione	75.000	Impianto autorizzato da realizzare dal 2006
Bacino 14	Impianto di bioessiccazione	68.000	Da prevedere e realizzare dal 2006
Bacino 16	Impianto di bioessiccazione	58.000	Da prevedere e realizzare dal 2006
Bacino 17 A	Impianto di bioessiccazione	21.000	Da prevedere e realizzare dal 2006
Bacino 17 B/C/D	Impianto di bioessiccazione	42.000	Da prevedere e realizzare dal 2006
Bacino 18	Impianto di pretrattamento	238.000	Da prevedere e realizzare

Il PPGR 2006 (approvato con DCP n. 367482 del 28/11/2006), costituisce un adeguamento del PPGR 2005 sulla base delle prescrizioni della DGR 23-399 del 4/7/2005 con la quale la Regione Piemonte prendeva atto dello stesso: *"...la Provincia di Torino riconsideri il numero e la potenzialità degli impianti di bioessiccazione previsti dal Programma Provinciale sulla base del monitoraggio semestrale dell'evoluzione della raccolta differenziata [...] graduando il rilascio delle autorizzazioni relative ai nuovi impianti di trattamento sulla base del risultato delle suddette analisi"*.

Sulla base di questa sollecitazione e dei risultati raggiunti con la raccolta differenziata, il PPGR 2006 rivede la necessità di realizzare gli impianti di pretrattamento previsti dai Programmi Provinciali precedentemente approvati: per ottemperare al dettato normativo di riduzione dei RUB in discarica (D. Lgs 36/03) viene proposta una continuità nelle azioni di sviluppo delle raccolte differenziate in particolare per le frazioni biodegradabili (organico, verde, carta) e viene ritenuta non necessaria la realizzazione di impianti di pretrattamento anche in ragione dei costi e dei consumi energetici ad essi connessi.

Riguardo alla necessità di pretrattare il rifiuto residuo da avviare a successivo incenerimento, è utile richiamare le considerazioni contenute nelle relazioni prodotte dalle due Commissioni specializzate, quella incaricata di definire la scelta della tecnologia per l'impianto di trattamento termico della zona sud e quella istituita per l'analisi delle tecnologie di trattamento da utilizzare per l'impianto della zona nord.

Ambedue le Commissioni ritengono che l'opportunità di prevedere pretrattamenti del rifiuto residuo da raccolte differenziate spinte fino ad ottenere una frazione combustibile con caratteristiche tali da rispettare i requisiti previsti dalla norma UNI 9903-1 (CDR di qualità normale e CDR di qualità elevata) trova giustificazione solo qualora il CDR in uscita dagli impianti venga avviato ad impianti industriali esistenti nei quali, grazie ai maggiori livelli di recupero energetico conseguibili rispetto agli impianti dedicati, potrebbe dare luogo ad un minore impatto globale sull'ambiente, sia in termini di emissioni di inquinanti che di gas con effetto serra. Il pretrattamento del rifiuto residuo destinato ad una successiva combustione in impianti dedicati non è preferibile né sotto l'aspetto economico, né sotto l'aspetto ambientale. Quanto detto, tenuto conto delle precise indicazioni contenute nel "Bref for waste incineration" e nelle linee guida nazionali, porta a concludere che il pretrattamento del rifiuto residuo possa essere validamente sostituito da un efficiente sistema di raccolta differenziata sia di quelle frazioni merceologiche contenute nei rifiuti urbani idonee ad essere avviate a circuiti di valorizzazione di materia (frazione umida, vetro, metallo, ecc.) sia di quelle potenzialmente in grado di influenzare negativamente il processo di recupero energetico.

2.2 PROGRAMMA PROVINCIALE DI GESTIONE DEI RIFIUTI 2006: GLI IMPIANTI PREVISTI E LO STATO DI ATTUAZIONE

Il Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti, approvato in data 28 novembre 2006 (PPGR 2006) fornisce indicazioni in merito alla realizzazione dell'impiantistica di smaltimento finale e al dimensionamento di massima degli impianti. In particolare prevede nella situazione a regime:



- un impianto di termovalorizzazione della zona SUD da attivare nel 2011 (impianto già localizzato al Gerbido e attualmente in fase di realizzazione);
- un ulteriore impianto da localizzare nell'area geografica Nord;
- una discarica per i residui.

Costituisce, inoltre, parte integrante del PPGR 2006 la relazione della Commissione altamente specializzata per la scelta delle migliori tecnologie per la realizzazione dell'impianto di trattamento termico a servizio della Zona Nord che individua nel termovalorizzatore con forno a griglia mobile la tecnologia più adatta per la tipologia e i quantitativi di rifiuti da indirizzare sull'impianto della Zona Nord della Provincia di Torino.

L'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti urbani a servizio della zona sud della Provincia verrà realizzato nell'area del Gerbido (Comune di Torino).

A maggio 2005, la Provincia di Torino, assunta il governo della gestione dei rifiuti ai sensi dell'articolo 19, comma 5, della L.R. 24/02 ed i poteri sostitutivi dell'Associazione d'Ambito, ha affidato con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 279129/2005 a TRM, società interamente pubblica partecipata da Consorzi di bacino e Comuni della Provincia, la progettazione, realizzazione e gestione dell'impianto di termovalorizzazione della zona sud della Provincia di Torino e degli impianti strumentali e connessi; in data 22 luglio 2005 Provincia e società TRM hanno stipulato la Convenzione di Affidamento (Rep. N. 9589). Successivamente il Consorzio Associazione d'Ambito Torinese per il Governo dei Rifiuti (ATO-R), costituitasi in data 5 ottobre 2005, ha confermato l'affidamento ed è subentrata nella relativa Convenzione.

In sintesi i dati salienti dell'impianto:

Ubicazione impianto	Loc. Gerbido – TORINO
Affidamento per la progettazione, la realizzazione e la gestione	Alla società T.R.M. S.p.A. con DCP prot. 279129/2005 del 24/05/2005 (contratto: Rep. n. 9589 del 22/07/2005).
Tipologia impianto	Termovalorizzatore a griglia mobile, raffreddata ad aria, con recupero di energia termica ed elettrica
Tipologia rifiuti	RSU, RSA
Potenzialità prevista	421.000 t/anno
Previsione inizio esercizio	2013

A seguito dei procedimenti di valutazione d'impatto ambientale (VIA) ai sensi dell'art. 12 della L.R. n. 40/1998 e di autorizzazione integrata ambientale (AIA) ai sensi art. 5 D. lgs. n. 59/2005 l'impianto è stato autorizzato in data 21 dicembre 2006. Nel marzo 2008 a seguito di procedura di gara è stato individuato da TRM spa il soggetto costruttore del termovalorizzatore. Nel novembre 2008 è stato aperto il cantiere per la costruzione. I lavori sono stati interrotti nel marzo 2009 a seguito di una Sentenza del Consiglio di Stato con la quale è stato accolto l'appello del raggruppamento secondo classificato nella gara per la costruzione, annullando il provvedimento di aggiudicazione e stabilendo il subentro del secondo classificato. Il cantiere è ripartito agli inizi di febbraio 2010 e l'entrata in esercizio provvisorio dell'impianto è prevista per il 2013.

In merito alla realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione per la zona nord della potenzialità complessiva di circa 290.000 t/anno, il PPGR06 conferma le previsioni già contenute nel PPGR 2005. Il bacino di riferimento per l'impianto di trattamento termico della Zona Nord è costituito dai Consorzi di Bacino n.16, Bacino n.17/A – CISA; Bacino n.17/B-C-D – CCA.



In attuazione delle indicazioni normative vigenti e del PPGR 2006, nel 2007/2008 ATO-R ha proceduto alla localizzazione del suddetto impianto mediante la redazione dello "Studio di localizzazione del termovalorizzatore nella zona nord della Provincia di Torino", approvato in via definitiva con Deliberazione del Consiglio di Amministrazione dell'ATO-R n. 76 del 18 luglio 2008. Nello studio è stata effettuata un'analisi comparativa sulla rosa ristretta di siti risultante dalla ricognizione preliminare e costituita da Ivrea (bacino 17), Rivarolo Canavese (bacino 17), Settimo Torinese (bacino 16). Lo studio indica il sito individuato nel Comune di Settimo Torinese quale migliore soluzione localizzativa. Le procedure di affidamento per la costruzione e gestione di tale impianto sono ad oggi sospese in attesa degli esiti della revisione, attualmente in corso, del Programma Provinciale di gestione dei rifiuti.

2.3 LA REVISIONE DEL PROGRAMMA PROVINCIALE DI GESTIONE DEI RIFIUTI

Come si è già accennato al capitolo 1, la deliberazione n. 176-33791 approvata dalla Giunta Provinciale di Torino il 15 settembre 2009 definisce gli indirizzi per la revisione del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti 2006 e avvia la fase di programmazione e di redazione dei relativi documenti. Tra gli indirizzi relativi al tema dell'impiantistica al servizio del sistema integrato di gestione dei rifiuti si indica:

- la riprogrammazione, sulla base delle indicazioni delineate da ATO-R nel proprio Piano d'Ambito, della fase transitoria di smaltimento in discarica, tenuto conto del ritardo nella realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione del Gerbido;
- la verifica, sulla base dei dati di produzione e raccolta, della necessità del secondo impianto di termovalorizzazione (già localizzato a Settimo Torinese) e della possibilità di dare corso, per un'eventuale necessità residua, all'utilizzo di nuove tecnologie di smaltimento con recupero energetico;
- la verifica della possibilità di gestire e smaltire all'esterno del ciclo dei rifiuti, e all'interno del ciclo dell'acqua, i fanghi di depurazione (ATO3, SMAT).

ATO-R ha effettuato lo studio di "Verifica della fattibilità di un impianto di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa nella Provincia di Torino" approvato dal CDA di ATO-R in novembre 2009. In effetti l'andamento della produzione dei rifiuti urbani rilevata negli ultimi anni, confermando gli obiettivi di riduzione dello smaltimento finale del PPGR2006, consente di ampliare la gamma delle opzioni impiantistiche da valutare, considerando anche quelle che, per taglia di impianto, parevano in prima battuta non essere funzionali ad una razionale costruzione del sistema impiantistico a regime.

Accogliendo le richieste della Provincia di Torino e le sollecitazioni delle Associazioni Ambientaliste, ATO-R realizza questo studio a completamento dell'indagine avviata e nell'intento di fornire alla Provincia di Torino elementi utili a pianificare un sistema impiantistico efficace, efficiente ed economico in linea con la normativa vigente.

2.4 I PRESUPPOSTI DELLO STUDIO: IPOTESI DI BASE E SCENARI ANALIZZATI

Con DGP n. 176-33791 la Giunta Provinciale di Torino ha approvato gli indirizzi per la revisione del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti, dando l'avvio alle attività operative per la redazione del nuovo Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti (PPGR2010).

Successivamente, con DGP n. 591-21446 del 1/6/2010 la Giunta Provinciale, ha approvato il Documento Preliminare relativo alla Fase di scoping della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di cui al D.lgs 152/06 e s.m.i e L.R. 40/98 e s.m.i.. Il suddetto documento, oltre a definire il livello di dettaglio delle analisi e delle informazioni ambientali necessarie alla valutazione, descrive anche i quattro possibili scenari impiantistici su cui effettuare l'analisi definiti per far fronte al fabbisogno di smaltimento complessivo della Provincia di Torino.



Tali scenari, basati sulla ricerca di soluzioni che siano in grado di adattarsi alle nuove valutazioni sia di produzione attesa sia di maggiori approfondimenti conoscitivi delle tecnologie impiegabili (trattamento meccanico-biologico e impianti di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa) si articolano come segue (pag. 24 del Documento Tecnico Preliminare):

- **SCENARIO A:** prevede, insieme al Termovalorizzatore del Gerbido della potenzialità di 421.000 t/a (in fase di realizzazione), un secondo impianto di termovalorizzazione come previsto nel PPGR2006;
- **SCENARIO B:** prevede, oltre al termovalorizzatore del Gerbido, ulteriori impianti di trattamento termico a tecnologia innovativa;
- **SCENARIO C:** prevede l'ampliamento dell'impianto di termovalorizzazione del Gerbido;
- **SCENARIO D:** prevede il trattamento meccanico-biologico del rifiuto (TMB) preventivo alla successiva termovalorizzazione.

In coerenza con le indicazioni contenute nei documenti di riferimento della revisione del PPGR sono stati assunti come base per il calcolo i seguenti quantitativi stimati a regime (2015):

- 470.000 t/anno di rifiuto urbano residuo alla raccolta differenziata (RUR);
- 70.000 t/anno di sovvalli tecnici (scarti derivanti dal recupero delle frazioni derivanti dalla raccolta differenziata).

Negli scenari A e C si ipotizza di inviare a incenerimento diretto l'intera quota di rifiuti (540.000 t/anno), nello scenario B il suddetto quantitativo finisce a incenerimento nella misura di 420.000 t/anno (potenzialità del Gerbido) e a uno o due impianti di gassificazione per le restanti 120.000 t/anno.

Nello scenario D si è assunto di inviare a trattamento di separazione meccanica la quota di rifiuto che residua dalla raccolta differenziata (470.000 t/a) da tale trattamento di separazione derivano due flussi: una frazione secca inviata ad incenerimento assieme al flusso di sovvalli tecnici ed una frazione umida inviata a digestione anaerobica (Tab. 2.3).

Tab. 2.3 - Caratterizzazione dei 4 scenari

	Descrizione scenario
SCENARIO A	540.000 t/anno (470.000 di RUR + 70.000 di sovvalli) a incenerimento (due termovalorizzatori)
SCENARIO B	420.000 t/anno a incenerimento diretto e 120.000 a gassificazione
SCENARIO C	540.000 t/anno (470.000 di RUR + 70.000 di sovvalli) a incenerimento (un termovalorizzatore)
SCENARIO D	470.000 t/anno RUR a TMB e successivo incenerimento della frazione secca separata e di 70.000 t/anno di sovvalli; Digestione anaerobica della frazione umida separata;

In mancanza di analisi merceologiche recenti, si è assunta come composizione del rifiuto residuo della Provincia di Torino quella stimata al 2008 e riportata nel "Rapporto sullo stato del sistema di gestione dei rifiuti, 2009" dell'Osservatorio Provinciale dei Rifiuti (Tab. 2.4).



Tab. 2.4 - Frazioni merceologiche previste nel rifiuto urbano indifferenziato della Provincia di Torino conferito in discarica (fonte: IPLA)

	2006	2007	Stima al 2008 in base alle previsioni di %RD nei singoli Comuni
Sottovaglio < 20 mm	4,49 %	4,50 %	4,58 %
Organico	20,58 %	20,70 %	22,21 %
Verde	1,75 %	2,60 %	2,12 %
Plastica film	7,62 %	7,29 %	7,47 %
Altra plastica	8,37 %	8,36 %	7,11 %
Cont. in plastica	2,57 %	3,00 %	2,69 %
Totale frazione plastica	18,56 %	18,65 %	17,27 %
Carta riciclabile	6,30 %	7,77 %	7,00 %
Altra carta	8,78 %	7,88 %	8,21 %
Cartone teso	3,21 %	3,29 %	3,27 %
Cartone ondulato	2,32 %	2,88 %	3,28 %
Totale frazione cartacea	20,60 %	21,83 %	21,77 %
Pannolini	9,93 %	6,41 %	7,84 %
Poliaccoppiati prev. carta	3,98 %	3,17 %	3,58 %
Poliaccoppiati prev. plastica	0,94 %	0,67 %	0,71 %
Poliaccoppiati prev. alluminio	0,06 %	0,03 %	0,05 %
Poliaccoppiati totali	4,98 %	3,87 %	4,33 %
Legno	0,72 %	1,54 %	0,96 %
Tessili naturali	3,79 %	3,72 %	3,63 %
Altri tessili	1,61 %	1,84 %	1,46 %
Tessili totali	5,41 %	5,56 %	5,10 %
Pelli e cuoio	0,30 %	0,40 %	0,29 %
Vetro	4,90 %	5,93 %	6,14 %
Altri inerti	2,81 %	3,27 %	3,00 %
Alluminio	0,85 %	0,88 %	0,80 %
Metalli ferrosi	2,76 %	2,64 %	2,37 %
Metalli non ferrosi	0,42 %	0,24 %	0,32 %
Pile	0,19 %	0,11 %	0,20 %
Farmaci	0,09 %	0,14 %	0,13 %
Altri rifiuti pericolosi	0,02 %	0,08 %	0,02 %
RAEE	0,63 %	0,65 %	0,56 %



3 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Riguardo agli impianti di trattamento meccanico-biologico non sono previste norme specifiche ma dal momento che il processo investe varie tematiche (le discariche, i rifiuti, i prodotti in uscita dagli impianti - compost, frazione organica stabilizzata, digestato -, il profilo autorizzativo degli impianti) è opportuno fare qualche riflessione sul TMB alla luce delle Direttive europee e delle norme nazionali di recepimento che regolamentano i vari settori.

L'applicazione di trattamenti meccanico-biologici ai rifiuti ha avuto negli ultimi anni grande impulso in vari Paesi dell'Europa per effetto della Direttiva Discariche 99/31/CE, recepita in Italia con il D.Lgs 36/2003. L'art. 5 del D.Lgs. 36/2003 introduce degli obiettivi di riduzione del conferimento di rifiuti biodegradabili in discarica, a livello di Ambito Territoriale Ottimale oppure a livello provinciale, fissando i seguenti livelli massimi di conferimento della frazione biodegradabile dei rifiuti:

- 173 kg/anno/abitante entro tre anni dall'entrata in vigore del decreto;
- 115 kg/anno/ abitante entro 5 anni;
- 81 kg/anno/ abitante entro quindici anni.

A questo fine il decreto all'art. 7 prevede che i rifiuti possano essere collocati in discarica soltanto dopo trattamento (riciclaggio, trattamento aerobico o anaerobico, recupero di materiali o energia), disposizione la cui entrata in vigore è stata a più riprese prorogata fino al 30/06/2009 (Legge n. 13/2009).

Il medesimo decreto inoltre all'art 6 indica come non ammissibili in discarica i rifiuti con PCI superiore a 13.000 kJ/kg a partire dal 01/01/2007. Anche tale scadenza è stata più volte prorogata fino al 31/12/2010 (Legge n. 13/2009).

La Direttiva 2008/98/CE (Waste Framework Directive) costituisce il riferimento normativo europeo in materia di gestione integrata dei rifiuti. Il 16/4/2010 il Consiglio dei Ministri, in attuazione della Direttiva Europea, ha approvato lo Schema di Decreto Legislativo che apporta alcune modifiche alla normativa vigente in materia ossia la Parte Quarta del D. Lgs n. 152/2006.

La Direttiva 2008/98/CE e lo Schema di decreto legislativo di recepimento individuano la seguente gerarchia nella gestione dei rifiuti:

- prevenzione, vale a dire la riduzione all'origine della quantità e della pericolosità dei rifiuti, a partire dalla progettazione di beni e prodotti;
- preparazione per il riutilizzo;
- riciclaggio (recupero di materia): include il trattamento del materiale organico ma non il recupero di energia né il trattamento per ottenere materiali da utilizzare come combustibili o in operazioni di riempimento;
- recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
- smaltimento in discarica controllata.

In sostanza la Commissione Europea al fine di disincentivare il ricorso alla discarica ne riserva l'utilizzo alla sola quota di rifiuto che residua dalle operazioni di recupero del rifiuto come materia e come energia.

Lo Schema di Decreto legislativo confermerebbe invece gli obiettivi di raccolta differenziata fissati dal D.lgs 152/2006 (art. 205) che prevedono il raggiungimento del 65% al 31/12/2012.



Sul fronte della gestione del rifiuto organico è stato approvato nel dicembre 2008 il Libro Verde sulla "gestione dei rifiuti organici biodegradabili nell'Unione Europea" che dovrebbe gettare le basi della Direttiva sul Bio-Rifiuto (Biowaste Directive) la cui emanazione si attende da tempo. Questa Direttiva dovrebbe definire molti aspetti normativi e tecnici che attengono gli impianti di trattamento biologico dei rifiuti (compostaggio, digestione anaerobica) nonché i trattamenti meccanico biologici (TMB) per il rifiuto urbano residuo (RUR). Allo stato attuale non è certo che la Direttiva venga effettivamente emanata dal momento che la Commissione Europea ha a più riprese annunciato di volerne suddividere il contenuto nelle varie direttive e regolamenti fino a questo momento emanate nei vari settori: la Direttiva IPPC (relativa alle BAT per quanto concerne gli impianti di TMB e compostaggio), gli standard "end of waste" (relativamente ai requisiti che un prodotto compost deve possedere per acquisire lo status legale di prodotto), la Direttiva Quadro sui rifiuti per quanto concerne l'aspetto relativo alla raccolta differenziata del biorifiuto. In questa situazione rimarrebbero indefiniti alcuni aspetti che la Direttiva Biowaste avrebbe dovuto chiarire e cioè quali rifiuti sono da considerare come biowaste, in quali impianti possono essere trattati e qual è il destino finale dei prodotti in uscita.

3.1 PROCEDURE DI AUTORIZZAZIONE PER GLI IMPIANTI TMB

In Italia le norme che disciplinano la realizzazione e l'esercizio degli impianti di smaltimento e recupero di rifiuti sono le seguenti:

- D.Lgs 152/2006 - Norme in materia ambientale
- D. Lgs. 59/2005 - Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento

Il D. Lgs 152/2006 nella Parte Quarta (capi IV e V) disciplina:

- le autorizzazioni per gli impianti che non ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005 (artt. 208-212);
- le procedure semplificate applicabili per alcune tipologie di rifiuti per quanto concerne le operazioni di autosmaltimento e di recupero (artt. 214-216).

Il D. Lgs 152/2006 rimanda invece al D. Lgs 59/2005 per l'autorizzazione di impianti di trattamento e smaltimento dei rifiuti che ricadono nel campo di applicazione del medesimo.

La direttiva IPPC (96/61/CE) sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento e il D. Lgs. 59/2005 di recepimento presuppongono, per la concessione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), che gli impianti adottino le *migliori tecniche disponibili* (Best Available Techniques-BAT).

L'Autorizzazione Integrata Ambientale si applica agli impianti elencati nell'Allegato I al decreto "siano esistenti, nuovi o sostanzialmente modificati", si tratta complessivamente di 33 attività riconducibili a 6 macrosettori tra i quali anche la gestione dei rifiuti.

Gli impianti di trattamento dei rifiuti che ricadono nel campo di applicazione del DLgs 59/2005 comprendono:

- gli impianti per l'eliminazione o il recupero di rifiuti pericolosi, della lista di cui all'art. 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE quali definiti negli allegati II A e II B (operazioni R1, R5, R6, R8 e R9) della direttiva 75/442/CEE con capacità superiori alle 10 tonnellate al giorno;
- gli impianti per l'eliminazione degli oli usati di cui alla direttiva 75/439/CEE del Consiglio, del 16 giugno 1975 con capacità di oltre 10 tonnellate al giorno (PCB);
- gli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani quali definiti nella direttiva 89/369/CEE del Consiglio, dell'8 giugno 1989, concernente la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, e nella direttiva 89/429/CEE del Consiglio, del 21 giugno 1989, concernente la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, con una capacità superiore a 3 tonnellate l'ora;
- gli impianti per l'eliminazione dei rifiuti non pericolosi quali definiti nell'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D8, D9 con capacità superiore a 50 tonnellate al giorno;



- le discariche con capacità superiori alle 10 tonnellate al giorno oppure con capacità superiore alle 25.000 tonnellate complessive.

Riguardo agli impianti di TMB va ricordato che, ai fini del rispetto della Direttiva IPPC, essi risultano inquadrabili come operazioni di trattamento di rifiuti non pericolosi di cui all'allegato II A della direttiva 75/442/CEE ai punti D8 (trattamento biologico) e D9 (trattamento chimico-fisico) e come tali soggetti ad AIA qualora la loro capacità sia superiore a 50 tonnellate al giorno (circa 15.000 t/a).

Le tecniche da utilizzare per gli impianti di trattamento rifiuti sono quelle stabilite dal Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 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". Tale decreto è costituito da sette allegati tecnici in forma di specifiche linee guida contenenti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili. Due in particolare rientrano nell'interesse del presente Studio:

- Impianti di selezione e produzione di C.D.R.;
- Impianti di trattamento meccanico biologico.

3.2 NORMATIVA PER GLI IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO

In attesa di una direttiva europea in materia di produzione, qualità e impiego di compost, la regolamentazione del settore è ad oggi demandata alla normativa dei singoli Stati Membri.

A livello nazionale il D. Lgs 22/97 ("Decreto Ronchi") rinviava alla legge 19 ottobre 1984, n. 748 "Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti" per la definizione delle caratteristiche di qualità dei compost da utilizzare in agricoltura.

Il 2006 importanti novità normative hanno interessato il settore del compostaggio: le due norme citate, in vigore fino a quel momento, sono state abrogate e sostituite da due nuovi decreti legislativi:

- il D.Lgs 152/2006 - Norme in materia ambientale;
- il D. Lgs 217/2006 - Revisione della disciplina in materia di fertilizzanti

Il D. Lgs n. 152/2006 ha classificato il compostaggio tra le operazioni di recupero dei rifiuti, introducendo a livello nazionale la produzione di compost di qualità a partire da matrici selezionate a monte tramite la raccolta differenziata.

Il Testo Unico è stato successivamente modificato dal DLgs n. 4 del 16 gennaio 2008 riportante ulteriori disposizioni correttive ed integrative; in particolare, all'art. 183 lettera f, la "raccolta differenziata" viene definita come "la raccolta idonea a raggruppare rifiuti urbani in frazioni merceologiche omogenee compresa la frazione umida, destinate al riutilizzo, al riciclo e al recupero di materia. La frazione organica umida è raccolta separatamente o con contenitori a svuotamento riutilizzabili o con sacchetti biodegradabili certificati".

Quindi per i rifiuti biodegradabili (CER 20 01 08) si introduce il principio della separazione a monte effettuata dall'utente escludendo a tutti gli effetti la frazione organica derivante da selezione meccanica dei rifiuti indifferenziati in impianti di trattamento meccanico-biologico che negli anni passati aveva portato alla produzione di ingenti quantitativi del cosiddetto compost grigio, un prodotto caratterizzato ancora da notevoli quantitativi di contaminanti fisici (vetri, plastiche e metalli) e che per questo non si è mai affermato come fertilizzante in campo agricolo.

Con il D. Lgs correttivo 4/2008 cambia anche la nozione di compost: la frazione umida e altre frazioni organiche quali scarti vegetali e agroindustriali, opportunamente trattate presso impianti di compostaggio conducono alla produzione di ammendante compostato definito dal correttivo come "compost di qualità" e che all'art. 183 lettera u viene qualificato come "prodotto, ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente, che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dall'allegato 2 del decreto legislativo n. 217 del 2006 e successive modifiche ed integrazioni".



L'ammendante compostato o compost di qualità si configura quindi come un prodotto che può essere impiegato in campo agricolo se rispetta i requisiti definiti dall'Allegato 2 del D. Lgs n. 217 del 29 aprile 2006, la norma che disciplina la commercializzazione di tutti i fertilizzanti (Tab. 3.1).

Quindi le definizioni di "compost di qualità" e "ammendante compostato" si possono utilizzare come sinonimi data l'equivalenza stabilita dalle due normative citate.

Sul fronte degli aspetti autorizzativi si ricorda che è stata modificata in modo sostanziale (con il D.M. 186/06) la disciplina che consentiva l'accesso alle procedure semplificate (DM 5/2/1998 in ottemperanza al D. Lgs 22/97) e quindi la semplice comunicazione di inizio attività alla Regione (o per delega alla Provincia) competente per le attività di compostaggio da alcune tipologie di rifiuti con provenienza, caratteristiche e procedimenti determinati. Pertanto l'autorizzazione di un impianto di compostaggio ricade nel campo di applicazione del D. Lgs 152/06 (art. 208).

Tab. 3.1 – Caratteristiche dell'ammendante compostato misto secondo il D.lgs 217/06

Denominazione del tipo	Ammendante compostato misto
Modo di preparazione e componenti essenziali	Prodotto ottenuto attraverso un processo di trasformazione e stabilizzazione controllato dei rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata, da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agroindustriali e da lavorazione del legno e del tessile naturale non trattati, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde.
Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Umidità: massimo 50% pH: compreso tra 6 e 8,5 C organico: minimo 25% C umico e fulvico sul secco: minimo 7% Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale C/N: massimo 25 Rame totale sul secco: massimo 150 mg/kg Zinco totale sul secco: massimo 500 mg/kg
Contenuto di plastica, inerti e parametri microbiologici	Rispetto al contenuto di plastica e inerti il decreto D.lgs 217/06 prevede i seguenti limiti: <ul style="list-style-type: none"> • Inerti con diametro minore di 3,33 mm: inferiore a 0,9 % della sostanza secca • Inerti con diametro compreso tra 3,33 mm e 10 mm: inferiore a 0,1 % ss • Plastica con diametro minore di 3,33 mm: inferiore a 0,45 % ss • Plastica con diametro compreso tra 3,33 mm e 10 mm: inferiore a 0,05 % ss • Plastica e Inerti con diametro maggiore di 10 mm: Assenti • Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Salmonelle: assenti in 25 g di campione t.q. dopo rivivificazione ✓ Enterobacteriaceae totali: massimo $1,0 \cdot 10^2$ unità formanti colonie per g ✓ Strptococchi fecali: massimo $1,0 \cdot 10^3$ MPN per g ✓ Nematodi: assenti in 50 g sul t.q. ✓ Trematodi: assenti in 50 g sul t.q. ✓ Cestodi: assenti in 50 g sul t.q.

3.3 NORMATIVA PER GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CDR

Il combustibile derivato dai rifiuti, in Italia noto come CDR, è conosciuto in Europa come RDF, *Refuse Derived Fuel*.

La direttiva 2000/76/CE affronta l'argomento dell'incenerimento sotto due profili: quello dell'utilizzo degli impianti tradizionali e quello del co-incenerimento in impianti di tipo diverso, adattati tecnicamente a bruciare CDR in luogo di combustibili fossili, grazie ai potenziali guadagni conseguibili. L'attenzione della Comunità è incentrata su questo secondo aspetto per il rischio che le necessità delle politiche locali di riduzione dei rifiuti e la difficoltà di installare nuovi inceneritori a causa dell'ostilità dei cittadini possono indirizzare verso soluzioni non ottimizzate da un punto di vista della protezione dell'ambiente.



In Italia il termine RDF è stato introdotto con il DM 16 gennaio 1995 e poi sostituito con la nuova definizione di CDR dall'art. 6, lettera p), D. Lgs 22/1997 e successive modifiche: *“il combustibile ricavato dai rifiuti urbani mediante trattamento finalizzato all'eliminazione delle sostanze pericolose per la combustione ed a garantire un adeguato potere calorico, e che possiede caratteristiche specificate con apposite norme tecniche”*.

Il CDR, dapprima considerato un rifiuto urbano, a seguito di modifiche normative ha assunto lo status di rifiuto speciale: la direttiva 200/532/CE ha modificato l'elenco dei CER assegnando al combustibile da rifiuti un codice autonomo (19 12 10) e distinguendolo dai rifiuti urbani identificati dal codice 20 03 01. Il codice 19 corrisponde a “rifiuti prodotti da impianti di trattamento dei rifiuti, impianti di trattamento delle acque reflue fuori sito, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua preparazione per uso industriale”.

Con la legge 179/2002 (il cosiddetto “collegato ambientale”) il CDR è diventato rifiuto speciale a tutti gli effetti tramite un opportuno inserimento tra le definizioni di cui all'art. 7, comma 3 del D.Lgs 22/1997 (lettera l-bis). Il passaggio del CDR da rifiuto urbano a rifiuto speciale ne ha comportato la definitiva uscita dal contesto della pianificazione regionale, consentendone l'utilizzo anche al di fuori del territorio regionale di produzione; infatti il “principio di autosufficienza” delle Regioni si applica relativamente ai rifiuti urbani mentre i rifiuti speciali non soggiacendo a tale obbligo possono essere utilizzati in Regioni diverse rispetto a quella in cui sono stati prodotti.

Il D. Lgs 152/2006, all'art. 183, comma 1, lettera r) definisce il CDR come “il combustibile classificabile, sulle base delle norme tecniche Uni 9903-1 e s.m.i, come RDF di qualità normale, che è ottenuto dai rifiuti urbani e speciali non pericolosi mediante trattamenti finalizzati a garantire un potere calorifico adeguato al suo utilizzo, nonché ridurre e controllare: 1) il rischio ambientale e sanitario; 2) la presenza di materiale metallico, vetri, inerti, materiale putrescibile e il contenuto di umidità; 3) la presenza di sostanze pericolose, in particolare ai fini della combustione”. All'art. 183, comma 1, lettera s) viene invece definito il CDR-Q (combustibile da rifiuti di qualità elevata) quale “il combustibile classificabile, sulla base delle norme tecniche UNI 9903-1 e s.m.i come RDF di qualità elevata”. L'art. 229 del D.lgs 152/2006 tratta la questione del CDR e CDR-Q: ai sensi e per gli effetti della parte quarta del suddetto decreto, il CDR e il CDR-Q sono classificati come *rifiuto speciale*. Il CDR-Q è stato in un primo tempo classificato dal D.lgs 152/06 come fonte rinnovabile in misura proporzionale alla frazione biodegradabile in esso contenuta, ma il relativo comma è stato poi soppresso dal cosiddetto “correttivo” il D. Lgs 4/2008.



4 TRATTAMENTI MECCANICO-BIOLOGICI: ASPETTI GENERALI

Con il termine trattamento meccanico-biologico (TMB, o MBT nella dicitura anglosassone) si intende la combinazione di processi meccanici (M) e trattamenti biologici (B) dei rifiuti indifferenziati (e/o residui dopo raccolta differenziata, RUR) finalizzata a ridurre la massa dei rifiuti, renderla più stabile e idonea ad utilizzi successivi.

La composizione della frazione residua del rifiuto varia in maniera significativa in funzione dei livelli di raccolta differenziata raggiunti e delle modalità della stessa: in particolare, le percentuali di umido nel rifiuto residuo possono variare dal 30 - 40% in peso (dove la raccolta della FORSU non è realizzata), fino al 10-15% (nelle realtà più virtuose con raccolta porta a porta dell'umido) [12].

La *parte meccanica del TMB* consiste in una fase di separazione e classificazione dei vari componenti dei rifiuti utilizzando sistemi meccanici automatizzati quali nastri trasportatori, magneti, separatori galvanici a corrente parassita, vagli a tamburo o a dischi, tavoli vibranti classificatori ad aria, macchine trituratrici, etc. In questo modo dalla massa dei rifiuti vengono rimossi i componenti quali carta, metalli, plastiche e vetro; la frazione secca ottenuta può essere in parte riciclata oppure usata per produrre combustibile derivato dai rifiuti (CDR), rimuovendo i materiali incombustibili.

I *trattamenti biologici* sono finalizzati a stabilizzare la frazione putrescibile dei rifiuti urbani residui mediante l'azione di microrganismi decompositori e possono essere condotti sia in condizioni aerobiche (in presenza di ossigeno), sia in condizioni anaerobiche (assenza di ossigeno).

I processi aerobici utilizzati nel trattamento dei rifiuti urbani sono [13]:

- *biostabilizzazione*, applicata alla frazione putrescibile per dare luogo alla cosiddetta frazione organica stabilizzata (FOS), prevalentemente come forma di pretrattamento a monte dello smaltimento in discarica;
- *bioessiccazione*, consistente nell'asportazione di gran parte dell'umidità originariamente presente, sfruttando il calore sviluppato dai processi biologici, in modo da aumentare il potere calorifico inferiore del rifiuto in previsione di successivi utilizzi energetici.

In alternativa la frazione putrescibile dei rifiuti può essere sottoposta ad un processo di *digestione anaerobica* simile a quello che avviene in discarica; in questo caso il processo è condotto all'interno di reattori chiusi detti digestori in condizioni controllate.

Gli obiettivi di un trattamento meccanico biologico possono essere così sintetizzati [15]:

- riduzione della reattività biologica del rifiuto da smaltire in discarica, grazie alla parziale degradazione aerobica o anaerobica della componente organica putrescibile;
- riduzione volumetrica e ponderale del rifiuto;
- recupero, attraverso l'integrazione dei trattamenti biologici con quelli meccanici, delle frazioni di rifiuto a più elevato potere calorifico in termovalorizzatori dedicati, oppure in forni di cementeria, centrali termoelettriche ecc.
- produzione di biogas per generazione di calore o energia;
- recupero per via meccanica delle frazioni avviabili a riciclaggio, quali i metalli, o di frazioni stabilizzate a granulometria fine destinabili ad applicazioni controllate (ripristini ambientali).

Tali obiettivi, in genere copresenti, sono variamente modulati a seconda del contesto in cui l'impianto si trova ad operare: vincoli legislativi a cui si deve sottostare, caratteristiche dei rifiuti in ingresso, presenza e tipologia dei sistemi di trattamento termico, quotazione dei prodotti generati dal trattamento, costo di smaltimento degli scarti di processo.

Due sono i principali schemi operativi entro i quali ricondurre i TMB, a seconda che i trattamenti meccanici precedano o seguano i trattamenti biologici.

Il primo schema, detto *a flusso separato* (o *splitting*), prevede che il rifiuto venga sottoposto a un trattamento meccanico primario di separazione della parte grossolana (sovvallo $\varnothing > 50-90$ mm), biologicamente più stabile e a maggior potere calorifico, destinata in genere direttamente allo smaltimento o alla valorizzazione energetica come combustibile, da quella fine (frazione sottovaglio; $\varnothing < 50-90$ mm), a elevato contenuto di sostanza organica putrescibile, da avviare a *biostabilizzazione*.

L'altro schema, detto *a flusso unico*, prevede che il rifiuto venga tritato e sottoposto senza selezione ulteriore a trattamento biologico, allo scopo principale di essiccarlo, grazie allo sviluppo del calore derivante dalla parziale degradazione della sostanza organica (*bioessiccazione*); successivamente si ottiene, attraverso una raffinazione meccanica finale, una frazione combustibile ad elevato potere calorifico da avviare a recupero energetico.

Le due tipologie di trattamento possono essere convertite l'una nell'altra piuttosto agevolmente, puntando ad una maggiore stabilizzazione o essiccazione in funzione della presenza e della tipologia del sistema di recupero energetico disponibile a valle.

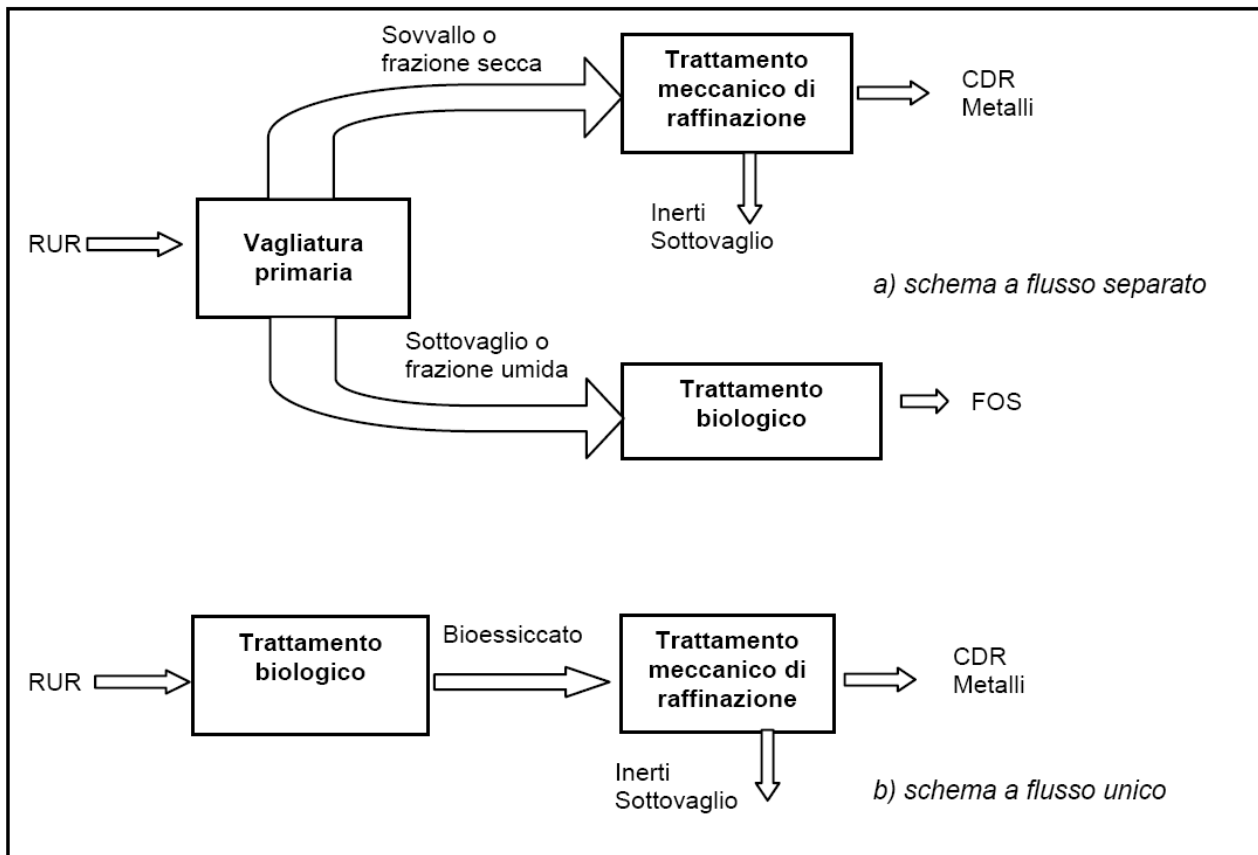


Fig. 4.1 – Schema di principio della configurazione a flusso unico e a flusso separato (Elaborazione ENEA, [25])

4.1 LE FASI DI UN TRATTAMENTO MECCANICO - BIOLOGICO

A prescindere dalla specifica tecnologia di stabilizzazione biologica utilizzata, il processo di Trattamento Meccanico Biologico (TMB) si compone, in genere, di due fasi ben distinte:

- il trattamento meccanico (pre e/o post trattamento del rifiuto): il rifiuto viene vagliato per separare le diverse frazioni merceologiche e/o condizionato per raggiungere gli obiettivi di processo o le performance di prodotto;
- il trattamento biologico: il rifiuto viene sottoposto ad un processo volto a conseguire la mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili (stabilizzazione) e l'igienizzazione, per pastorizzazione, del rifiuto stesso.



Gli impianti sono costituiti da una opportuna combinazione di un certo numero di unità di processo, di tipo meccanico e di tipo biologico, che vanno scelte in funzione delle caratteristiche del materiale di partenza e degli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere: massimizzazione del recupero di risorse, produzione di ammendante per il suolo, materiale biostabilizzato da conferire in discarica, biogas per la generazione di calore e/o energia, combustibile solido di buona qualità (CDR).

Le unità di processo di tipo meccanico sono riconducibili alle seguenti famiglie, a seconda del fine che si intende perseguire:

- separazione del materiale in due o più flussi: vagli, classificatori ad aria, separatori magnetici per la rimozione del ferro, separatori a correnti indotte per la rimozione dei metalli amagnetici, sensori ottici, per la separazione dei differenti polimeri costituenti le materie plastiche e dei flussi caratterizzati da colorazioni differenti, etc;
- variazione della distribuzione dimensionale: laceratrici, trituratori primari e secondari;
- compattazione: addensatrici, pellettizzatrici, presse imballatrici.

Le unità di processo biologiche utilizzabili negli impianti TMB sono riconducibili a tre tipologie principali:

1. stabilizzazione aerobica (o biostabilizzazione)
2. essiccamento biologico (o bioessiccazione)
3. digestione anaerobica.

4.1.1 Trattamenti meccanici

La scelta dei trattamenti meccanici, la loro sequenza e il tipo di apparecchiature da utilizzare è condizionata dalla natura e dalle caratteristiche del rifiuto in ingresso all'impianto, dal tipo di processo biologico, dalla qualità e dal destino dei prodotti in uscita (ad esempio frazione secca da bruciare in impianti dedicati o combustibile ad elevato grado di purezza da alimentare ad impianti industriali).

4.1.1.1 Pre-trattamenti

Con il termine di *pretrattamenti* si intendono tutte quelle operazioni destinate alla preparazione del rifiuto per il corretto svolgimento del processo biologico.

La prima operazione che viene eseguita sui rifiuti urbani indifferenziati scaricati in fosse di accumulo in depressione o su platee di ricezione è la rottura dei sacchi che li contengono; l'operazione, detta dilacerazione, ha anche lo scopo di ridurre la pezzatura del materiale più voluminoso per permettere una selezione corretta.

Il trattamento dei RUR destinati ad un processo biologico di tipo aerobico (biostabilizzazione o bioessiccazione) si articola in genere in una prima fase di frantumazione-triturazione grossolana cui segue una di vagliatura, detta primaria, per la separazione della frazione secca (sopravaglio), da quella fine costituita in varia misura da inerti e materiale putrescibile, in modo da favorire il successivo trattamento biologico e, al contempo, il recupero di materiali valorizzabili. La demetallizzazione, facoltativa nel caso della bioessiccazione, viene invece sempre realizzata nel caso in cui si opti per la biostabilizzazione.

I trattamenti preliminari ad un processo di digestione anaerobica sono differenti a seconda che la tecnologia sia del tipo a secco (dry) oppure ad umido (wet).

Nel secondo caso, oltre al controllo della pezzatura attraverso le fasi di vagliatura e triturazione, si provvede alla miscelazione con acqua ed alla contemporanea separazione della fase leggera (plastica) e pesante in particolari apparecchiature (flottatori).

Oltre alla regolazione del contenuto d'acqua, è anche necessario provvedere all'omogeneizzazione della miscela prima dell'introduzione nel digestore. La miscela deve inoltre essere portata alla temperatura richiesta per il processo utilizzato: la regolazione della temperatura può essere effettuata sia all'esterno del reattore (generalmente riscaldando l'acqua di diluizione o la miscela stessa tramite scambiatori di calore) sia all'interno (ricorrendo sempre a scambiatori di calore o all'iniezione diretta di vapore nel digestore).

Si riporta di seguito una breve descrizione delle principali operazioni di pretrattamento.

Riduzione dimensionale

La riduzione dimensionale permette di ridurre la pezzatura dei rifiuti al fine di agevolare le successive operazioni di trattamento.

I trituratori agiscono sul materiale attraverso azioni di macinazione e taglio; i più comuni trituratori sono i mulini a martelli e i trituratori a coltelli o cesoie.

I *mulini a martelli* sono dotati di una serie di masse (“martelli”) fissate ad un albero rotante (velocità di rotazione di 1.000 – 2.000 giri/min); i martelli, colpendo ripetutamente il rifiuto, ne determinano la frantumazione in parti sempre più ridotte.

I *trituratori a coltelli* sono dotati di utensili affilati (coltelli) montati attorno ad uno o più alberi orizzontali rotanti ad una velocità inferiore rispetto ai sistemi precedenti (50÷200 giri/min); questo tipo di macchina trova impiego anche come lacera sacchi.

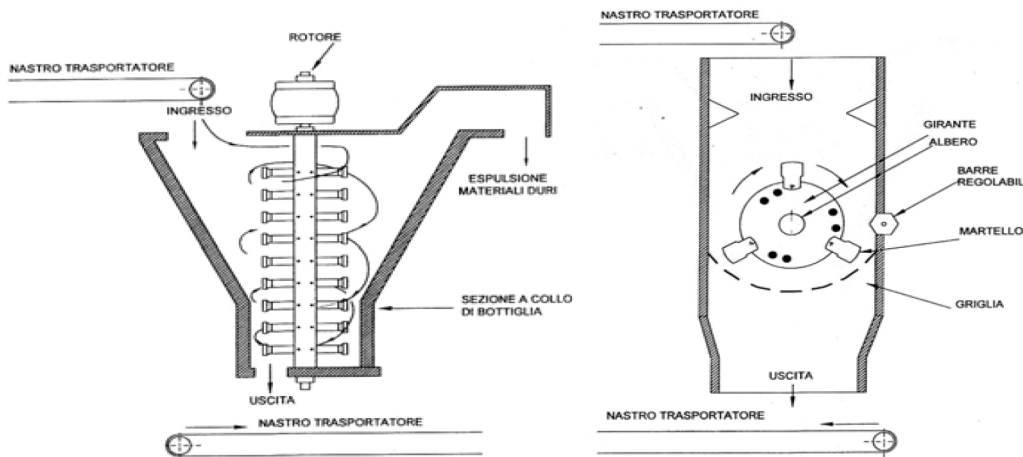


Fig. 4.2 – Mulino a martelli verticale (a sinistra) e orizzontale (a destra).

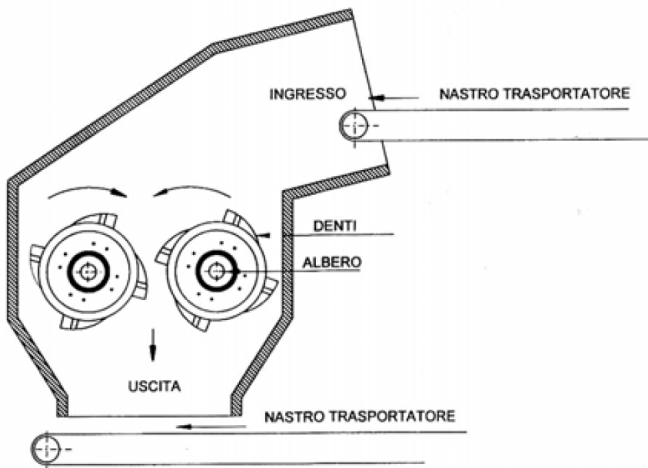


Fig. 4.3 - Trituratore a coltelli

Separazione

A seguito della riduzione dimensionale, i materiali presenti nel rifiuto vengono tra loro separati sfruttando le diverse proprietà fisiche da essi possedute, quali: dimensioni, densità, resistenza aerodinamica, inerzia, magnetismo, conduttività elettrica, proprietà ottiche.

Sottoponendo il rifiuto a successive selezioni si tende ad isolare i suoi componenti, al fine di ottenere singoli prodotti con accettabili gradi di purezza.

La fase di separazione può avvenire ricorrendo a diversi sistemi, tra cui i più diffusi sono:

- la separazione dimensionale
- la separazione gravimetrica

- la separazione magnetica
- la separazione elettrostatica

L'operazione di *separazione dimensionale* viene comunemente definita "vagliatura" e si basa sulle differenti dimensioni che caratterizzano i materiali contenuti nel rifiuto trattato.

I materiali vengono separati per pezzatura, attraverso il passaggio attraverso uno o più apparecchiature dotate di fori o maglie di diverse dimensioni; i vagli più diffusi sono quelli a tamburo, a dischi e i vibrovagli.

Il materiale in ingresso al separatore dimensionale viene suddiviso in due flussi distinti:

- sottovaglio: è il materiale raccolto nelle tramogge sottostanti il separatore
- sopravaglio (o sovrallo): è la parte di materiale che rimane sopra le maglie di separazione e che giunge dall'estremità della macchina.

Il vaglio a tamburo rotante è costituito da un cilindro rotante dotato di un dispositivo di carico all'estremità, inclinato e messo in rotazione intorno al proprio asse per consentire l'avanzamento dei rifiuti. Questo vaglio ha una superficie dotata di fori di diametro variabile (da 60 a 100 mm nel caso della vagliatura primaria, da 20 a 60 mm per quella secondaria), attraverso i quali passa la frazione fine.

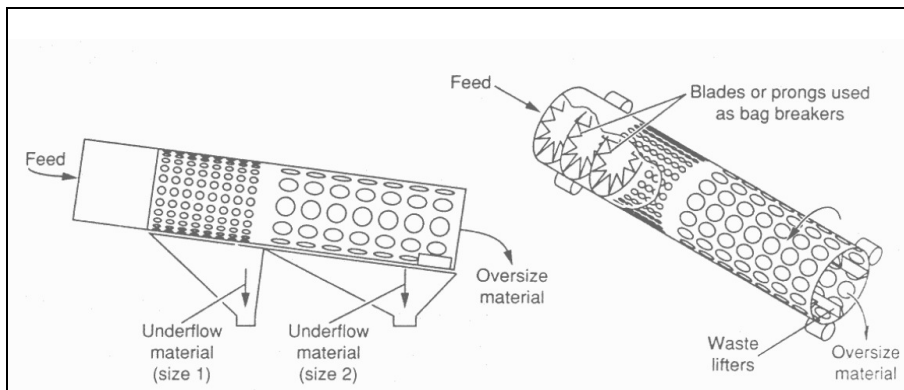


Fig. 4.4 – Vaglio a tamburo

Il vaglio vibrante è dotato di una griglia vibrante forata e inclinata per consentire il passaggio della frazione fine; può essere dotato di più piastre forate al di sotto della griglia forata, con maglie di diverse dimensioni.

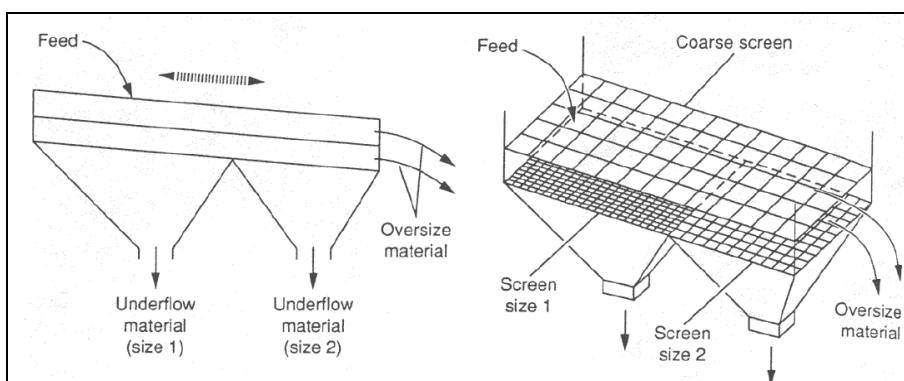


Fig. 4.5 – Vibrovaglio

Il vaglio a dischi è formato da più assi rotanti paralleli, montati orizzontalmente su uno stesso piano; su tali assi sono montati dischi di varia sagoma (ad esempio ovali o esagonali), che formano una sorta di griglia. Il materiale fine passa attraverso lo spazio lasciato tra i vari dischi; il sovrallo, invece, viene spinto dalla rotazione dei dischi verso la sezione di uscita del vaglio.

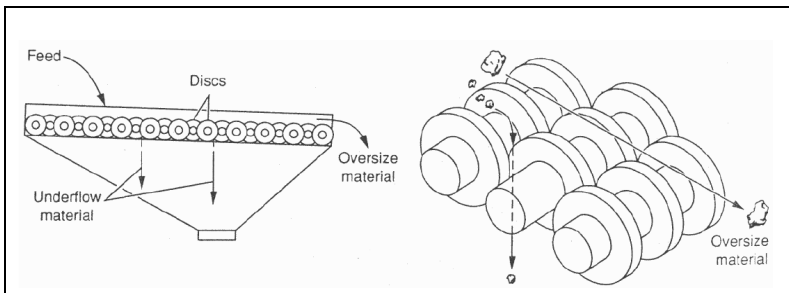


Fig. 4.6 – Vaglio a dischi

La *separazione gravimetrica* si basa sulla diversa densità e resistenza aerodinamica delle componenti del rifiuto che, in genere, ha già subito un trattamento di triturazione e vagliatura e che, quindi si presenta già sminuzzato e distinto nelle due frazioni principali: sopravaglio e sottovaglio. I principali sistemi impiegati comprendono i classificatori ad aria, a letto fluido ed i separatori balistici.

I classificatori ad aria (o separatori aeraulici) sono costituiti da condotti verticali nei quali attraverso una tramoggia vengono alimentati i rifiuti; dal basso viene fatta fluire una corrente d'aria. Il materiale che oppone maggiore resistenza ricade nella parte sottostante e viene raccolto mediante un nastro trasportatore; il materiale più leggero viene trascinato nella sezione superiore e da qui convogliato ad un ciclone che separa la frazione leggera dalla corrente d'aria.

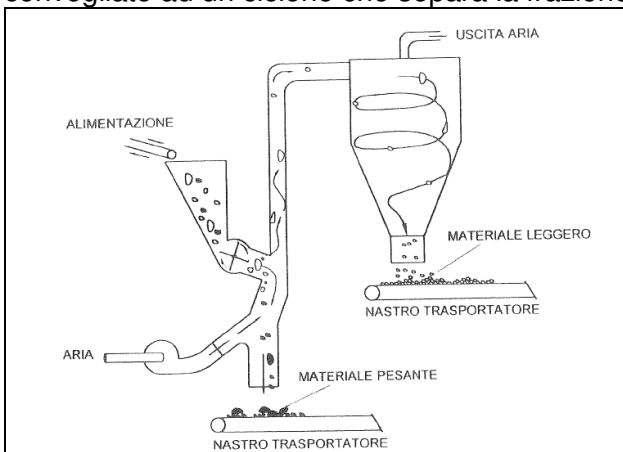


Fig. 4.7 – Classificatore ad aria

I separatori gravimetrici a letto fluido consistono in un piano vibrante poroso e leggermente inclinato, attraversato da un flusso d'aria. L'azione combinata di sostentamento, provocata dall'aria, e di vibrazione, attribuita direttamente dal piano di appoggio, fa sì che si produca un effetto di fluidificazione e di stratificazione del rifiuto, in base alle differenti velocità di sedimentazione dei composti.

Va citata anche la tavola densimetrica che funziona utilizzando una combinazione controllata di vibrazioni e di flusso d'aria.

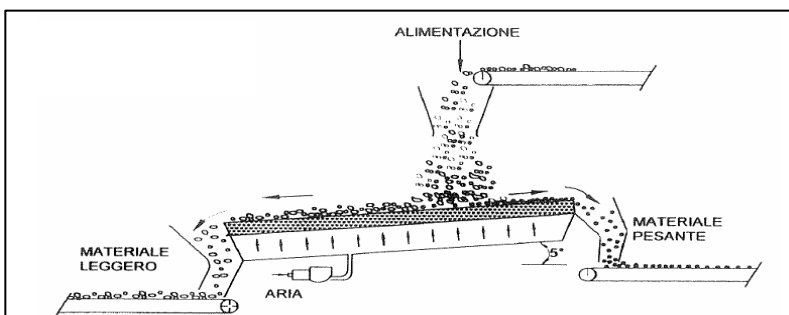


Fig. 4.8 – Separatore a letto fluido

I separatori balistici sono in grado di compiere la separazione delle parti del rifiuto trattato sfruttando le differenze di densità e di elasticità esistenti tra ciascuna di queste. Nel primo caso i rifiuti vengono immessi dall'alto in una camera orizzontale per essere ripresi e proiettati in direzione opposta ad alta velocità: in base alla diversa densità dei materiali, la frazione leggera sarà accelerata di poco e ricadrà nella tramoggia più vicina all'ingresso del rifiuto, mentre la frazione più pesante sarà raccolta dalla tramoggia più lontana. Nel secondo caso i rifiuti vengono introdotti tramite un nastro trasportatore su una puleggia, che, imprimendo una forte accelerazione, proietta il materiale contro un disco di gomma ruotante su un piano ortogonale alla direzione di lancio; a causa dell'urto il materiale rimbalza con traiettorie di caduta diverse, in funzione delle sue proprietà elastiche.

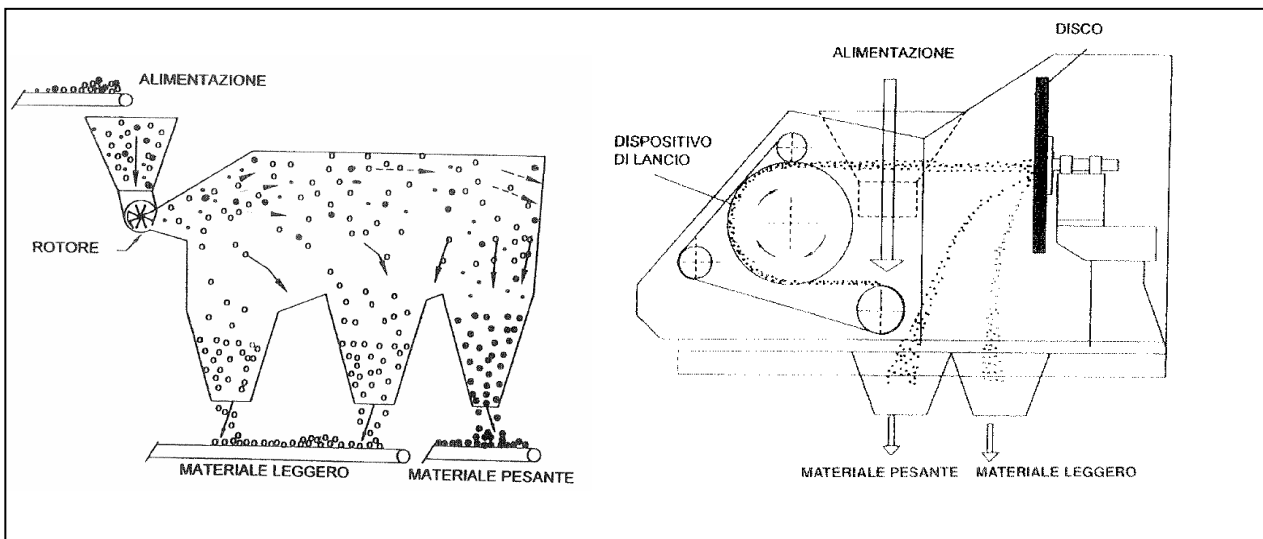


Fig. 4.9 – Separatore balistico per densità (a sinistra) e a disco (a destra).

La *separazione magnetica* avviene sfruttando le proprietà magnetiche del materiale: la frazione di materiale ferroso presente in un insieme di diversi materiali viene separata per mezzo di magneti permanenti o elettromagneti con efficienze di separazione superiori al 95%.

Le principali tipologie di apparecchiature sono del tipo *a tamburo* o *a nastro*.

Il separatore a tamburo è costituito da un nastro trasportatore palettato, inclinato, che porta il materiale da separare verso l'estremità a quota più elevata; uno dei due rulli di traino del nastro (quello più in alto, in corrispondenza della sezione di scarico del materiale) ha al proprio interno il magnete, che attrae il materiale ferroso presente nel prodotto da trattare, facendo in modo che i due flussi, nella caduta, seguano traiettorie differenti; tramite un deviatore opportunamente disposto nella parte sottostante la zona di caduta del materiale, è possibile raccogliere separatamente i materiali.

Nel separatore a nastro il materiale da trattare è movimentato da un trasportatore orizzontale a nastro. In prossimità dell'estremità di scarico è opportunamente disposto, un po' più in alto, un secondo nastro trasportatore, palettato, avente un magnete tra i due rulli di traino. Il materiale ferroso presente nel prodotto da trattare, attratto dal magnete, resta aderente al nastro palettato, e viene trasportato in una zona di raccolta, mentre il materiale non ferroso cade subito all'uscita dal primo nastro. Nel caso si intenda eseguire una separazione più spinta si può ricorrere a separatori a doppio tamburo.

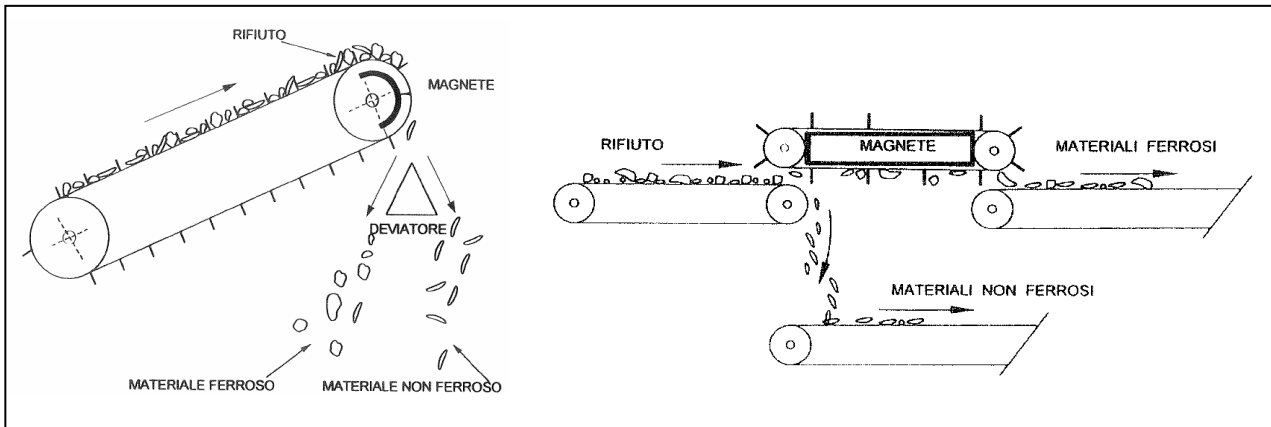


Fig. 4.10 – Separatore magnetico a tamburo (a sinistra) e a nastro (a destra).

Oltre alla separazione dei metalli ferrosi dal rifiuto, è possibile recuperare i metalli non ferrosi, quali l'alluminio, il rame, l'acciaio inox puro, l'ottone, ecc... Il separatore per metalli non ferrosi è detto anche "a correnti indotte" o ECS (Eddy Current System) e si basa sul principio fisico per cui i componenti metallici, esposti a un campo magnetico ad alte frequenze, sono percorsi da correnti di Foucault, che creano un campo magnetico che si oppone alla causa che l'ha generato: ne risulta una forza di repulsione che tende ad allontanarli dalla sorgente del campo magnetico. Un separatore per metalli non ferrosi del tipo "a rullo induttore" è configurato come un separatore a tamburo, ma all'interno del rullo di estremità è presente un rotore magnetico, avente campo magnetico a polarità alternata (nord-sud) attorno alla propria circonferenza, posto in rotazione ad elevata velocità. Le componenti metalliche non ferrose presenti nel rifiuto vengono allontanate dal materiale rimanente e cadono seguendo una traiettoria differente, potendo essere quindi recuperate tramite appositi deviatori.

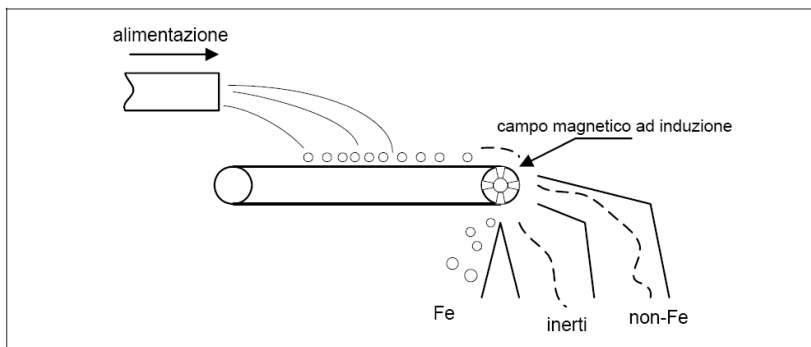


Fig. 4.11 – Separatore a rullo induttore (elaborazione Enea, [25])

4.1.1.2 Raffinazione degli output

Per assicurare la qualità dei prodotti in uscita da un trattamento meccanico – biologico, è necessario ricorrere a trattamenti di raffinazione, che risultano essenziali nel caso di sistemi di bioessiccazione, ossia quando il trattamento biologico precede quello meccanico (sistema a flusso unico, Fig. 4.1).

Come si è già avuto modo di dire, i trattamenti meccanici e biologici possono essere opportunamente combinati in un impianto TMB in modo da ottenere output diversi, pertanto la fase di raffinazione sarà strutturata in funzione del destino del flusso in uscita: smaltimento discarica, ammendante per il suolo, combustibile in impianti dedicati o in impianti industriali.

Gli obiettivi dei trattamenti di raffinazione sono:

- rimuovere contaminanti, quali ad esempio vetro e plastica;
- preparare al meglio il rifiuto trattato per gli impieghi successivi attraverso operazioni di selezione e riduzione dimensionale;

- confezionare il prodotto nel caso del CDR tramite sistemi di compattazione: i più comuni prevedono la riduzione in balle, bricchette (blocchetti) o pellets (cilindretti).

Produzione di CDR

La frazione secca derivante dai trattamenti meccanici di triturazione e vagliatura (schema a flusso separato) o da un processo biologico di essiccazione (schema a flusso unico) può essere direttamente inviata a termovalorizzazione oppure, se l'obiettivo dell'impianto TMB è quello di ottenere un combustibile solido rispondente alla norma UNI 9903-1 (CDR) essere sottoposta ad una serie di trattamenti di raffinazione.

I trattamenti cui è sottoposto il sovrallo derivante da operazioni di triturazione e vagliatura primaria, al fine di ottenere un CDR di qualità, sono in genere i seguenti [10]: separazione dei materiali a maggiore densità; separazione dei materiali ferrosi; separazione dei materiali non ferrosi; seconda riduzione dimensionale (50x50 mm); addensamento (densità > 300 kg/m³) o bricchettatura/pelletizzazione (densità > 600 kg/m³) o semplice pressatura in balle a seconda del tipo di alimentazione del forno di destinazione.

Nel caso in cui si voglia ottenere CDR a partire da un rifiuto che, a valle di un trattamento primario di triturazione, è stato sottoposto ad un processo biologico di bioessiccazione, si può optare per i seguenti trattamenti: vagliatura del fine; deferrizzazione primaria; triturazione secondaria; deferrizzazione secondaria; separazione aerulica dei materiali a maggiore densità; separazione dei materiali non ferrosi; addensamento o bricchettatura/pelletizzazione o pressatura in balle.

Il confezionamento del CDR in forme solide di piccole dimensioni viene realizzato tramite bricchettatura e/o pelletizzazione: nel primo caso si ottengono dei blocchetti prismatici (bricchette) nel secondo dei cilindretti (pellets). La forma finale viene ottenuta per presso-estrusione tramite due distinte apparecchiature (Fig. 4.12):

- la pressa rotante eccentrica: involucro cilindrico con la parte periferica dotata di canali per la fuoriuscita delle bricchette o pellets; all'interno del tamburo ruota la pressa cilindrica in posizione eccentrica in modo da comprimere il materiale e spingerlo all'interno dei canali di estrusione; l'attrito indotto nel materiale produce un riscaldamento con conseguente perdita dell'umidità;
- l'estrusore con vite senza fine: è un sistema a coclea che forza il materiale a passare attraverso un condotto di sezione via via decrescente; solitamente il foro di uscita è cilindrico con diametri di circa 15 mm; la lunghezza dei pellets è in genere intorno ai 50 mm.

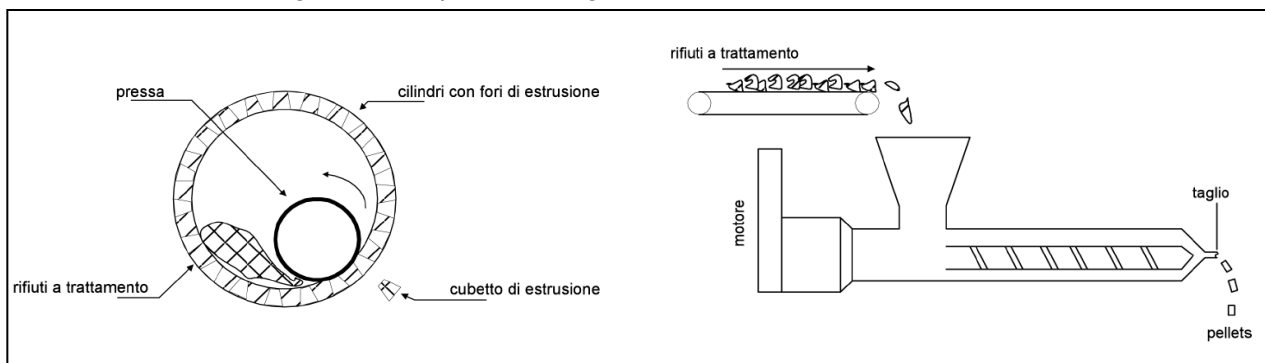


Fig. 4.12 - Pressa rotante eccentrica (a sinistra) e estrusore con vite senza fine (a destra) (elaborazione Enea, [25])

Produzione di materiale biostabilizzato

Il materiale biostabilizzato in uscita da impianti TMB, in funzione delle sue caratteristiche qualitative, potrebbe essere utilizzato per la sistemazione di scarpate, argini, terrapieni, per il recupero ambientale di cave esaurite, il ripristino ambientale di discariche esaurite o di aree inquinate. È indispensabile, in ogni caso, che il materiale abbia un elevato grado di stabilità e un basso contenuto di sostanze inquinanti e di materiali inerti.



La raffinazione consente di raggiungere il grado di pulizia prefissato e può avvenire per vagliatura, riduzione della granulometria, deferrizzazione, classificazione densimetrica.

L'operazione di vagliatura consente di eliminare eventuali frazioni contaminanti (materiale plastico, inerti di varia natura, etc) e di recuperare il substrato ligno-cellulosico eventualmente aggiunto alla matrice di partenza.

La separazione densimetrico-aeraulica consente la separazione di corpi di piccole dimensioni, in particolare materiali plastici.

4.1.2 Trattamenti biologici

La scelta tra trattamento aerobico ed anaerobico è influenzata dalla configurazione impiantistica. Nello schema "a flusso separato" le due correnti vengono ottenute mediante un'operazione di vagliatura denominata "primaria": il sopravaglio o sovvallo consiste in una frazione di materiale secco di grande pezzatura, ricco di componenti ad elevato potere calorifico, mentre il sottovaglio è una frazione di piccola pezzatura, ricca di materiale organico putrescibile, che viene in genere avviata a biostabilizzazione, processo concettualmente analogo al compostaggio, ma che conduce alla produzione di un materiale di scarsa qualità e la cui destinazione finale è spesso la discarica. È tuttavia possibile, nel caso di flusso separato, optare per un trattamento biologico di tipo anaerobico, sia pure con notevoli complicazioni impiantistiche e gestionali, aspetto su cui si tornerà in seguito.

Nello schema a "flusso unico" il trattamento biologico costituisce la prima operazione, mentre il trattamento meccanico successivo ha lo scopo di raffinare il prodotto organico stabilizzato, rimuovendo ogni residuo estraneo agli usi finali, come plastica, carta, metalli, vetro, inerti; in questo caso la scelta del trattamento aerobico è obbligata.

4.1.2.1 Biostabilizzazione

Il trattamento di biostabilizzazione porta alla produzione di un prodotto stabile dal punto di vista biologico, attraverso un processo di biossidazione della sostanza organica. Il raggiungimento della stabilità biologica avviene in genere attraverso un trattamento a "differenziazione di flussi" che consta di tre tappe distinte (Fig. 4.13):

1. pre-trattamento meccanico volto a separare la cosiddetta frazione "secca" (sovvallo) dalla frazione umida (sottovaglio), ove si concentra il materiale organico;
2. stabilizzazione della Frazione Organica Putrescibile (FOP) in seguito a processi ossidativi da parte di microrganismi aerobi ed eterotrofi, mediante il periodico rivoltamento, aerazione e bagnatura della massa, allo scopo di ottenere un prodotto il più possibile stabile da un punto di vista biologico (FOS);
3. eventuale post-trattamento meccanico di raffinazione del materiale ottenuto.

Nella processo di biostabilizzazione (della durata di circa 4 settimane) dovranno essere tenuti sotto controllo i seguenti fattori: concentrazione di ossigeno e aerazione; ricerca di condizioni termometriche ottimali nelle diverse fasi del processo: se per il conseguimento della pastorizzazione il materiale va mantenuto per un tempo relativamente prolungato sopra i 55°C, la massima attività microbica si consegue in condizioni mesofile (40-50°C); umidità, che deve essere sufficiente alle attività microbiche, ma non eccessiva.

I sistemi utilizzati possono essere:

- sistemi aperti o chiusi, a seconda che il processo avvenga all'aperto o in aree chiuse e confinate rispetto all'ambiente esterno (capannoni, tunnel, reattori a tamburo, box) con captazione e trattamento delle arie di processo;
- sistemi statici o dinamici: a seconda che la massa, almeno durante la fase intensiva, sia o meno soggetta a rivoltamento;
- sistemi aerati o non aerati, a seconda che il processo avvenga con o senza ventilazione forzata (per aspirazione o insufflazione).

Il processo di biostabilizzazione avviene generalmente in sistemi dinamici aerati, ossia con insufflazione di aria forzata all'interno del materiale e suo periodico rivoltamento.

Le perdite di processo (anidride carbonica, acqua e altre sostanze gassose in quantità minori) ammontano a circa il 40% del materiale organico in ingresso; la FOS sarà dunque pari al 60% circa in massa rispetto alla frazione organica, e circa il 20% rispetto al rifiuto complessivamente entrante nell'impianto TMB [14].

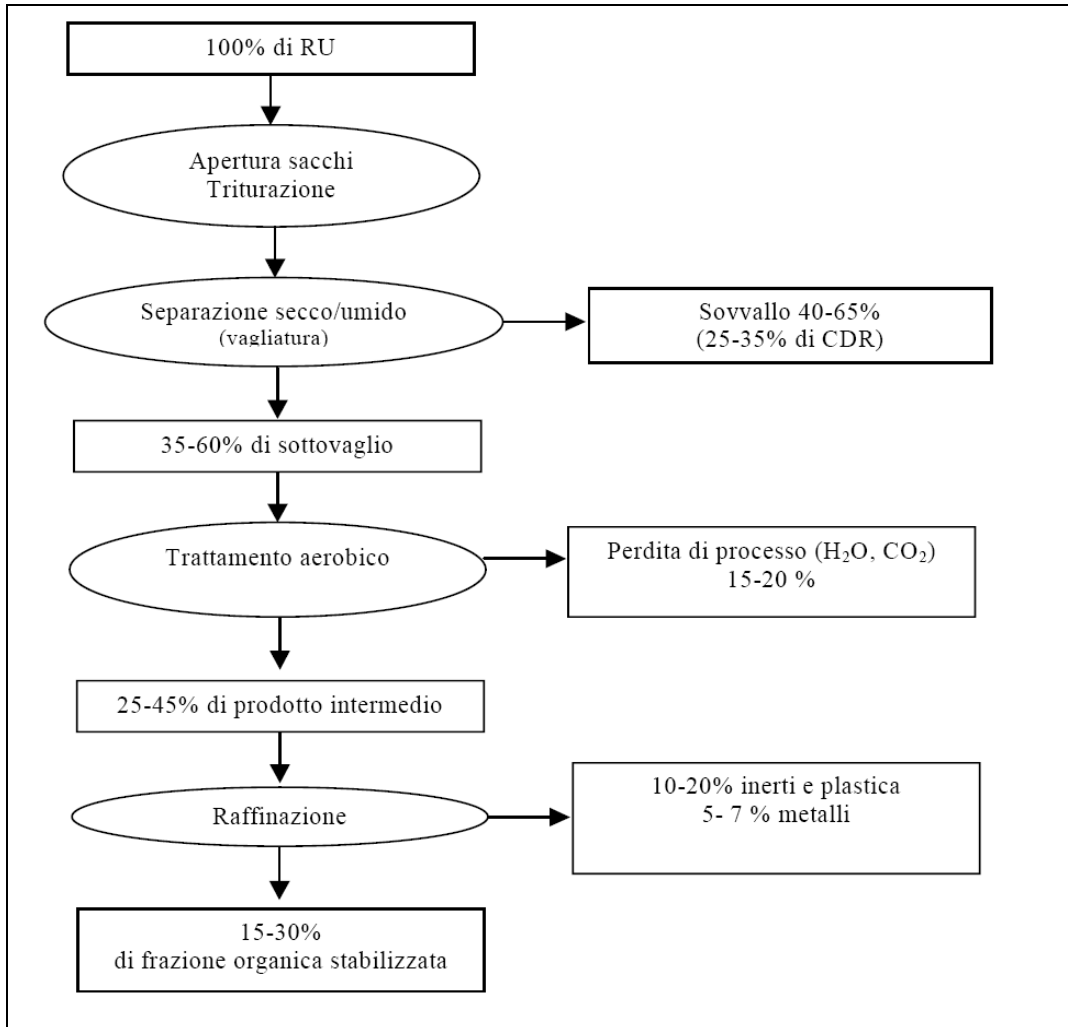


Fig. 4.13 - Biostabilizzazione: schema di processo e bilancio di massa con metodo a separazione di flusso

4.1.2.2 Bioessiccazione

La bioessiccazione, nota anche come Bio-Drying, ha lo scopo primario di ridurre l'umidità del rifiuto fino a valori del 7-15 %, a seguito di una fase di bioossidazione della sostanza organica, ed ha due obiettivi fondamentali (Fig. 4.14):

- assicurare la stabilità biologica e l'igienizzazione dei rifiuti per lo stoccaggio a lungo termine, in modo tale da ridurre o, eventualmente, annullare emissioni maleodoranti di gas e polveri;
- produrre un buon substrato da utilizzare come fonte di energia.

La bioessiccazione viene raggiunta attraverso due stadi principali:

1. triturazione meccanica blanda del rifiuto tal quale, per aumentarne la superficie di evaporazione e di scambio della massa, ottenendo così un'accelerazione dei processi di bioessiccazione;
2. trattamento biologico della matrice precedentemente triturata. Questo stadio avviene a mezzo di aerazione forzata della biomassa, sfruttando il calore sviluppato dalle reazioni biologiche aerobiche. Il materiale bioessiccato, dotato di buon potere calorifico, potrebbe essere sottoposto ad un'ulteriore fase di raffinazione finalizzata a produrre CDR o a effettuare ulteriori recuperi di materiali potenzialmente riciclabili.

Dal punto di vista del bilancio di materia, in funzione del contenuto di sostanza organica del rifiuto, si può osservare una perdita in peso compresa tra il 10 e il 25% circa, rispettivamente per le situazioni con basso (8%) e alto (50%) contenuto di organico, con una durata del processo non superiore a 15 giorni [14].

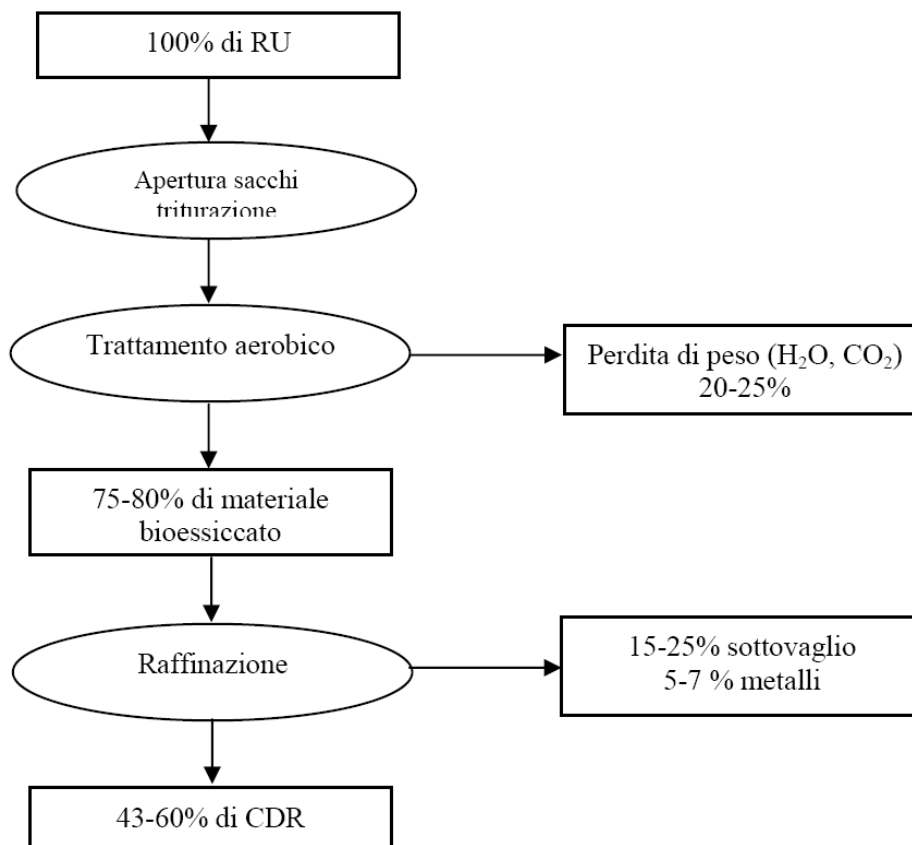


Fig. 4.14 - Bioessiccazione: schema di processo e bilancio di massa (Linee Guida CITEC).

4.1.2.3 Digestione anaerobica

La digestione anaerobica è un processo biologico, condotto in assenza di ossigeno, che porta alla riduzione della sostanza organica biodegradabile con produzione di un gas, il cosiddetto biogas, composto essenzialmente di metano ed anidride carbonica, impiegato per la produzione di energia (elettrica o termica) o di metano per autotrazione.

La digestione anaerobica genera un importante flusso di rifiuto residuo, detto digestato, la cui collocazione è fortemente condizionata dalla qualità del materiale in ingresso, potendo essere destinato allo smaltimento in discarica o trovare impiego come ammendante in agricoltura, dopo una eventuale maturazione aerobica, qualora rispetti i requisiti di qualità imposti dalle norme locali in materia.

Nell'ambito dei processi di digestione anaerobica, la principale distinzione per approccio impiantistico si basa sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore. Le tecniche di digestione possono essere suddivise, da questo punto di vista, in due gruppi principali [31]:

- digestione *a umido* (wet), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%;
- digestione *a secco* (dry), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.



Processi con valori intermedi di sostanza secca sono meno comuni e vengono in genere definiti a *semisecco* (semi-dry).

I primi traggono origine dall'applicazione della digestione anaerobica nel campo della depurazione dei reflui civili e industriali e si rivolgono principalmente a rifiuti organici con bassa contaminazione, facilmente depurabili e fluidificabili. I secondi si sono sviluppati specificatamente per l'applicazione sui rifiuti solidi con elevati indici di contaminazione da plastiche e altri materiali non biodegradabili. Una seconda distinzione fa riferimento al regime termico con cui viene condotto il processo biologico. All'interno del reattore anaerobico possono essere stabilite condizioni di psicrofilia (20°C), mesofilia (35-37°C), termofilia (55°C) o estrema termofilia (65-70 °C). I processi industriali lavorano prevalentemente in regimi mesofili e termofili. I processi mesofili presentano generalmente vantaggi nei costi e nella robustezza del processo; i termofili sono generalmente caratterizzati da rese di produzione di biogas più elevate, ma anche da un maggiore impegno gestionale per il mantenimento degli equilibri operativi.

Il tipo di caricamento dei reattori distingue processi in batch, dove le matrici vengono introdotte in un'unica soluzione nel reattore, e processi in continuo, dove invece il reattore viene alimentato, quotidianamente o con frequenze maggiori, con una quota di rifiuto, a cui corrisponde lo scarico di una analoga quantità di digestato. Ad una maggiore economia e semplicità gestionale dei processi in batch, si contrappone una maggiore resa produttiva in termini di biogas nei reattori alimentati in continuo.

Un'ultima distinzione fa riferimento, infine, al numero di reattori impiegati in serie per lo svolgimento del processo anaerobico; si parla di processo monostadio o multistadio. La catena di reazioni che portano alla produzione di biogas dalla sostanza organica genera metaboliti che potrebbero inibire la fase metanigena; pertanto in luogo di un unico reattore ove si svolga l'intera catena di reazioni (processi monostadio), spesso si fa ricorso ad una separazione fisica tra le prime fasi del processo e la fase metanigena (processi bistadio o multistadio). I processi monostadio presentano costi di investimento e spazi occupati generalmente inferiori, mentre i processi bistadio consentono cinetiche e rese di processo superiori.

Tab. 4.1- Caratteristiche della digestione anaerobica

CRITERI	CARATTERISTICHE
Regime termico	Psicrofilia (20°C), poco utilizzato
	Mesofilia(35-37°C)
	Termofilia (55°C ed oltre)
Contenuto di solidi in reattore	Processo umido (5-10% TS)
	Processo semi secco (TS reattore=10-20%)
	Processo secco (TS reattore> 20%)
Fasi biologiche	Unica (l'intera catena microbica mantenuta in singolo reattore)
	Separate (fase idrolitica e fermentativa sono separate da quella metanogenica)

4.2 GLI IMPATTI AMBIENTALI DEGLI IMPIANTI TMB

Il fattore di maggiore rilievo nella definizione degli impatti di un impianto di trattamento meccanico-biologico è rappresentato certamente dalle *emissioni odorose*. Per effetto delle reazioni di degradazione della sostanza organica si originano flussi gassosi contaminati da un ampio spettro di sostanze odorigene, riconducibili alle due famiglie dei composti organici volatili (VOC) e dei cataboliti ridotti di processo (ammoniaca e acido solfidrico in primis).

La produzione di sostanze maleodoranti, inevitabile anche nelle migliori condizioni di esercizio, è riconducibile a tutte le sezioni di un TMB; le principali fonti di odori sono infatti:

- sostanze volatili prodotte nel corso di processi fermentativi durante lo stoccaggio dei rifiuti in attesa del trattamento e durante le fasi di pretrattamento e selezione;
- sostanze volatili originate dalla sezione di trattamento aerobico o anaerobico della frazione organica separata;
- emissioni dovute allo stoccaggio dei prodotti finali e degli eventuali residui del processo.



La configurazione e i criteri progettuali dell'unità di trattamento e l'attenta conduzione del processo rappresentano quindi elementi importanti, che possono contribuire in modo determinante alla riduzione del problema alla fonte. Il controllo delle emissioni odorigene può essere effettuato attraverso una strategia integrata che prevede:

- una corretta gestione dell'impianto (evitare stoccaggi prolungati, prevenire fenomeni di anaerobiosi nella massa) e del processo (temperatura, umidità, tempi di residenza);
- ambienti completamente chiusi e in depressione con aspirazione forzata dell'aria in tutte le sezioni destinate al ricevimento, stoccaggio, ripresa e alimentazione della sezione di trattamento dei rifiuti; l'aria aspirata dalle zone dei trattamenti meccanici potrebbe essere utilizzata come aria di processo per il trattamento biologico (se aerobico);
- trattamento delle arie esauste prima della loro immissione in atmosfera.

La rimozione delle sostanze odorigene viene condotta mediante il ricorso a processi di tipo biologico, chimico-fisico o termico: biolavaggio o biofiltrazione, assorbimento con soluzioni chimiche, adsorbimento su carbone attivo, ossidazione termica.

In Italia le tecnologie più diffuse sono quelle basate su processi di tipo biologico, quali la biofiltrazione (efficace nei confronti dell'abbattimento degli odori, meno nei confronti dell'abbattimento dei VOC totali) e sul lavaggio con soluzioni chimiche.

I metodi biologici presentano il vantaggio di permettere una completa ossidazione per via metabolica delle sostanze inquinanti di origine biologica, con ottimi rendimenti nei casi di concentrazioni medio-basse, tipiche proprio dei processi di trattamento biologico. Sono efficaci su composti inorganici (NH_3 e H_2S), composti solforici (mercaptani), composti amminici, composti carbonilici (aldeidi, chetoni), acidi grassi a catena corta (propionico, butirrico).

L'assorbimento con soluzioni chimiche in torri di lavaggio o in scrubber è molto diffuso e si basa sul trasferimento di uno o più composti presenti in fase gassosa in una fase liquida; il flusso dell'aria è investito da una corrente di acqua in una sezione detta di lavaggio. La scelta della soluzione di lavaggio è determinata dalla tipologia degli elementi da abbattere: nel caso di forte presenza di composti basici, quali ammoniaca, si utilizzano soluzioni acide (H_2SO_4), mentre in caso di composti acidi si utilizzano soluzioni a base di NaOH .

Per un abbattimento spinto dei VOC è necessario il ricorso a tecnologie di tipo termico (combustori termici rigenerativi oppure catalitici), i quali però comportano elevati costi di installazione e gestione, consumo di combustibili fossili, produzione di inquinanti aggiuntivi (NO_x , CO_2 fossile).

In un impianto TMB è inoltre opportuno controllare l'emissione di *materiale particolato*, tanto più rilevante con il diminuire dell'umidità del materiale.

Le polveri vengono prodotte in quasi tutte le fasi di trattamento dei rifiuti, ma principalmente nelle fasi di stoccaggio in fosse di accumulo, nei reparti di pretrattamento e selezione meccanica. L'entità di dispersione delle polveri è strettamente legata al tipo di operazioni che vengono effettuate nei vari reparti dell'impianto ed alla tipologia e potenzialità delle apparecchiature utilizzate.

Per contenere la presenza di polveri diffuse negli ambienti di lavoro è necessario mantenere in leggera depressione tutti gli edifici ed inviare l'aria aspirata ad uno specifico trattamento di depolverazione, successivamente seguito da un trattamento di deodorizzazione.

Per limitare la diffusione di polveri devono essere adottate varie precauzioni durante la gestione dell'impianto ed in particolare nelle operazioni di carico e scarico. In particolare dovrebbero essere evitate le operazioni di carico a mano, con sacchi o pale, preferendo sistemi di caricamento in ciclo chiuso, attraverso nastri trasportatori, in grado di alimentare direttamente le macchine.

Il trattamento di depolverazione del flusso d'aria aspirato deve essere realizzato attraverso l'utilizzo di cicloni, filtri a maniche o scrubber ad umido.



5 GLI IMPIANTI TMB OPERATIVI

I TMB operano, a seconda degli obiettivi che si intende perseguire, con diversi layout, tutti però riconducibili ad alcuni schemi operativi fondamentali.

Il già citato Rapporto della società inglese Juniper [9] individua 8 principali schemi d'impianto, illustrati in Tab. 5.1.

Ciò che caratterizza un impianto TMB è la parte biologica che può essere, come s'è visto, di due tipi:

- di tipo *anaerobico*: il processo di digestione anaerobica è simile a quello che avviene in discarica ma è condotto all'interno di recipienti chiusi detti digestori; porta alla produzione di biogas che può essere utilizzato per produrre energia elettrica e/o termica e di un digestato che viene in genere sottoposto ad una successiva fase di trattamento aerobico;
- di tipo *aerobico*: la biostabilizzazione è concettualmente analoga al compostaggio ma, a partire dal rifiuto indifferenziato sottoposto a pretrattamento meccanico, porta alla produzione di frazione organica stabilizzata (FOS).

La FOS è vagamente simile al compost ma inevitabilmente contaminata da sostanze indesiderate quali plastiche leggere, materiali inerti e soprattutto metalli pesanti. Tale materiale non trova codificazione normativa a livello nazionale, in quanto sicuramente non rispetta i limiti imposti dal D.Lgs. 217/06 per l'ammendante compostato di qualità.

Vale la pena citare a tale proposito un pronunciamento della Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome datato 4 marzo 2004

che, affrontando le problematiche relative all'elaborazione del "Programma per la riduzione dei rifiuti biodegradabili da collocare in discarica" (ai sensi del D. Lgs. 36/03), ha valutato come "limitatissima la possibilità di impiego della FOS sia come ripristini ambientali che come ricopertura di discariche", e pertanto ha ritenuto "opportuno disincentivare la realizzazione di nuovi impianti con produzione di frazione organica sporca da stabilizzare e da smaltire in discarica".

Si è ritenuto pertanto di non considerare ai fini del presente Studio gli schemi finalizzati alla produzione di biostabilizzato ritenendo meritevoli di un maggiore approfondimento gli schemi di TMB finalizzati ad una valorizzazione energetica della frazione organica del rifiuto attraverso la digestione anaerobica (schemi 7 e 8).

Si riporta di seguito una tabella che elenca gli impianti di digestione anaerobica a livello mondiale: tale tabella evidenzia come la digestione anaerobica abbia trovato applicazione prevalentemente su particolari tipologie di rifiuto quali organico da raccolta differenziata (FORSU), biomasse, scarti di industrie alimentari, reflui zootecnici.

Alcune applicazioni ai rifiuti solidi urbani si trovano in Europa centro-settentrionale e in Paesi, quali la Spagna, che hanno potuto usufruire di consistenti contributi economici dall'Unione Europea per muoversi con decisione su questa strada.

Tab. 5.1 – Schemi operativi di impianti TMB (Juniper 2005).

	<p>Schema 1 Stabilizzazione prima dello smaltimento in discarica</p>
	<p>Schema 2 Produzione di "compost" da rifiuto</p>
	<p>Schema 3 Produzione di un ammendante di bassa qualità (FOS)</p>
	<p>Schema 4 Produzione di combustibile derivato dai rifiuti (CDR)</p>
	<p>Schema 5 Produzione di CDR mediante bioessiccazione</p>
	<p>Schema 6 Riduzione dell'esigenza di trattamento termico</p>
	<p>Schema 7 Produzione di biogas</p>
	<p>Schema 8 Produzione di biogas + ammendante</p>



Tab. 5.2 – Elenco degli impianti di digestione anaerobica curato dall' International Energy Agency [75]

Country	Location	Feedstock	System	Scale [tpa]	Date	Type
Australia	Sydney	MBA	ISKA	160'000	2005	dry
Austria	Böheimkirchen	Biowaste, manure	Ing. Bauer GmbH	7'000	1996	wet
Austria	Amstetten	Biowaste, Catering Waste	BST	10'000	2005	wet
Austria	Antiesenhofen	Biowaste, Catering Waste	BST	2'000	2002	wet
Austria	Bruck a.d. Leitha	Catering Waste, EC	Eigenbau	20'000	2004	wet
Austria	Habersdorf	Biowaste, Catering Waste	BST	5'000	2005	wet
Austria	Hagenbrunn	Catering Waste	Entec	20'000	2004	wet
Austria	Heiligenkreuz am Wasen	Catering Waste, EC	Nahtec / Koller	12'000	2002	wet
Austria	Herzogsdorf	Biowaste, Catering Waste	BST	10'000	2005	wet
Austria	Hirsdorf	Biowaste, manure, OIW	Entec	14'000	1995	wet
Austria	Immendorf	Vegetables, Manure, EC	Führer, Schweitzer	4'000	2003	wet
Austria	Lustenau	Biowaste	Kompogas	10'000	1996	dry
Austria	Markgrafnesiedel	Biowaste, Catering Waste	Komptech	15'000	2005	wet
Austria	Michaelbeuern	Catering Waste, Manure, EC	Wolf	3'800	2002	wet
Austria	Nussbach	Catering Waste, Manure, EC	Scheitzer	6'600	2001	wet
Austria	Ottang	Biowaste, Manure, EC	Bioenergetica	5'000	2003	wet
Austria	Penz	Slaughterhouse waste, Manure	AAT, Wolf	20'000	2005	wet
Austria	Pettenbach	Slaughterhouse waste, Manure	Führer	5'700	2003	wet
Austria	Rankweil	Catering Waste, Manure, EC	Entec	2'500	2004	wet
Austria	Rechnitz	Biowaste, Catering Waste	BST	15'000	2004	wet
Austria	Roppen	Biowaste	Kompogas	10'000	2001	dry
Austria	Ruprechtshof	Biowaste, Catering Waste	BST	2'000	2002	wet
Austria	Siggerwiesen	Biowaste	Dranco	20'000	1993	dry
Austria	St. Pankraz	Catering Waste	Waltenberger	10'000	2003	wet
Austria	St. Stefan i.R.	Slaughterhouse waste, Manure	AAT	13'000	2003	wet
Austria	Vienna	Biowaste	RosRoca	20'000	2006	wet
Austria	Wels	Whey	AAT	45'000	2006	wet
Austria	Wels	Biowaste	Linde BRV/Strabag	15'000	1997	wet
Belgium	Brecht I	Biowaste, Paper	Dranco	20'000	1992	dry
Belgium	Brecht II	Biowaste, Paper	Dranco	50'000	2000	dry
Belgium	Leper	Biowaste	BTA	50'000	2003	wet
Belgium	Mons	Mixed waste	Valorga	58'700	2000	dry
Canada	Dufferin	MSW	Bulrush		2007	
Caribbean	Martinique	Biowaste	Kompogas	20'000	2005	dry
China	Beijing	Biowaste	Valorga	105'000	2007	dry
China	Shanghai	Biowaste, MSW	Valorga	268'500	2007	dry
Corea	Ko-Sung	Biowaste	BTA	3'000	2003	wet
Denmark	Århus	Biowaste, manure, OIW	C.G. Jenson	125'000	1995	wet
Denmark	Blaabjerg	Manure, OIW	BWSC	100'000.00	1996	wet
Denmark	Blåhøj	Manure, OIW	NIRAS	30'000	1997	wet
Denmark	Davinde	Manure, OIW	Krüger	15'000	1988	wet
Denmark	Fangel	Manure, OIW	Krüger	60'000	1989	wet
Denmark	Filskov	Manure, OIW	NIRAS	30'000	1995	wet
Denmark	Grindsted	Biowaste, Sludge	Krüger	40'000	1997	wet
Denmark	Hashøj	Manure, OIW	Krüger	80'000	1994	wet
Denmark	Helsingøer					the plant is closed



Denmark	Hodsager	Manure, OIW	NIRAS	17'500	1993	wet
Denmark	Lemvig	Manure, OIW	BWSC	160'000.00	1992	wet
Denmark	Lintrup	Manure, OIW	Krüger/Bioscan	190'000	1990	wet
Denmark	Nysted	Biowaste, Manure, OIW	Krüger	100'000	1998	wet
Denmark	Revninge	Manure, OIW	Bioscan	15'300	1989	the plant is closed
Denmark	Ribe	Manure, OIW	Krüger	147'000	1990	wet
Denmark	Sinding	Biowaste, Manure, OIW	Herning Municipal	52'700	1988	wet
Denmark	Snertinge	Manure, OIW	NIRAS	43'000	1996	wet
Denmark	Studsgård	Biowaste, Manure, OIW	Herning Municipal	130'000	1996	wet
Denmark	Thorsø	Manure, OIW	BWSC	100'000.00	1994	wet
Denmark	Vaarst-Fjellerad	Biowaste, Manure, OIW	NIRAS	55'000	1997	wet
Denmark	Vegger	Biowaste, Manure, OIW	WWW Engineering	30'000	1985	wet
Denmark	Vester Hjermitselev	Manure, OIW	Krüger	30'000	1984	wet
Estonia	Valjala	SS, Manure	Ros Roca	40'000	2005	
Finland	Vaasa	MSW	WABIO/Citec	15'000	1994	dry
Finland	Vaasa (ASJ)	MSW	Citec	15'000	1994	
Finland	Vaasa (Stormossen)	MSW	Citec	30'000	1988	
Finland	Vehmaa	Manure, OIW	Biovakka Oy/Watrec Oy	120000	2005	wet
France	Amiens	MSW	Valorga	85'000	1988	dry
France	Calais	Biowaste, paper	Valorga	27'000	2006	
France	Fos sur Mer	Biowaste, MSW	Valorga	497'600	2008	
France	Le Robert, Martinique	Biowaste	Kompogas	20'000	2006	
France	Lille	Biowaste	STRABAG	62'000	2007	dry
France	Montpellier	MSW	Kompogas	100'000	2008	dry
France	Varenes-Jarcy	MSW	Valorga	100'000	2001	dry
Germany	Albersdorf	Nawaro	Farmatic	80'000	2002	wet
Germany	Alteno/Duben	Biowaste	Farmatic	86'000	2001	wet
Germany	Alzey	Biowaste	Kompogas	26'000	1999	dry
Germany	Baden-Baden	Biowaste	BTA	5'000	1993	wet
Germany	Bamberg	Biowaste/NawaRo	BioEnergy Biogas	18'200	2006	dry
Germany	Bassum	Grey Waste	Dranco	115'000	1997	MBA, dry
Germany	Behringen	Manure, OIW	Linde-KCA/Strabag	23'000	1996	wet
Germany	Boden	Biowaste	Ros Roca	25'000	1999	wet
Germany	Bottrop	Biowaste	Citec/WABIO	6'500	1995	wet
Germany	Braunschwieg	Biowaste	Kompogas	26'000	1997	dry
Germany	Buchen	MSW	ISKA	165'000	2006	MBA, closed down
Germany	Dietrichsdorf	Biowaste, OIW	BTA	17'000	1995	wet
Germany	Deisslingen	Biowaste	Ros Roca	24'000	2005	wet
Germany	Dietrichsdorf	Biowaste, OIW	Ros Roca	75'000	2005	wet
Germany	Düren	MBA	Schwarting UHDE	150'000	1995	wet
Germany	Ellert	Biowaste	Entec	5'000	1997	wet
Germany	Engelskirchen	Biowaste	Valorga	35'000	1998	dry
Germany	Erkheim	Biowaste, OIW	BTA	11'500	1997	wet
Germany	Finsterwalde	Biowaste, Manure	Schwarting UHDE	87'600	1995	wet
Germany	Frankfurt	Biowaste	Kompogas	15'000	1999	dry
Germany	Freiburg	Biowaste	Valorga	36'000	1999	dry
Germany	Freienhufen	Grey waste	Haase	50'000		MBA, wet
Germany	Fürstenwalde	Biowaste, Manure, OIW	Linde KCA/ Strabag-KCA	85'000	1998	wet
Germany	Ganderkese	Biowaste	AN	3'000	1995	wet
Germany	Gescher	Biowaste, Sludge	Ros Roca	17'500	2005	wet
Germany	Groß Mühlingen	Biowaste, Manure, OIW	DSD	42'000	1996	wet
Germany	Hannover	MSW	Valorga	100'000	2005	MBA, dry
Germany	Hannover	Grey waste	Hese-Umwelt	110'000		MBA, wet
Germany	Heilbronn	MSW	ISKA	88'000	2005	MBA, closed down



Germany	Herten	Biowaste	IMK	18'000	1998	wet
Germany	Hille	Grey Waste, Sludge	Dranco	38'000	2005	dry
Germany	Hirschfelde	OIW	AAT	3'600	1997	wet
Germany	Hoppstätten-Weiersb.	Biowaste	Linde/Strabag-BRV	23'000	2002	dry
Germany	Hunsrück	Biowaste	Kompogas	10'000	1997	dry
Germany	Kahlenberg	MSW	Wehrle Werk	100'000	2001	MBA, wet
Germany	Kaiserslautern	Grey Waste	Dranco	20'000	1999	MBA, dry
Germany	Karlsruhe	Biowaste	BTA	8'000	1996	wet
Germany	Karstädt	Nawaro	Farmatic	80'000	2002	wet
Germany	Kaufbeuren	Biowaste, OIW	BTA/Roediger	6'000	1992	wet
Germany	Kehlheim/Teugn	Biowaste	T.B.W	13'000	?	wet
Germany	Kehlheim/Volkenschwamm	Biowaste	BTA/MAT	13'000	?	wet
Germany	Kempten	Biowaste	Kompogas	10'000	1995	dry
Germany	Kirchstockach	Biowaste	BTA	20'000	1997	wet
Germany	Kleinbautzen	Manure, rye	STRABAG	55'000	2006	wet
Germany	Lemgo	Biowaste, OIW	Linde BRV/ Strabag BRV	38'000	2000	dry
Germany	Leonberg	Biowaste	Dranco	30'000	2004	dry
Germany	Linkenbach	Grey Waste	Schwarting UHDE	57'000	1995	MBA
Germany	Lübeck	Grey waste	Haase	150'000	2006	MBA
Germany	Lüchow	Nawaro	Farmatic	160'000	2002	wet
Germany	Lüneburg	Grey waste	Schwarting UHDE	25'000	1995	MBA
Germany	Malchin		STRABAG	28'000	2007	dry
Germany	Mertingen	Biowaste	BTA	11'000	2001	wet
Germany	Michaelisdonn	Manure, OIW	Krüger	35'000	1995	wet
Germany	Mühlheim	Biowaste, OIW	BTA	22'000	2003	wet
Germany	München	Biowaste	BEKON	8'000	2003	dry
Germany	München	Biowaste	BTA/MAT	20'000	1997	wet
Germany	München	Biosolids, OIW	Schwarting UHDE	87'600	1987	wet
Germany	München/Erding	Biowaste	Kompogas	26'000	1997	dry
Germany	Münster	Grey waste	Dranco	24'000	2005	dry
Germany	Nentzelsrode	Biowaste	Haase	17'000	1998	wet
Germany	Neubukow	Biowaste, Manure, OIW	Farmatic	80'000	2000	wet
Germany	Neukirchen	Biowaste, Manure	AAT	55'000	1998	wet
Germany	Nieheim	Biowaste	Eggersmann	20'000	2006	
Germany	Nordhausen	Biowaste	Haase	16'000	1999	wet
Germany	Nürnberg	Biowaste, OIW	Komptech	16'000	2004	wet
Germany	Oldenburg	Manure, OIW	Krüger	20'000	1992	wet
Germany	Passau	Biowaste	Kompogas	39'000	2005	dry
Germany	Pastitz/Rügen	Manure, OIW	Bioplan	100'000	1997	wet
Germany	Peine/Mehrum	Biowaste	D.U.T	10'000	1998	wet
Germany	Pohlsche Heide	Grey waste	Dranco	40'000		dry
Germany	Radeberg	Sewage, Biowaste, OIW	Linde KCA/ Strabag-KCA	56'000	1999	wet
Germany	Rhadereistedt	Biowaste, Manure	TBW/MT Energie	10'000	1998	wet
Germany	Sagard (Rügen)	Biowaste, Manure, OIW	Linde-BRV/ Strabag-BRV	48'000	1996	wet
Germany	Schaumburg	Grey waste	Horstmann	25'000		wet
Germany	Schwabach	Biowaste	BTA	12'000	1996	wet
Germany	Schwanebeck	Biowaste, Manure	Haase	50'000	1999	wet
Germany	Schweinfurt	Biowaste	Eggersmann	20'000	2007	wet
Germany	Simmern	Biowaste	Kompogas	10'000	1997	dry
Germany	Vietlütbe	Nawaro	Farmatic	18'000	1998	wet
Germany	Volkenschwand	Biowaste, OIW	Ros Roca	4'000	2005	wet
Germany	Weissenfels	Biowaste	Kompogas	12'500	2003	dry
Germany	Wiefels	Biowaste	Horstmann	80'000	2005	wet
Germany	Wittmund	Manure, OIW	Krüger	120'000	1996	wet
Germany	Zittau	OIW	STRABAG	30'000	2006	dry
Germany	Zobes	Biowaste, manure, OIW	DSD	20'000	1986	wet
Italy	Camposampiero	Biowaste, sludge, manure	STRABAG	49'000	2005	wet



Italy	Bassano di Grappa	MSW, Biowaste, SS	Valorga	55'000	2003	dry
Italy	Bastia/Brettona	Manure, OIW	RPA	300'000	1982	wet
Italy	Bellaria	MSW	Ionics Italbina	4'000	1988	wet
Italy	Este	Biowaste, Fat-Srubber	Komptech	250'000	2003	wet
Italy	Marsciano	Manure, OIW	SPI	300'000	1988	wet
Italy	Padua	MSW, Food industry waste	Enbasis	120'000	2008	wet
Italy	Pinerolo	MSW, SS	Citec	30'000	2003	wet
Italy	Rome	MSW	Dranco	40'000	2002	dry, closed down
Italy	Thiene	Manure, OIW	KIKlos	60'000	1990	wet
Italy	Verona	MSW	Snamprogetti	50'000	1998	wet, closed down
Italy	Villacidro	MSW	BTA	45'000	2002	wet
Japan	Akan, Hokkaido		BWSC/MES	9'720	2004	wet
Japan	Ashoro M, Hokkaido		BWSC/MES	7'200	2004	wet
Japan	Ashoro N, Hokkaido		BWSC/MES	5'400	2004	wet
Japan	Hita	Manure, MSW, Sludge	STRABAG	25'000	2005	wet
Japan	Ikoma	Biowaste, SS	Citec	3'000	2001	wet
Japan	Jouetsu	Biowaste, SS	Citec	12'000	2001	wet
Japan	Kyoto	Biowaste	Kompogas	20'000	2004	dry
Japan	Pinerolo	MSW, SS	Citec	30'000	2003	
Japan	Shimonia	Biowaste, SS	Citec	5'000	2001	
Jordan	Amman	Biowaste	Farmatic	60'000	2001	wet
Korea	Pusan	Biowaste	Dranco	70'000	2005	dry
Malta		Biowaste	HAASE	45'000	2008	MBA wet
Netherlands	De Wierde	MSW	Citec	90'000	2002	
Netherlands	Groningen	Grey Waste	Citec	230'000	2000	MBA, dry
Netherlands	Lelystad	Biowaste	Biocel, Heidemij	35'000	1997	dry
Netherlands	Lelystad	Manure, corn, foodwaste	STRABAG	16'000	2006	wet
Netherlands	Tilburg	Biowaste	Valorga	52'000	1994	dry
Netherlands	Torenhoeve	Manure, biowaste	STRABAG	22'000	2007	wet
Polen	Krosno	Biowaste	Ros Roca	10'000	2006	wet
Polen	Pulawy	MSW	BTA	22'000	2001	wet
Polen	Zgorzelec	MSW, OIW	Roediger	20'000	1999	wet
Portugal	Lissabon	Biowaste, OIW	STRABAG	40'000	2005	wet
Portugal	Tondela	Biowaste, MSW	Valorga	35'000	2007	dry
Scotland	Western Isles	Biowaste, fish waste	STRABAG	8'500	2006	dry
Spain	Alicante	MSW	Dranco	30'000	2002	dry
Spain	Avila	MSW	Ros Roca	36'500	2004	wet
Spain	Barcelona Ecoparc	MSW	Linde/ Strabag	150'000	2002	wet
Spain	Barcelona Ecoparc	MSW	Ros Roca	90'000	2005	wet
Spain	Barcelona Ecoparc	MSW, Biowaste	Valorga	240'000	2004	
Spain	Burgos	MSW	STRABAG	40'000	2005	wet
Spain	Cadiz	MSW	Valorga	115'000	2001	dry
Spain	Gran Canaria	MSW	Ros Roca	60'000	2005	
Spain	Jaen	MSW	Ros Roca	20'000	2005	
Spain	La Coruña	MSW	Valorga	182'000	2001	dry
Spain	Lanzarote	MSW	Ros Roca	36'000	2004	
Spain	Las Dehesas	MSW	Valorga	195'200	2007	
Spain	Palma de Mallorca	MSW, SS	Ros Roca	32'000	2004	wet
Spain	Rioja	Biowaste	Kompogas	75'000	2005	dry



Spain	Tudela	MSW	Ros Roca	28'000	2005	
Spain	Valladolid	Biowaste	Linde/ Strabag	15'000	2001	dry
Spain	Vitoria	Mixed waste	Dranco	120'000	2006	
Sweden	Borås	Biowaste, OIW	Läckeby	30'000	2004	wet
Sweden	Borlänge	Biowaste	BKS Nordic	12'000	1997	dry, closed down
Sweden	Helsingborg	Manure, OIW	NSR	80'000	1996	wet
Sweden	Jönköping	Biowaste	Citec	15'000	2003	
Sweden	Kalmar	Manure, OIW	Läckeby/VBB VIAK	40'000	1998	wet
Sweden	Kil	Biowaste	Citec	3'000	1998	wet
Sweden	Kristianstad	Biowaste, Manure, OIW	Krüger	150'000	1997	wet
Sweden	Laholm	Manure, OIW	Krüger	70'000	1992	wet
Sweden	Linköping	Manure, OIW	Purac	105'000	1997	wet
Sweden	Skövde	OIW		13'000	2002	wet
Sweden	Skellefteå	Biowaste, OIW	Läckeby	15'000	2006	wet
Sweden	Uppsala	Biowaste, Manure, OIW	VMT/Läckby	30'000	1997	wet
Sweden	Vannersborg	Biowaste	VMT	20'000	2000	wet
Sweden	Västerås	Ley crop, Biowaste	Ros Roca	23'000	2005	wet
Switzerland	Aarberg	Biowaste	Kompogas	12'500	2006	dry
Switzerland	Baar	Biowaste	Linde BRV/ Strabag BRV	6'000	1994	dry
Switzerland	Bachenbülach	Biowaste	Kompogas	10'000	1994	dry
Switzerland	Frauenfeld	Biowaste, OIW	ROM-opur	6'000	1999	dry, closed down
Switzerland	Geneva	Biowaste	Valorga	10'000	2000	dry
Switzerland	Jona	Biowaste	Kompogas	8'000	2005	dry
Switzerland	Lenzburg	Biowaste	Kompogas	5'000	2005	dry
Switzerland	Otelfingen	Biowaste	Kompogas	12'500	1996	dry
Switzerland	Ottenbach	Biowaste	Kompogas	16'000	2006	dry
Switzerland	Pratteln	Biowaste	Kompogas	12'500	2006	dry
Switzerland	Samstagern	Biowaste	Kompogas	10'000	1995	dry
Switzerland	Utzenstorf	Biowaste	Kompogas	12'500	2005	dry
Switzerland	Villeneuve	Biowaste	Dranco	10'000	1999	nicht mehr in Betrieb
Switzerland	Volketswil	Biowaste	Kompogas	5'000	2001	dry
Switzerland	Wädenswil	OIW	Entec	5'000	1997	wet
UK	Bedford	Manure, foodwaste				wet
UK	Ludlow	foodwaste	Greenfinch	5'000	2006	wet
UK	Holsworthy	Manure, Biowaste	Farmatic	200'000	2002	wet
Ukraine	Zaporozhstol	Manure, OIW	Krüger	12'000	1992	wet
USA	Chino Basin, CA	Manure, Biowaste	Krieg & Fischer		2006	
USA	Greenboro, NC	yard	Duke Engineering	30'000	2000	wet
USA	Moorfield, WV	Biowaste, Manure, Sewage	Enviro-Control	3'000	1996	wet
USA	Talamook	Manure, OIW			1999	wet
USA	Vintage Dairy, CA	Manure	BioEnergy Solutions		2008	wet



5.1 IL CONTESTO EUROPEO

Sul panorama internazionale i paesi europei sono quelli che contano il maggior numero di impianti TMB su scala commerciale, in particolare Germania, Austria, Spagna e Italia e, in misura minore, Paesi Bassi. Alcuni paesi, quali ad esempio Regno Unito, Canada, Australia, stanno promuovendo politiche mirate ad incentivare la realizzazione di tali impianti; a questi si contrappongono altri paesi tra cui Svezia, Svizzera e Danimarca dove il principale sistema di smaltimento dei rifiuti urbani rimane l'incenerimento.

Gli impianti di trattamento meccanico-biologico sono pressoché assenti negli Stati Uniti, dove il basso costo dello smaltimento in discarica preclude la maggior parte delle soluzioni alternative di gestione dei rifiuti urbani; laddove vengono prese in considerazione tecnologie nuove, si tratta prevalentemente di trattamenti a caldo. Tra i paesi industrializzati dove i trattamenti a freddo non hanno trovato alcuna diffusione c'è il Giappone, dove, data l'alta densità abitativa e la difficoltà a reperire spazi per la discarica, si prediligono i trattamenti termici (incenerimento e gassificazione) quale forma di smaltimento finale allo scopo di ridurre al minimo il quantitativo di residui da collocare in discarica.

A livello Europeo, la più elevata capacità installata di impianti TMB si osserva in Italia; la quasi totalità degli impianti esistenti si basa su schemi operativi finalizzati alla produzione di una frazione secca da destinare a incenerimento e di una frazione organica stabilizzata da inviare a discarica.

Seguono la Germania (5 milioni di tonnellate), la Spagna (circa 3-4 milioni di tonnellate) e l'Austria (circa 1 milione di tonnellate) [14]. Mentre in Germania e in Austria, così come in Italia lo scopo prevalente degli impianti TMB è quello di stabilizzare il materiale prima dell'avvio a discarica, in Spagna la produzione di un ammendante di scarsa qualità è spesso parte integrante dell'approccio TMB. A causa dell'elevata presenza di sostanze inquinanti rispetto al compost prodotto a partire da materiale organico selezionato alla fonte, l'utilizzo di tale compost è una pratica controversa, tuttavia ritenuta da alcuni utile per contrastare la desertificazione nelle zone aride.

I 10 impianti di trattamento meccanico biologico più grandi al mondo si trovano in Europa (Tab. 5.3) e 6 di questi in Spagna dove ci si è orientati verso un modello di gestione dei rifiuti che prevede, piuttosto che una raccolta differenziata spinta, la separazione dei rifiuti nelle varie frazioni a valle della raccolta (trattamento meccanico-biologico); soltanto alcune frazioni vengono raccolte separatamente, mentre l'umido viene conferito nei medesimi cassonetti del rifiuto indifferenziato (Tab. 5.5) [70, 87].

La Spagna, dove ancora oggi è predominante il ricorso alla discarica come forma di smaltimento (57% nel 2008 a fronte di una media europea del 40%, Tab. 5.4), ha usufruito in passato di consistenti contributi europei per la realizzazione di impianti di trattamento meccanico-biologico.

Un esempio di impianto realizzato quasi interamente con fondi europei è quello di Pinto (Madrid) che tratta 140.000 t/anno di rifiuto indifferenziato e organico ("residuos orgánicos y resto") [67]; l'impianto, entrato in funzione nel 2003, è costato 45 milioni di euro di cui l'80% finanziati con fondi dell'Unione Europea. Il rifiuto indifferenziato in ingresso è sottoposto ad una accurata selezione meccanica e manuale, il sottovaglio è triturato e inviato a digestione anaerobica ed il digestato viene successivamente stabilizzato aerobicamente.

Tab. 5.3 – I 10 impianti TMB più grandi al mondo (Juniper, 2005)

Impianti	Capacità (t/anno)	Paese	Tecnologia Principale	Prodotto finale principale
Madrid	480.000	Spagna	Horstmann	biostabilizzato
Barcellona (Ecoparc I)	300.000	Spagna	Linde	Biogas, biostabilizzato
Caivano	270.000	Italia	VKW	biostabilizzato, CDR
Barcellona (Ecoparc II)	265.000	Spagna	Horstmann + RosRoca + Valorga	Biogas, biostabilizzato
Groningen	230.000	Olanda	Grontmij	Biogas
Friesland	220.000	Olanda	SBI Friesland + Grontmij	Biogas
Léon	217.000	Spagna	Horstmann + Haase	biostabilizzato, biogas
Valladolid	210.000	Spagna	Horstmann + Linde	biostabilizzato, biogas
Cadiz	210.000	Spagna	Valorga	Biogas
Neuss	206.000	Germania	Sucto	biostabilizzato



Tab. 5.4 – Produzione pro-capite di rifiuti indifferenziati e modalità di trattamento nei diversi paesi europei (Eurostat, dati 2008)

	Municipal waste generated, kg per person	Municipal waste treated, %			
		Landfilled	Incinerated	Recycled	Composted
EU27	524	40	20	23	17
Belgium	493	5	36	35	25
Bulgaria	467	100	0	0	0
Czech Republic	306	83	13	2	2
Denmark	802	4	54	24	18
Germany	581	1	35	48	17
Estonia	515	75	0	18	8
Ireland	733	62	3	32	3
Greece	453	77	0	21	2
Spain	575	57	9	14	20
France	543	36	32	18	15
Italy	561	44	11	11	34
Cyprus	770	87	0	13	0
Latvia	331	93	0	6	1
Lithuania	407	96	0	3	1
Luxembourg	701	19	36	25	20
Hungary	453	74	9	15	2
Malta	696	97	0	3	0
Netherlands	622	1	39	32	27
Austria	601	3	27	29	40
Poland	320	87	1	9	4
Portugal	477	65	19	9	8
Romania	382	99	0	1	0
Slovenia	459	66	1	31	2
Slovakia	328	83	10	3	5
Finland	522	50	17	25	8
Sweden	515	3	49	35	13
United Kingdom	565	55	10	23	12

Data for the EU27, Belgium, Denmark, Germany, Estonia, Spain, France, Italy, Cyprus, Luxembourg, Netherlands, Austria, Poland, Romania, Portugal and the United Kingdom are estimated.

Tab. 5.5 – Produzione di rifiuti urbani dell'area metropolitana di Madrid, 2005 [87]

Fracción	Comunidad sin Ayto. de Madrid (t) 2005	%	Ayuntamiento de Madrid (***) (t) 2005	%
1ª bolsa (residuos orgánicos y resto)	1.221.785	71,32	1.164.523	70,83
Residuos de particulares entrantes en vertedero	322.303	18,81	82.612	5,02
Voluminosos	3.365	0,20	19.508	1,19
2ª bolsa (residuos de envases ligeros)	48.118	2,80	73.109	4,45
Recogida selectiva de vidrio	21.752	1,27	28.153	1,71
Recogida selectiva de papel-cartón	52.365	3,06	66.226	4,03
Recogida selectiva de pilas	171	0,01	382	0,02
Puntos limpios	11.600	0,67	8.072	0,49
Operaciones de limpieza	30.800	1,80	113.463	6,90
Áreas recreativas	743	0,04	(**)	
Animales de compañía muertos	158	0,01	417	0,03
Residuos de medicamentos	220	0,01		
Otros			87.743	5,34
Total (*)	1.713.168	100	1.644.208	100

(*) En esta cifra se incluyen residuos peligrosos y otras fracciones de recogida no incluidas en los datos de generación presentados anteriormente (1.685.810 toneladas), por estar sujetos a flujos de gestión diferentes a los tratados en el presente documento.

(**) El concepto "operaciones de limpieza" recoge también el dato de "áreas recreativas".

(***) Incluidos los municipios de Arganda de Rey y Rivas-Vaciamadrid

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio y Ayuntamiento de Madrid.



In merito all'applicazione della digestione anaerobica ai rifiuti indifferenziati si riportano i risultati di una ricerca biennale sullo stato e prospettive della digestione anaerobica condotta dalla Scuola Agraria del Parco di Monza in collaborazione con il Dipartimento Ambiente, Salute e Sicurezza dell'Università dell'Insubria.

A fine 2008 sono risultati operativi 180 impianti di digestione anaerobica distribuiti in 15 paesi europei: di questi 141 sono deputati al trattamento di oltre 4 milioni di tonnellate di sola FORSU o di FORSU in co-digestione con altri scarti organici. Per quanto riguarda gli impianti che trattano RSU indifferenziato (caratterizzati da una capacità di trattamento di circa 2,8 milioni di tonnellate) si evidenzia l'elevata percentuale di scarto prodotto prima dell'invio a digestione anaerobica (dell'ordine del 40-60%) [27].

Tab. 5.6 – I numeri dell'impiantistica anaerobica in Europa [27]

Numero di Paesi ospitanti impianti	15
Impianti operativi	180
di cui autorizzati a trattare oltre 3.000 t/a e che trattino rifiuto urbano (RSU o FORSU) per almeno il 10% della capacità complessiva	167
Capacità complessiva impianti di digestione RSU (t/a)	2.803.500
Capacità complessiva impianti di digestione FORSU (t/a)	2.267.700
Capacità complessiva impianti di co-digestione FORSU + altre matrici (t/a)	1.968.400
Capacità complessiva impianti di co-digestione RSU + FORSU + altre matrici (t/a)	473.400

5.2 LA REALTÀ ITALIANA

Sul panorama nazionale si rileva che gli impianti TMB operativi sono prevalentemente di tipo aerobico: i principali output sono infatti una frazione leggera che viene inviata a incenerimento e una frazione organica stabilizzata il cui principale destino è la discarica.

Nell'anno 2008 il trattamento meccanico biologico aerobico ha interessato un quantitativo di rifiuti pari a circa 8,4 milioni di tonnellate con una diminuzione, rispetto al 2007, di 12,3 punti percentuali. I rifiuti trattati sono costituiti per l'89,4% da rifiuti urbani indifferenziati (7,5 milioni di tonnellate) e per il restante 10,6% (889.122 tonnellate) da altri rifiuti provenienti dal trattamento meccanico di rifiuti, fanghi derivanti dal trattamento dei reflui urbani ed industriali, frazioni merceologiche di rifiuti urbani quali carta, plastica, metalli, legno, ed in misura minore, rifiuti di provenienza industriale (sette tessile, agro industria, ecc.).

Nel Rapporto Rifiuti 2009 l'ISPRA ha censito 131 impianti di trattamento meccanico-biologico: in Tab. 5.7 vengono evidenziati, nel dettaglio regionale, le potenzialità ed i quantitativi dei rifiuti urbani indifferenziati e delle altre tipologie di rifiuti gestiti presso tali impianti.

Il 12,5% dei rifiuti sottoposti a trattamento meccanico biologico viene trattato nei 7 impianti campani della Campania dove le tecnologie a freddo hanno avuto un'ampia diffusione, con una capacità autorizzata di circa 2.600.000 t/anno, pari al 18% della capacità autorizzata a livello nazionale. La situazione in questa regione è segnata dal contesto di emergenza che vi si protrae, ormai da anni, e dalla mancata affermazione dei sistemi di raccolta differenziata. Anche se il ricorso al trattamento meccanico biologico assume un certo rilievo, va tuttavia evidenziato che il materiale in uscita dagli impianti, in particolare per quanto attiene la frazione secca, non risponde nella maggior parte dei casi agli standard richiesti [24]: circa 710.000 tonnellate tra frazione secca e frazione umida in uscita dagli impianti TMB finiscono a deposito preliminare prima del successivo conferimento ad impianti di smaltimento finale, pari a oltre il 75% del rifiuto in ingresso.

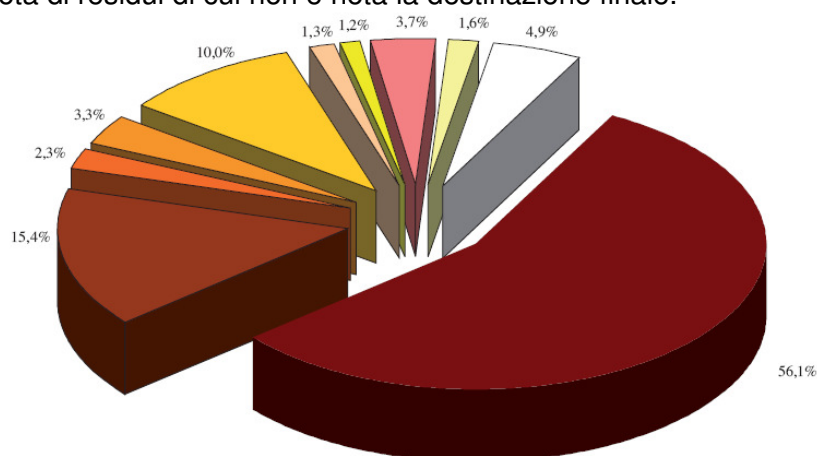
Tab. 5.7 – Trattamento meccanico biologico dei rifiuti urbani, per regione, anno 2008 [96]

Regione	N. impianti	Potenzialità autorizzata (t/a)	Totale input all'impianto (t/a)	Tipologie di rifiuto trattato (t/a)	
				RU indifferenziati (200301)	Altri rifiuti
Piemonte	15	1.359.534	509.131	432.147	76.984
Lombardia	10	1.107.900	782.951	653.302	129.648
Trentino A.A.	1	22.000	11.190	10.431	759
Veneto	10	864.300	591.833	591.833	0
Friuli V.G.	4	255.600	220.264	196.182	24.083
Liguria	4	291.600	179.788	175.570	4.218
Emilia R.	12	1.413.000	812.457	487.849	324.608
Totale NORD	56	5.313.934	3.107.615	2.547.314	560.300
Toscana	16	1.623.800	956.317	853.074	103.243
Umbria	5	610.000	484.263	418.848	65.415
Marche	4	255.600	181.780	180.190	1.590
Lazio	9	1.763.830	912.345	813.644	98.701
Totale CENTRO	34	4.253.230	2.534.705	2.265.755	268.950
Abruzzo	10	516.620	432.401	404.734	27.667
Molise	2	94.900	54.756	54.756	0
Campania	7	2.579.034	941.181	941.168	13
Puglia	3	370.155	312.159	311.656	503
Basilicata	5	87.000	92.210	92.210	0
Calabria	7	475.000	500.164	499.193	971
Sicilia	2	110.000	78.053	77.310	743
Sardegna	5	560.500	339.176	309.202	29.974
Totale SUD	41	4.793.209	2.750.101	2.690.229	59.872
Italia	131	14.360.373	8.392.421	7.503.298	889.122

Fonte: ISPRA

Tornando alla situazione dell'Italia nel suo complesso, l'analisi dei dati riguardanti la destinazione finale dei materiali prodotti dagli impianti (Fig. 5.1), evidenzia come circa 4 milioni di tonnellate, pari al 56,1%, siano avviate in discarica. Il 15,4%, pari a poco più di 1 milione di tonnellate, è destinato ad impianti di incenerimento; il 10% (circa 710.000 tonnellate), costituito dalle frazioni in uscita dagli impianti di trattamento della Campania, è posto in deposito preliminare, prima del successivo conferimento ad impianti di smaltimento finale. Il 4,9%, rappresentato da biostabilizzato (materiale privo di specifica tecnica di riferimento, e pertanto dalle caratteristiche estremamente variabili nel panorama nazionale), che viene impiegato in operazioni di copertura discariche.

Il 3,3%, essenzialmente CDR, viene utilizzato in impianti produttivi per la produzione di energia, mentre, il 2,3% (164.199 tonnellate), costituito da metalli, è destinato a recupero di materia. I residui avviati a processi di biostabilizzazione rappresentano l'1,6%, quelli impiegati per la produzione di CDR, l'1,3%, le frazioni destinate ad altri trattamenti (processi di depurazione e messa in riserva), l'1,2%. Il 3,7% dei residui, pari a circa 263.000 tonnellate, rappresenta, infine, la quota di residui di cui non è nota la destinazione finale.



■ Biostabilizzazione	■ Copertura discariche	■ Smaltimento in discarica	■ Incenerimento
■ Recupero	■ Recupero di energia	■ Deposito preliminare	■ Produzione CDR
■ Altro	■ nd		

Fig. 5.1 - Destinazione finale dei materiali in uscita dagli impianti di TMB, anno 2008 [96]

Per quanto riguarda l'applicazione della digestione anaerobica a materiale "sporco", quale la frazione organica putrescibile selezionata meccanicamente, va rilevato che in Italia tale pratica si è spesso rilevata problematica [89]. Tutte le realizzazioni più avanzate attualmente funzionanti in Italia (Bassano del Grappa, Camposampiero, Pinerolo, Montello) operano su organico di qualità separato alla fonte, sia da grandi utenze (mense, mercati rionali, ecc.) che da utenze domestiche (Tab. 5.8).

Come si dirà meglio nel seguito (cfr par. 6.2.3), l'impianto di Villacidro, progettato per realizzare la selezione meccanica del rifiuto e la digestione anaerobica della frazione organica separata, di fatto oggi, per effetto della modifica dei sistemi di raccolta, tratta quasi esclusivamente rifiuto organico da raccolta differenziata: nel 2008 l'impianto ha trattato 20.843 t di FORSU e 7.760 di rifiuto indifferenziato che è stato sottoposto a selezione meccanica (Tab. 5.8).

Tab. 5.8 – Impianti di digestione anaerobica di frazione organica, anno 2008 [96]

Regione	Provincia	Comune	Potenzialità autorizzata (t/a)	Quantità di rifiuto trattato (t/a)			Biogas prodotto (Nm3)	(2) Recupero energetico (MW/anno)	Digestato prodotto (t/a)	(3) Stato Operativo
				Selezionato	Da selezione meccanica	Fanghi				
Trentino A.A.	BZ	Campo Tures	4.150	3.079	-	-	nd	E	nd	O
Trentino A.A.	BZ	Sarentino	150	5	-	-	150.000	E	nd	O
Trentino A.A.	BZ	Verano	36	4	-	-	nd	E	312	CL
Trentino A.A.	BZ	Prato Allo Stelvio	90	70	-	-	388.000	T	13.418	O
Trentino A.A.	BZ	Terenten	750	-	-	-	-	-	-	nd
Trentino A.A.	BZ	Aldino	1.032	691	-	-	350.000	E	8.000	O
Veneto	VR	Ca' Del Bue	-	-	-	-	-	-	-	I
Toscana	LU	Viareggio	1.500	-	-	-	-	-	-	C
Lazio	RM	Maccarese	-	-	-	-	-	-	-	N
Sardegna	CA	Villacidro	39.600	20.843	7.760	-	724.201	E = 873.90	2.738	O
Totale Italia			47.308	24.691	7.760	-	287	1.612.201	24.468	

Fonte: ISPRA
Note:
(1) Reflui zootecnici, scarti da agroindustria, reflui da agro industria, ecc.
(2) T= recupero energetico termico, E= recupero energetico elettrico
(3) Stato operativo: O= operativo, I= inattivo, N= in costruzione, CL= in collaudo
(4) Scarti da agro industria

5.3 LA REALTÀ PIEMONTESE

I dati del 2008 elaborati dalla Regione Piemonte [22] evidenziano come i rifiuti indifferenziati avviati a trattamento meccanico-biologico ammontano al 34% del totale; la destinazione prevalente resta la discarica (59%), mentre l'incenerimento assorbe solo una piccola quota del rifiuto prodotto (7%) (Fig. 5.2).

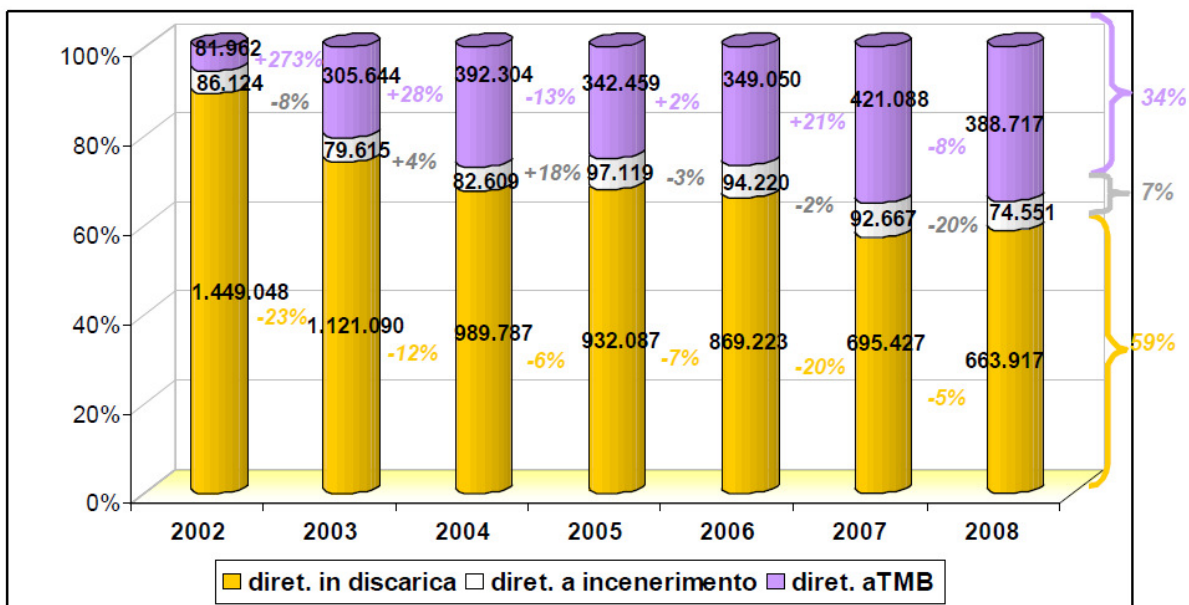


Fig. 5.2 - Destinazione finale dei materiali in uscita dagli impianti TMB, anno 2008 [22].

In Piemonte il sistema di gestione della frazione urbana indifferenziata dispone della seguente dotazione impiantistica:

- 2 impianti di incenerimento che hanno trattato circa 75.000 t di rifiuti urbani;
- 19 discariche per rifiuti urbani cui sono state conferite circa 664.000 t di rifiuti urbani (rifiuti indifferenziati) e 270.000 t di rifiuti derivanti da operazioni di trattamento effettuate sui rifiuti urbani per un totale di circa 934.000 tonnellate;
- 11 impianti di trattamento meccanico biologico presso cui sono state trattate circa 389.000 t di rifiuti urbani indifferenziati. Una parte della frazione secca derivante dal trattamento, piuttosto limitata, è stata successivamente utilizzata per la produzione di CDR. La parte di frazione secca non trasformata in CDR è stata conferita in discarica o inviata in impianti di incenerimento localizzati fuori Regione. La frazione umida stabilizzata prodotta negli impianti di trattamento meccanico biologico è stata conferita in discarica;
- 1 impianto di coincenerimento in Provincia di Cuneo (Cementificio Buzzi nel Comune di Robilante) che utilizza parte del CDR prodotto dagli impianti TMB della Regione.

La frazione secca derivante da impianti di trattamento meccanico (sovvallo) viene per la maggior parte avviata direttamente in discarica, solo in piccola parte viene trasformata in CDR o incenerita in impianti localizzati fuori Regione; discorso simile per la frazione umida (sottovaglio): tale frazione viene stabilizzata in impianti di trattamento biologico (frazione biostabilizzata o bioessicata) e conferita successivamente in discarica, in parte come infrastrato e copertura finale. In definitiva finisce a discarica il 69.5% del rifiuto in ingresso agli impianti di trattamento meccanico-biologico.

In Tab. 5.9 sono riportate le principali informazioni sugli 11 impianti di trattamento meccanico biologico regionali.

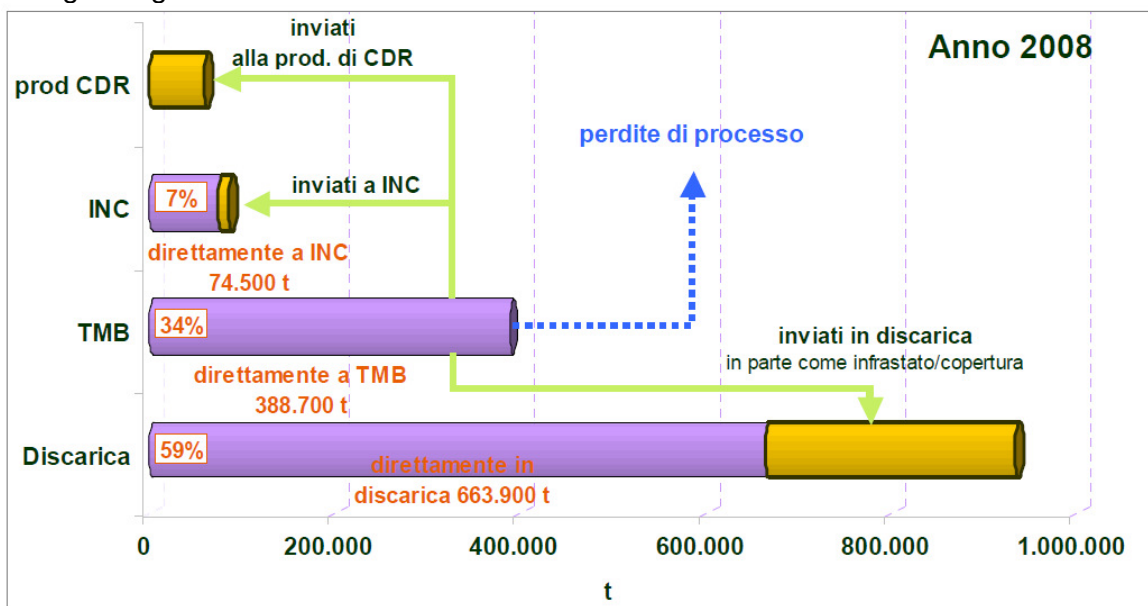


Fig. 5.3 - Destinazione finale dei materiali in uscita dagli impianti TMB, anno 2008 [22].



Tab. 5.9 – Impianti di trattamento meccanico biologico (TMB) e CDR in esercizio nell'anno 2008 [22]

Prov.	Comune	Potenzialità autorizzata (t/a)	Rifiuto in ingresso all'impianto 2008 (t)	Tipologia	Stato operativo
AL	Alessandria	80.000 t/a	112.905 alla selezione 59.742 al TB	S + BS	O
AL	Casale Monferrato	32.000 t/a	17.682 alla selezione 7.193 al TB	S + BS	O
AL	Novi Ligure	40.200 t/a	31.675	S	O
AL	Tortona	26.800 t/a	34.020 alla selezione 18.526* al TB	S + BS	O
AT	Asti - Valterza	67.000 t/a	35.508 alla selezione 14.923 al TB	S + BS + CDR	O
BI	Cavaglia'	116.314 t/a (RU+RS)	67.164	S + BE	O
CN	Villafalletto	55.000 t/a	49.108	BE + CDR	O
CN	Magliano Alpi	50.000 t/a (AIA del 2008)	25.385 alla selezione 11.888 al TB	S + BS	O
CN	Sommariva Bosco	66.000 t/a	32.288	S + BS	O solo la Selezione
CN	Borgo San Dalmazzo	63.276 t/a (AIA del 2008)	46.843 alla selezione 19.653 al TB	S + BS (R ind + Fraz. Org)	O
TO	Pinerolo	101.000 t/a (81.000 t/a Dig. Anaer. e prod.CDR + 20.000 t/a compostaggio)	1.618 (rifiuto indifferenziato)	S + CDR (+ Dig anaerobica di Frazione organica)	O
AL	Alessandria	30.000 t/a	28.870	CDR	O
CN	Roccamare	29.500 t/a di cui 24.000 t/a di CDR	18.845 FS + altri rifiuti (pneumatici, plastica ecc.)	CDR	O

S= selezione, BS= biostabilizzazione, BE= bioessiccazione, produzione CDR= combustibile derivato da rifiuto

6 ANALISI DI ALCUNI IMPIANTI

Il documento di riferimento per la selezione delle tecnologie da esaminare nel presente studio è stato il report "Mechanical-Biological-Treatment: a guide for decision makers processes, policies and markets" del marzo 2005, realizzato dalla Juniper Consultancy Services, accreditata società inglese che offre consulenza a privati e pubbliche amministrazioni in settori quali rifiuti, ambiente, energia rinnovabile. Il report realizza una descrizione approfondita di 27 processi di trattamento meccanico-biologico che vengono classificati in base al loro grado di maturità commerciale in:

- fully commercial: la tecnologia conta due o più impianti commerciali entrambi operativi da più di un anno;
- commercial: esiste un impianto commerciale operativo da almeno un anno;
- demonstrated: la tecnologia presenta un impianto di prova operativo;
- market entrant: la società ha ricevuto incarico di realizzare un primo impianto commerciale ma tale impianto non è ancora stato completato;
- conceptual: la società propone un processo TMB ma non ha ancora realizzato impianti.

Nel presente studio sono state prese in esame 21 tecnologie cioè le 19 che il report Juniper definisce come "pienamente commerciali", "commerciali" e "dimoststrate" ed altri 2 processi noti agli autori in quanto presenti nella realtà impiantistica del Nord Italia (Tab. 6.1).

Tab. 6.1 - Tecnologie TMB considerate nel presente studio.

	Azienda	Processo	Range di potenzialità [t/anno]	Principali output	Impianti operativi su RSU	Giudizio Juniper
1	ARROW BIO	Combinazione di pretrattamenti a umido e di separazione meccanica seguiti da digestione anaerobica in due stadi	70.000 – 90.000	Biogas, FOS	2	demonstrated
2	BEDMINSTER	Co-compostaggio degli RSU e dei fanghi da depurazione in un reattore cilindrico rotante	25.000 – 250.000	Compost/FOS	11	fully commercial
3	BIODEGMA	Compostaggio per trattare la frazione fine derivante dai rifiuti solidi urbani.	37.000 – 200.000	Biostabilizzato/CDR	3	fully commercial
4	BTA	Pre-trattamento ad umido, digestione anaerobica e stabilizzazione del digestato mediante compostaggio.	15.000 – 70.000	Biogas, FOS	3	fully commercial
5	CIVIC	trattamento meccanico biologico che utilizza un processo di compostaggio in vessel.	15.000	FOS	1	demonstrated
6	ECODECO	Bioessiccazione aerobica e separazione meccanica per ottenere CDR	40.000 – 120.000	CDR	12	fully commercial
7	GRONTMIJ	Pretrattamento meccanico seguito da digestione anaerobica ad umido.	220.000 – 230.000	Biogas, materiali riciclabili, CDR	2	fully commercial
8	HERHOF	Bioessiccazione e separazione meccanica	85.000 – 150.000	CDR	11	fully commercial
9	HORSTMANN	trattamento meccanico del rifiuto e compostaggio in tunnel	25.000 – 480.000	Biostabilizzato/FOS	17	fully commercial



	Azienda	Processo	Range di potenzialità [t/anno]	Principali output	Impianti operativi su RSU	Giudizio Juniper
10	KOMPTECH	L'Azienda non possiede una propria tecnologia per il trattamento biologico dei rifiuti ma fabbrica vari sistemi di trattamento meccanico.	60.000 – 100.000	-	4	demonstrated
11	LINDE	L'Azienda ha proposto processi differenti per lo step biologico: digestione anaerobica a secco, digestione anaerobica a umido, tunnel di compostaggio e compostaggio mediante cumuli aerati.	45.000 – 150.000	Biogas, CDR, biostabilizzato	16	fully commercial
12	NEHLSSEN	Bioessiccazione seguita da un certo numero di stadi di separazione.	20.000	CDR	3	commercial
13	OVS	Trattamento meccanico a secco seguito da digestione anaerobica a secco (tecnologia DRANCO) e da un compostaggio aerobico per stabilizzare il digestato.	3.000 – 120.000	Biogas, biostabilizzato	7	fully commercial
14	ROS ROCA	L'Azienda propone come processi biologici il compostaggio in tunnel e la digestione anaerobica a umido.	6.000 – 150.000	Biogas, biostabilizzato	7	commercial
15	SBI Friesland	Selezione, pretrattamento a umido, digestione anaerobica	220.000	Biogas, CDR, materiali riciclabili	1	commercial
16	SRS	Selezione meccanica e compostaggio in vessel	25.000 – 35.000	biostabilizzato	2	fully commercial
17	SUTCO	Pretrattamento meccanico, compostaggio detto "biofix" e raffinazione	40.000 – 180.000	CDR, biostabilizzato	10	commercial
18	VALORGA	Pretrattamento meccanico e digestione anaerobica a secco della frazione organica	10.000 – 410.000	Biogas, CDR, biostabilizzato	13	fully commercial
19	VKW	Pretrattamento e compostaggio in vasche areate.	135.000 – 270.000	biostabilizzato	7	fully commercial
20	CENTRO RICICLO VEDELAGO	Selezione e lavorazione delle frazioni secche riciclabili provenienti principalmente da raccolta differenziata	20.000	Sabbia sintetica, materiali riciclabili	1	-
21	VM Press	"Spremitura" della FORSU mediante un processo di pressoestrusione che consente di separare due fasi, una frazione umida ed una frazione secca.	25.000 – 75.000	-	4	-

La descrizione dettagliata dei 21 processi considerati è riportata in Allegato.

Nei capitoli successivi è riportato un approfondimento su alcuni impianti attualmente in esercizio (Tab. 6.2) per i quali è stata effettuata un'analisi specifica in relazione agli aspetti di affidabilità (garanzia e continuità di esercizio), bilanci di massa (fabbisogno di discarica) e una valutazione di massima dei costi di investimento ed esercizio.



La selezione delle tecnologie su cui effettuare l'approfondimento è stata operata sulla base di un criterio "energetico", si è scelto cioè di focalizzare l'attenzione su quegli impianti che prevedono una valorizzazione energetica, oltre che della frazione secca (la cui destinazione è l'incenerimento) anche della parte umida del rifiuto. Sono stati dunque selezionati schemi di processo che prevedono la *digestione anaerobica* come step di trattamento biologico della frazione umida separata meccanicamente. La produzione di biogas che ne deriva consente di produrre dell'energia termica e/o elettrica ed è, in questo senso, preferibile alla stabilizzazione aerobica che invece richiede dell'energia e conduce alla produzione di un materiale di scarsa qualità la cui destinazione, in relazione anche alla normativa vigente nel nostro Paese, è in genere la discarica. Nei sistemi di digestione anaerobica la principale distinzione per approccio impiantistico si basa sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore. Le tecniche di digestione possono essere suddivise, da questo punto di vista, in due gruppi principali:

- digestione a umido (wet), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%;
- digestione a secco (dry), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.

Lo studio ha quindi tenuto conto di queste due possibilità valutando le seguenti tecnologie:

- la tecnologia OWS – Dranco per la digestione anaerobica dry;
- le tecnologie ArrowBio, Valorga e BTA per la digestione anaerobica wet; tali tecnologie prevedono nel ciclo di lavorazione della frazione organica, prima del suo invio al digestore, uno speciale reattore definito "hydropulper" o "spappolatore" o "frantumatore idraulico", che ha la duplice funzione di separare dall'organico le sostanze estranee (inerti, plastiche, ecc.) e di solubilizzare la frazione organica (compresa la carta), aumentandone la superficie di contatto per la successiva azione dei microrganismi anaerobi.

Oltre ai 4 processi di digestione anaerobica citati, sono stati esaminati anche:

- il processo Ecodeco dal momento che vanta un buon numero di impianti operativi in Italia;
- il processo realizzato presso il Centro Riciclo Vedelago, che viene spesso citato come esempio virtuoso di gestione dei rifiuti urbani.

Tab. 6.2 - Tecnologie su cui è stato effettuato l'approfondimento

N.	Tecnologia	Tipologia di processo
1	Ecodeco	Bioessiccazione in cumuli aerati
2	Valorga	Digestione anaerobica dry e wet
3	Arrow Bio	Digestione anaerobica wet
4	BTA	Digestione anaerobica wet
5	OWS-Dranco	Digestione anaerobica dry
6	Centro riciclo Vedelago	Selezione del rifiuto urbano residuo con valorizzazione delle varie frazioni e produzione di sabbia sintetica

6.1 IMPIANTI DI BIOESSICCAZIONE

6.1.1 Ecodeco- impianto di Villafalletto (CN), Italia

Ecodeco è una società italiana che si occupa del recupero e dello smaltimento dei rifiuti urbani e industriali ed è attiva nel settore della gestione di discariche, dello stoccaggio e del trattamento meccanico biologico. Fondata nel 1973, negli anni novanta Ecodeco ha sviluppato il *Processo Biocubi*, costruendo nel 1996 in Italia i suoi primi due impianti TMB. Nel 2007 Ecodeco è confluita insieme ad AEM, ASM Brescia ed AMSA in A2A, che è attualmente il maggior Gruppo italiano nel settore della valorizzazione dei rifiuti.

Ecodeco conta 12 impianti operativi in Europa, la maggior parte dei quali in Italia, ed uno in fase di realizzazione (Tab. 6.3).

Tab. 6.3- Impianti di trattamento meccanico biologico basati su tecnologia Ecodeco [88]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Giussago (Pavia, Italia)	80.000	RSU e RSA	1996
Corteolona (Pavia, Italia)	160.000	RSU e RSA	1996
Montanaso Lombardo (Lodi, Italia)	75.000	RSU e RSA	2000
Lacchiarella (Milano, Italia)	115.000	RSU e FORSU	2002
Cavaglià (Biella, Italia)	125.000	RSU, RSA e FORSU	2003
Villafalletto (Cuneo, Italia)	80.000	RSU e RSA	2004
Frog Island (Londra, Gran Bretagna)	180.000	RSU	2006
Jenkins Lane (Londra, Gran Bretagna)	180.000	RSU	2007
Dumfries & Galloway (Gran Bretagna)	65.000	RSU	2006
Castellon (Spagna)	103.000	RSU e FORSU	2008
Cedrasco (Italia)	44.000	RSU	2010
Heraklion (Grecia)	75.000	RSU	2010

Per la descrizione del processo Biocubi viene preso come riferimento l'impianto italiano di Villafalletto (CN). L'impianto è ubicato nel comune di Villafalletto, nella zona di confine con il comune di Vottignasco (CN); il medesimo sito ospita anche la discarica controllata a servizio del Bacino Saluzzese. La costruzione è stata ultimata nel 2004 e l'impianto funziona a regime dal 2005. Nel provvedimento autorizzativo (DGP 902 del 3/12/2002) è previsto che vengano trattate 55.000 t/anno di RSU e 15.000 t/anno di RSA con l'obbligo di destinare la frazione secca combustibile prodotta alla valorizzazione energetica.



Fig. 6.1 – Impianto Ecodeco, Villafalletto (CN), Italia [88]

6.1.1.1 Descrizione del processo

Il processo *Biocubi* consiste nella bioessiccazione del RUR (la frazione residua dei rifiuti urbani dopo la raccolta differenziata) finalizzata ad ottenere un rifiuto secco a maggior contenuto energetico, chiamato *Amabilis* che può essere utilizzato tal quale o successivamente raffinato attraverso un sistema a complessità variabile in funzione delle esigenze dell'utente finale.

Ecocodeco ha sviluppato le seguenti valorizzazioni di *Amabilis*:

- bioreattori attivabili;
- impianti dedicati (forno a griglia o a letto fluido);
- impianti integrati con centrali termoelettriche;
- cementeria.



Fig. 6.2 – Rappresentazione schematica del processo *Biocubi Ecocodeco* [88]

Il rifiuto in ingresso è scaricato nell'area di ricezione, costituita da due vasche profonde 4,5 m all'interno del capannone chiuso e mantenuto in leggera depressione, attraverso portelloni a serranda. Un operatore presente nella sala comandi/controlli ispeziona visivamente ogni carico ed eventualmente interviene azionando manualmente la gru a ponte per eliminare i rifiuti incompatibili con il processo (bombe, blocchi di cemento, ecc.). Una delle gru a ponte presenti nella campata provvede ad alimentare in automatico il rompisacchi/tritratore; le operazioni eseguite in questa fase hanno anche lo scopo di omogeneizzare il materiale al fine di meglio attivare la fermentazione.

L'impianto di bioessiccazione consiste in un capannone tamponato entro il quale si attua una iniziale pretritatura grossolana del rifiuto (pezzatura del 90% del materiale al di sotto dei 35 cm) seguita dall'aerazione forzata degli stessi. Il materiale tritato ed omogeneizzato viene posto dalla gru a ponte nell'area di stabilizzazione e bioessiccazione, cioè nell'area di fermentazione accelerata, con formazione di cumuli di altezza massima 6 m. La pavimentazione dell'area è forata e consente che l'aria di processo, una volta attraversati i rifiuti, vada al sistema di depurazione (scrubber/biofiltro) e deodorizzazione. Il processo di bioessiccazione dura circa 14-15 giorni durante i quali si raggiunge la temperatura massima di 50-60°C con una perdita di peso di circa il 25%. Dopo che la bioessiccazione è completata il rifiuto è nuovamente movimentato mediante ragni e trasferito alla sezione di raffinazione del CDR.

Il bioessiccato è sottoposto a vagliatura monostadio con vaglio di maglia 20 mm. Il materiale di dimensione inferiore a 20 mm è inviato nella discarica di servizio, mentre il sopravaglio, unitamente agli RSA (15.000 t/anno) tritati, costituisce la base per la preparazione del CDR. Gli RSA tritati e il sovrappeso del materiale bioessiccato proveniente dalla linea di trattamento degli RSU vengono sottoposti ad un'operazione di separazione aerologica al fine di rimuovere componenti inadatte a costituire il CDR e rappresentate prevalentemente da sostanza organica parzialmente degradata, da inerti, pezzi di vetro e ceramica di grosse dimensioni, da ferro e altri metalli. Il materiale pesante scartato viene avviato direttamente allo smaltimento in fossa scarti.

La frazione leggera selezionata dal separatore aerologico, costituisce la componente per la produzione di CDR di alta qualità; essa è sottoposta alle seguenti operazioni:

- deferrizzazione;
- triturazione secondaria fino alla dimensione media di 2-3 cm;

- deferrizzazione per separare eventuali parti di ferro ancora presenti; l'operazione è preceduta dal passaggio su una tavola vibrante avente la funzione di aprire il materiale prima di scaricarlo sul nastro trasportatore su cui è montato il deferrizzatore, migliorandone l'efficacia di separazione;
- demetallizzazione per eventuali metalli non ferrosi;
- scarico di CDR finito in cassoni scarrabili.

L'aria aspirata dalla sezione di bioessiccazione e di lavorazione del CDR è convogliata, tramite appositi ventilatori ad uno scrubber e successivamente ad un biofiltro; l'aria della sezione riservata alla pressatura è invece inviata al trattamento in filtro a maniche.

Il CDR di alta qualità viene inviato alla cemeniteria Buzzi di Robilante.

6.1.1.2 Bilanci di massa ed energia

Il quantitativo di rifiuti che viene collocato in discarica nell'impianto di Villafalletto è pari al 43% del rifiuto in ingresso (Fig. 6.3), mentre il CDR prodotto ammonta a circa il 27% del rifiuto (il bilancio è fatto considerando la sola alimentazione di rifiuti urbani).

Il consumo di energia elettrica nell'anno di riferimento (2005) è stato pari a 1.852.680 KWh a fronte di 37.000 t di rifiuti trattati, pari a 50 kWh/t.

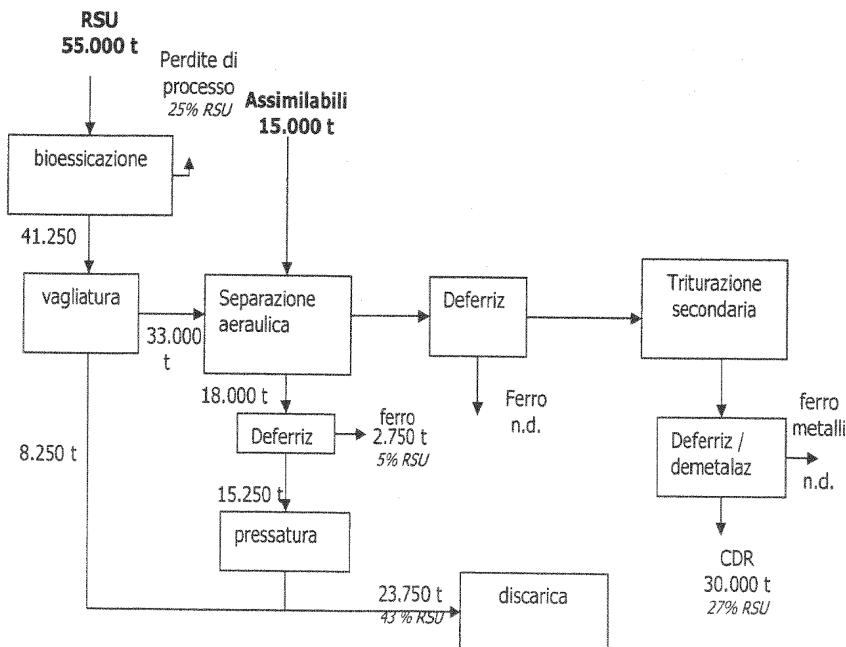


Fig. 6.3 - Bilancio di massa relativo all'impianto di Villafalletto, tecnologia Ecodeco [32]

6.1.1.3 Considerazioni economiche

Il costo di investimento per l'impianto di Villafalletto (capacità di trattamento 80.000 t/anno) è stato pari a circa 11 milioni di euro per la sola sezione di bioessiccazione, mentre non è noto il costo relativo alla sezione di preparazione del CDR [32].

6.1.1.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

Il processo Ecodeco elimina l'umidità dai rifiuti utilizzando la loro attività biologica attraverso una bioessiccazione aerobica. Il prodotto bioessiccato è fatto passare attraverso un certo numero di stadi di separazione (vagliatura) al fine di produrre il CDR, che può essere utilizzato come co-combustibile nei cementifici e come combustibile nelle caldaie a letto fluido.

La tecnologia si caratterizza per i seguenti vantaggi:

- esistenza di un gran numero di impianti operativi che trattano rifiuti su scala commerciale;
- sistema relativamente semplice;

Per contro vanno rilevati alcuni svantaggi quali:

- incertezze relative alla capacità di assorbimento del CDR da parte di impianti adeguati;
- cospicuo ricorso alla discarica.

6.2 DIGESTIONE ANAEROBICA

6.2.1 Valorga- Impianto Barcellona , Spagna

Valorga International SAS è un'azienda francese che realizza impianti di trattamento meccanico biologico per i rifiuti solidi urbani. Il processo Valorga nasce come una digestione anaerobica a secco a singolo stadio. Il primo impianto pilota fu costruito a Montpellier, in Francia, nel 1982. Nel 1988 fu realizzato ad Amiens il primo impianto su scala commerciale. Da allora la società ha fornito impianti di digestione anaerobica che operano all'interno di configurazioni di trattamento meccanico biologico di rifiuti indifferenziati. La società ha inoltre fornito impianti per il trattamento dei rifiuti organici (Tab. 6.4).



Fig. 6.4 -Impianto Valorga Ecoparc 2 di Barcellona (Spagna) [9] [33] [35]

Tab. 6.4- Elenco degli impianti basati su tecnologia Valorga [35]

Località	Tipologia rifiuto	Potenzialità [t/a]	Inizio attività
Cadiz (Spagna)	RSU	115.000	2001
Tillburg (Olanda)	FORSU	52.000	1994
Amiens (Francia)	RSU	85.000	1988
Engelskirchen (Germania)	FORSU	35.000	1998
Freiburg (Germania)	FORSU	36.000	1999
Ginevra (Svizzera)	FORSU	10.000	2000
La Coruña (Spagna)	RSU	182.500	2001
Mons (Belgio)	RSU	58.700	2002
Varenes-Jarcy (Francia)	FORSU/RSU	100.000	2002
Bassano del Grappa (Italia)	Riconvertito a sola FORSU	52.400	2003
Ecoparc 2 (Barcellona, Spagna)	FORSU/RSU	240.000	2004
Beijing (Cina)	FORSU	100.000	2005
Shanghai (Cina)	FORSU/RSU	240.000	2005
Hanover (Germania)	RSU	100.000	2006



Calais (Francia)	FORSU	27.000	2007
Fos sur Mer (Francia)	FORSU/RSU	410.000	2008
Tondela (Portogallo)	FORSU/RSU	30.000	2008
Las Dehesas (Spagna)	RSU	195.200	2008
Saragoza (Spagna)	RSU	95.500	2008
La Paloma (Spagna)	n. d.	110.000	2008
Abrunheira (Portogallo)	FORSU/RSU	160.000	2010

Nel seguito si riporta una descrizione del processo TMB realizzato nell'impianto Ecoparc 2 di Barcellona, operativo dal 2004 con una potenzialità di circa 240.000 t/anno.

6.2.1.1 Descrizione del processo

L'impianto Ecoparc II di Barcellona ha subito nel corso del tempo sostanziali modifiche che ne hanno mutato radicalmente la concezione originaria. Il progetto prevedeva che l'impianto trattasse rifiuto urbano indifferenziato per separare due frazioni: una secca che, a seguito del recupero dei materiali valorizzabili, sarebbe stata inviata a discarica e una umida, da sottoporre a digestione anaerobica.

La digestione anaerobica avviene in 3 digestori (tecnologia Valorga) della potenzialità di circa 90.000 t/anno. I digestori, progettati per lavorare in regime dry con un tenore di secco di circa il 40% [37] sono stati successivamente convertiti in digestori wet e la linea di trattamento dell'organico è stata integrata con un hydropulper che ha la duplice funzione di separare dall'organico le sostanze estranee (inerti, plastiche, ecc.) e di solubilizzare la frazione organica aumentandone la superficie di contatto per la successiva azione dei microrganismi anaerobi [40].

Successivamente a causa di problematiche riscontrate sulla linea dell'organico dovute all'ostruzione delle tubazioni, a frequenti interventi di manutenzione su pompe e centrifughe, accumulo di sedimenti nei reattori e problemi strutturali degli stessi, i reattori sono stati adibiti al trattamento della sola FORSU derivante da raccolta differenziata [46].

Di fatto oggi esistono due linee di trattamento separate: una per la frazione organica derivante da raccolta differenziata (Fig. 6.5) che dopo accurata selezione manuale è inviata a digestione anaerobica e l'altra per rifiuto indifferenziato (Fig. 6.6) che viene separato in una componente secca ed in una umida; la componente secca dopo recupero dei materiali valorizzabili viene destinata alla discarica mentre l'umido è mandato a compostaggio per ottenere un prodotto biostabilizzato che viene utilizzato per recuperi ambientali.

Entrambe le linee prevedono un accurato pretrattamento meccanico del rifiuto per rimuovere tutti i materiali riciclabili con un notevole ricorso alla selezione manuale (l'impianto impiega in totale 105 persone).

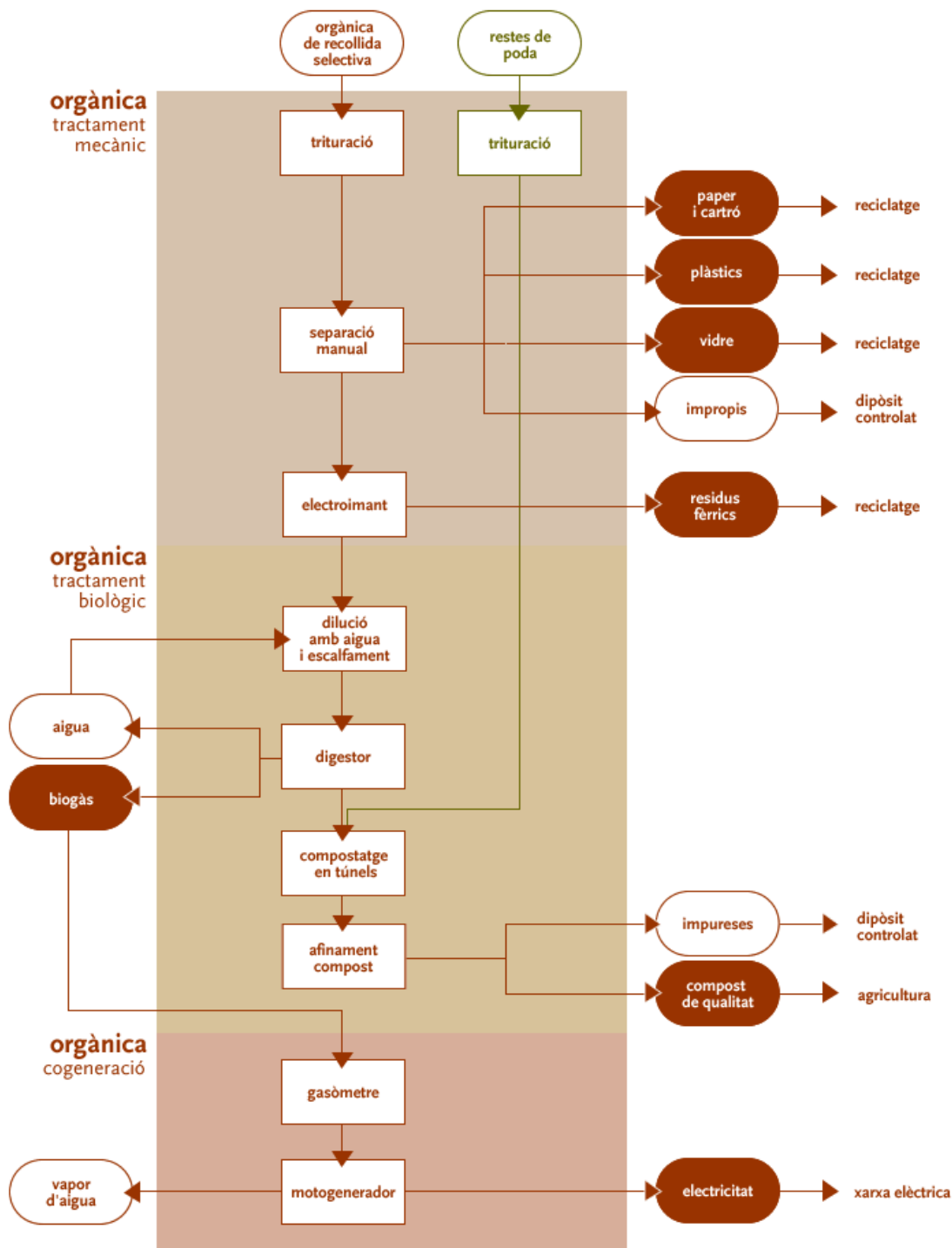


Fig. 6.5 – Diagramma di flusso della linea dell'organico, Ecoparc 2 di Barcellona (Spagna) [48]

La linea della FORSU prevede la digestione anaerobica (nei 3 digestori da 4.500 m³) che dura generalmente 25 giorni; il rendimento in biogas è compreso tra 110 e 150 Nm³/t di rifiuto in ingresso al digestore, in funzione della tipologia di rifiuto. Il digestato in uscita dalla digestione anaerobica viene inviato ad una fase di trattamento che prevede un compostaggio aerobico in tunnel ed una successiva raffinazione del prodotto mediante trommel. Dal processo si ottiene compost di qualità utilizzato in agricoltura.

L'aria derivante dall'impianto di compostaggio e le emissioni derivanti dal processo di pre-trattamento meccanico vengono raccolte ed inviate ad un biofiltro prima di essere disperse in atmosfera.

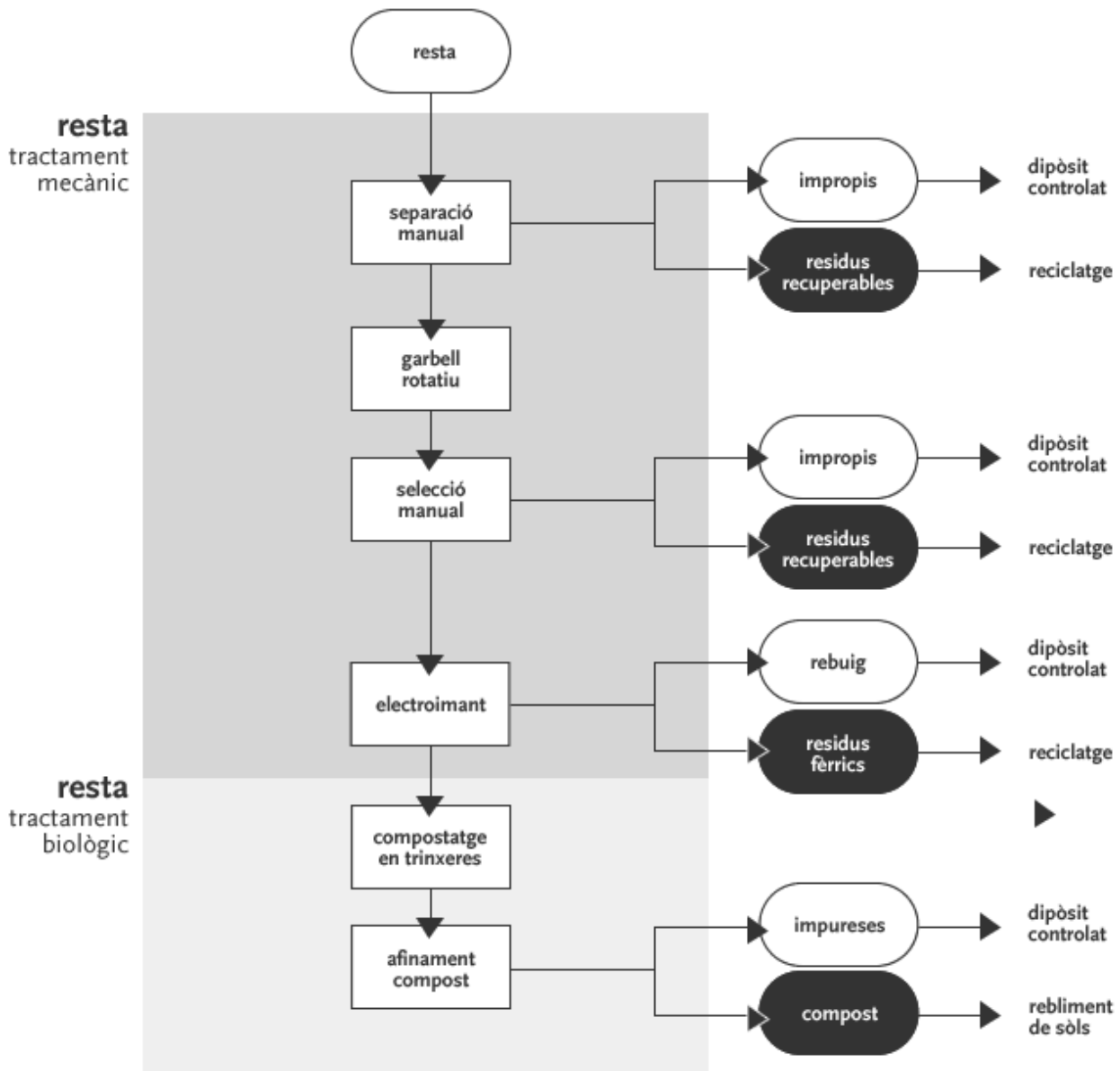


Fig. 6.6 – Diagramma di flusso della linea dell'indifferenziato, Ecoparc 2 di Barcellona (Spagna) [48]

Per la linea dell'indifferenziato il pretrattamento include:

- separatori magnetici per rimuovere i metalli;
- diverse linee di selezione manuale che operano in parallelo;
- un trommel con fori da 6 pollici seguito da uno con fori da 2.4 pollici.

La frazione organica separata è inviata a compostaggio in trincea e il prodotto ottenuto viene utilizzato in Spagna come ammendante.

6.2.1.2 Bilanci di massa

Il bilancio di massa fa riferimento all'impianto Ecoparc 2, al tempo in cui lavorava come impianto TMB per il rifiuto indifferenziato.

Lo scarto rappresentava circa il 45% del materiale in ingresso di cui circa il 4,5% costituito da sacchetti non aperti. Il 5% del materiale alimentato era materiale riciclabile. Il restante 50% del totale finiva al digestore per produrre biogas; il digestato veniva quindi raffinato producendo uno scarto pari all'8% del materiale in ingresso [37]. Su 100 t di materiale in ingresso si avevano dunque:

- 45 t di scarti nel pretrattamento che vengono inviati ad incenerimento
- 5 t di materiali riciclati
- 8 t di scarti derivanti dalla raffinazione del digestato
- 42 t convertite in biogas e materiale organico stabilizzato, utilizzato in Spagna come fertilizzante.

Se ci riferisce al contesto italiano, date le differenti disposizioni normative, il materiale biostabilizzato non potrebbe trovare utilizzo come ammendante in campo agricolo. Assumendo quindi le percentuali di cui sopra circa il 50% del materiale in ingresso sarebbe destinato allo smaltimento in discarica.

La Fig. 6.7 rappresenta il bilancio di massa semplificato relativo all'impianto di trattamento meccanico biologico Ecoparc 2 di Barcellona riportato in Juniper 2005; emerge una sostanziale congruenza con quanto riportato nella fonte [37].

La composizione merceologica del rifiuto è riportata in Tab. 6.5.

Tab. 6.5- Composizione merceologica rifiuto in ingresso impianto Ecoparc 2 di Barcellona (Spagna) [9]

Materiale	% in peso sul tal quale
Materiale plastico	2,2
Inerti	3,8
Metalli	3,5
Vetro	1,5
Carta / cartone	1,4
Frazione organica	44,6
Frazione combustibile	43

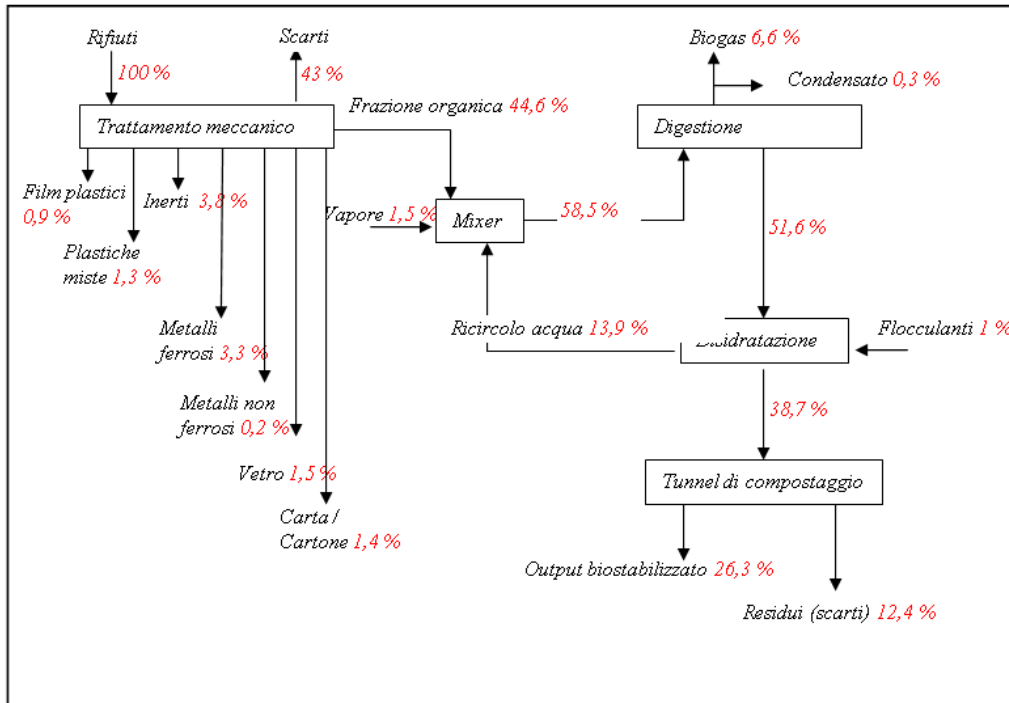


Fig. 6.7 -Bilancio di massa dell'impianto di TMB Ecoparc 2 di Barcellona. Modificato da [9]

Sotto l'aspetto del bilancio energetico va evidenziato che esso risulta positivo: l'impianto Ecoparc 2 nel 2004 ha prodotto circa 26.500 MWh di energia di cui 11.000 MWh sono stati utilizzati per il fabbisogno dell'impianto stesso.



6.2.1.3 Considerazioni economiche

Non disponendo di dati economici riguardo l'impianto Ecoparc 2 di Barcellona (Spagna) si fa riferimento ai dati relativi all'impianto Valorga di Tillburg (Olanda) [34].

Questo impianto della potenzialità di 52.000 t/anno, è entrato in esercizio nel 1994 trattando FORSU; è costituito da due digestori aventi ciascuno capacità di 3.300 m³ ed opera in condizioni mesofile (38 °C). Il tempo di ritenzione è pari a 20 giorni.

I principali prodotti in uscita dall'impianto di Tillburg sono:

- biogas, quantificabile in circa 106 m³/t di rifiuto, che viene inviato ad un impianto per la raffinazione e quindi alla rete municipale;
- materiale organico stabilizzato, quantificabile in circa 28.000 t/anno, utilizzato per usi agricoli.

Il costo di investimento stimato (relativo all'anno 1994) è di 17,5 milioni di dollari.

La Tab. 6.6 riporta i costi e ricavi dell'impianto sempre riferiti all'anno 1994.

Tab. 6.6- Costi e ricavi relativi all'impianto Di Tillburg (Olanda) [34]

Voce	Costo/Ricavo
Costo di investimento	\$ 17.500.000
Costo del lavoro	\$ 800.000 anno
Altri costi (manutenzione, materie prime, ecc)	\$ 800.000 anno
Tariffa pagata dai comuni per il trattamento dei rifiuti	\$ 3.600.000 anno
Ricavi per il gas	\$ 81.600 anno

In base alla Tab. 6.7 fornita dall'ISTAT è stata effettuata l'attualizzazione all'anno 2009 dei costi riferiti all'anno 1994 e la loro trasformazione in Euro. I risultati ottenuti sono riportati in Tab. 6.8 e Tab. 6.9.



Tab. 6.7- Coefficienti di attualizzazione dei valori monetari [36]

Anni		Anni		Anni		Anni	
Anni	Coefficienti	Anni	Coefficienti	Anni	Coefficienti	Anni	Coefficienti
1861	8577,3573	1901	7965,3828	1941	1147,5662	1981	3,6632
62	8525,3733	02	8019,8780	42	992,8618	82	3,1486
63	8780,8152	03	7788,9623	43	592,0398	83	2,7381
64	9028,7972	04	7695,2221	44	133,2241	84	2,4762
65	9182,0274	05	7686,8120	45	67,6422	85	2,2801
1866	9087,1227	1906	7546,6019	1946	57,3147	1986	2,1490
67	8869,3985	07	7206,3863	47	35,3661	87	2,0542
68	8525,3733	08	7280,9865	48	33,4020	88	1,9572
69	8474,0157	09	7490,3440	49	32,9196	89	1,8358
70	8353,2458	10	7288,5316	50	33,3676	90	1,7303
1871	8103,0334	1911	7111,6613	1951	30,4135	1991	1,6261
72	7169,6565	12	7047,5281	52	29,1741	92	1,5426
73	6762,9163	13	7033,4330	53	28,6169	93	1,4805
74	6604,1624	14	7033,4330	54	27,8677	94	1,4244
75	7712,0976	15	6573,3019	55	27,1067	95	1,3520
1876	7288,5316	1916	5252,7506	1956	25,8219	1996	1,3013
77	7005,4114	17	3713,5338	57	25,3327	97	1,2791
78	7273,4571	18	2663,1704	58	24,1744	98	1,2565
79	7364,8513	19	2623,4364	59	24,2760	99	1,2370
80	7104,4778	20	1996,4329	60	23,6480	2000	1,2061
1881	7595,5000	1921	1687,4839	1961	22,9764	2001	1,1746
82	7780,3462	22	1697,6667	62	21,8614	02	1,1467
83	8038,2091	23	1707,5584	63	20,3331	03	1,1192
84	8197,4744	24	1649,4918	64	19,1950	04	1,0974
85	8019,8780	25	1468,3576	65	18,3958	05	1,0790
1886	8029,0331	1926	1361,2218	1966	18,0348	2006	1,0579
87	8047,4062	27	1488,8724	67	17,6812	07	1,0400
88	7947,3819	28	1606,5402	68	17,4587	08	1,0075
89	7814,9256	29	1581,2574	69	16,9819	09	1,0000
90	7546,6019	30	1633,0237	70	16,1602		
1891	7570,9720	1931	1807,6158	1971	15,3907		
92	7636,7351	32	1856,2769	72	14,5719		
93	7806,2519	33	1972,9125	73	13,2028		
94	7841,0624	34	2080,2819	74	11,0535		
95	7885,0146	35	2051,1616	75	9,4339		
1896	7920,5327	1936	1907,1131	1976	8,0963		
97	7938,4120	37	1742,2425	77	6,8555		
98	7885,0146	38	1617,9970	78	6,0966		
99	8010,7437	39	1549,5556	79	5,2676		
1900	7974,4138	40	1327,8144	80	4,3482		

Tab. 6.8- Costi e ricavi in euro di rifiuto trattato, attualizzati all'anno 2009, relativi all'impianto di Tillburg (Olanda)

Voce	Costo/Ricavo
Costo di investimento	20.873.870 €
Costo del lavoro	954.234 €/anno
Altri costi (manutenzione, materie prime, ecc)	854.234 €/anno
Tariffa pagata dai comuni per il trattamento dei rifiuti	4.294.053 €/anno
Ricavi per il gas	97.332 €/anno

Si riportano, infine in Tab. 6.9 i costi e i ricavi attualizzati al 2009 per tonnellata di rifiuto trattato.

Tab. 6.9- Costi e ricavi in euro/tonnellata di potenzialità installata, attualizzati all'anno 2009, relativi all'impianto di Tillburg (Olanda)

Voce	Costo/Ricavo
Costo di investimento	401 €/t
Costo del lavoro	18,35 €/t
Altri costi (manutenzione, materie prime, ecc)	18,35 €/t
Tariffa pagata dai comuni per il trattamento dei rifiuti	82,58 €/t
Ricavi per il gas	0,02 €/m ³



6.2.1.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

La società Valorga progetta e commercializza sistemi di digestione anaerobica a secco. I principali prodotti del processo sono: biogas, utilizzato per generare energia elettrica, un prodotto biostabilizzato e un rifiuto secco da inviare a termovalorizzazione o a discarica.

La tecnologia proposta dalla Valorga è una tecnologia consolidata e ben nota che conta un certo numero di referenze in Europa ma con applicazioni che trattano sostanzialmente FORSU cioè la frazione organica del rifiuto raccolta separatamente. Le applicazioni a rifiuti indifferenziati riguardano quei territori (la Spagna in primis) con bassi livelli di raccolta differenziata e alto contenuto di organico nel rifiuto residuo (circa il 38%-47% [46, 47] a fronte di un quantitativo pari a circa il 22% nel rifiuto della Provincia di Torino).

Va tuttavia segnalato che, sia in Italia che all'estero, alcuni impianti Valorga progettati per trattare frazione organica da selezione meccanica hanno manifestato malfunzionamenti e criticità che ne hanno determinato la riconversione in impianti di trattamento di sola FORSU. Questo è stato il destino dell'impianto Ecoparc II di Barcellona, della potenzialità di 240.000 t/anno, e tra i 10 più grandi al mondo (cfr par. 5.1).

In Italia significativa è l'esperienza dell'impianto di Bassano del Grappa (VI) [89]. L'impianto della potenzialità di 52.400 t/anno è stato costruito tra il 2000 e il 2003 ed avviato in giugno 2003. È basato su un processo dry Valorga; la sezione di digestione anaerobica è costituita da 3 digestori del volume totale di 7.200 m³. Fu concepito per trattare sia FORSU raccolta separatamente, sia rifiuto urbano residuo, da introdurre nei digestori dopo pretrattamento di separazione e vagliatura. Nel 2004 e 2005 l'impianto ha trattato, con alcune interruzioni, i rifiuti organici e il RUR del Bacino Vicenza V. Durante l'esercizio dell'impianto si è riscontrato che, mentre la FORSU aveva mantenuto caratteristiche sostanzialmente simili a quelle attese, il RUR, per effetto della raccolta differenziata spinta, aveva subito rilevanti modifiche rispetto ai parametri di progetto in termini qualitativi e quantitativi. L'incremento degli inerti nel rifiuto residuo ha col tempo causato l'intasamento di uno dei digestori ed il parziale blocco dell'impianto (2005). Tra il 2006 e il 2007 si è proceduto a drastici interventi di manutenzione straordinaria sui due digestori che avevano precedentemente trattato il sottovaglio da RUR e tutti e tre i digestori dell'impianto sono stati destinati al trattamento di sola FORSU.

Nel valutare l'applicabilità della tecnologia al trattamento del rifiuto urbano residuo della Provincia di Torino occorre quindi tener conto dei principali vantaggi e svantaggi propri della tecnologia, che nel dettaglio risultano:

- vantaggi:
 - esistenza di impianti operativi su scala commerciale;
 - produzione di energia grazie all'utilizzo del biogas prodotto;
- svantaggi:
 - importante ricorso alla selezione manuale;
 - esperienza fallimentare nell'applicazione della tecnologia alla frazione organica separata meccanicamente;
 - pur superando le problematiche tecniche emerse in fase di esercizio, la tecnologia applicata al trattamento del rifiuto indifferenziato potrebbe non rispondere alle esigenze di specifici territori dove si raggiungono elevati livelli di raccolta differenziata, ossia il bilancio complessivo economico-ambientale potrebbe non essere positivo come si dirà meglio ai capp. 7 e 8;
 - il quantitativo di rifiuto da destinare a discarica (digestato e scorie di incenerimento), nel caso specifico della provincia di Torino, ammonterebbe a circa il 50% del rifiuto alimentato all'impianto (Tab. 7.15) data l'impossibilità di utilizzare il biostabilizzato a matrice organica come ammendante in agricoltura (cfr par. 3.2 Tab. 3.1).

6.2.2 Arrow Bio- Impianto Tel Aviv, Israele

La Arrow Ecology Limited, una società israeliana che opera dal 1975, nel 1993 ha sviluppato su scala di laboratorio il processo TMB del rifiuto urbano indifferenziato, passando qualche anno dopo alla scala pilota: un impianto dimostrativo di capacità pari a 10 t/giorno di rifiuti solidi urbani indifferenziati (circa 3.300 t/anno) è stato operativo ad Hadera, Israele, dal 1999 al 2002.

Il primo impianto su scala commerciale è stato realizzato a Tel Aviv, un secondo della potenzialità di 90.000 t/anno è stato inaugurato a Sidney nel luglio 2008.

Tab. 6.10 – Impianti Arrow Bio in esercizio [52]

Località	Potenzialità [t/ anno]	Tipologia di rifiuti trattata	Stato attuale	Data inizio attività
Tel Aviv (Israele)	70.000	RSU indifferenziato	In esercizio	Dicembre 2003
Sidney (Australia)	90.000	RSU indifferenziato	In esercizio	2008

L'impianto di Tel Aviv sorge in adiacenza alla discarica da circa 20.000.000 m³, ormai esaurita ed in corso di bonifica. Attivo dal dicembre 2003 con una potenzialità iniziale di 35.000 t/anno, l'impianto è stato di recente sottoposto a revamping per aumentarne la capacità di trattamento a circa 70.000 t/anno.

L'impianto si caratterizza per il processo di separazione dei rifiuti che avviene in acqua sfruttando la diversa densità dei materiali presenti nei rifiuti; si generano due flussi: uno costituito da materiali non degradabili biologicamente e destinati al recupero di materia (vetro, plastica, metalli, ecc.) e l'altro rappresentato da biomassa (inclusi carta e cartone) che viene inviato alla fase di digestione anaerobica per produrre biogas.



Fig. 6.8- L'impianto Arrow Bio a Tel Aviv (Israele) [52]



Fig. 6.9- L'impianto Arrow Bio a Sidney (Australia) [52]

6.2.2.1 Descrizione del processo

L'impianto si compone di due linee:

- Linea di selezione meccanico-idraulica: ha la funzione di rimuovere le frazioni riciclabili e i materiali inerti e portare in sospensione la frazione organica per il successivo trattamento biologico;
- Linea di digestione anaerobica: che avviene in due stadi separati (reattore acetogenico e reattore metanogenico).

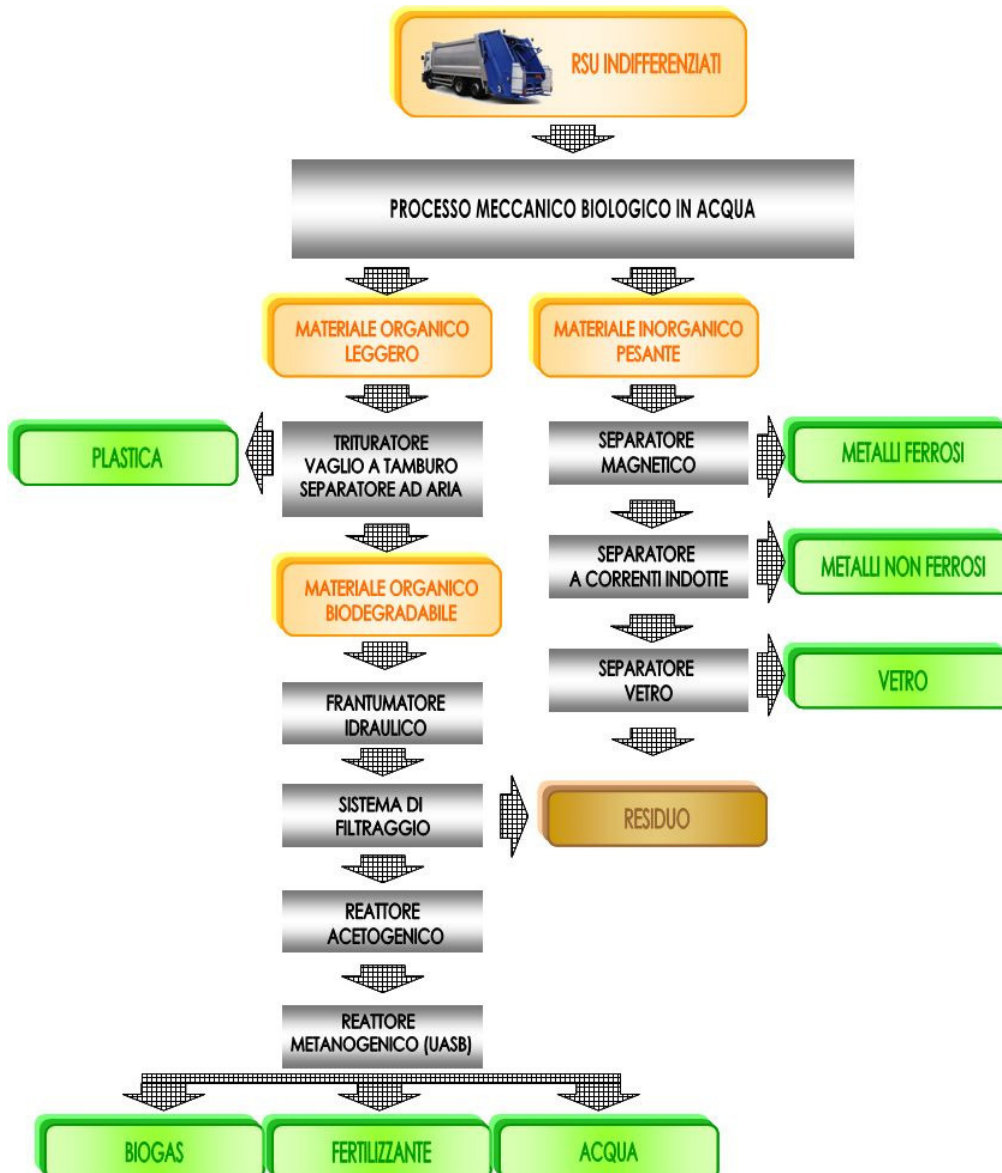


Fig. 6.10- Diagramma di flusso dell'impianto Arrow Bio [41]

A Tel Aviv non viene effettuata la raccolta differenziata per cui il rifiuto alimentato all'impianto è praticamente indifferenziato; esso viene convogliato ad un vaglio cilindrico con fori di 120 mm dotato di rostri sulla circonferenza interna che fungono da aprisacchi; il vaglio opera una prima separazione secco-umido. Il sopravaglio subisce una selezione manuale con 5-6 operatori in linea allo scopo di rimuovere materiali tossici, cartone, plastiche di pregio, oggetti voluminosi.

Il materiale passa quindi in una vasca piena d'acqua dotata di una pala rotante parzialmente sommersa che spinge in avanti i materiali galleggianti e quelli con galleggiamento neutro. I materiali pesanti (vetro, metalli, inerti) precipitano al fondo della vasca e passano in sequenza attraverso un separatore magnetico per recuperare i metalli ferrosi, un separatore a correnti indotte per i non ferrosi, una selezione manuale. I materiali rimanenti vengono nuovamente avviati alla vasca di dissoluzione e proseguono nel processo dei materiali leggeri (Fig. 6.10).

La frazione organica leggera già separata dai materiali pesanti è trasportata tramite un nastro trasportatore in un vaglio a tamburo, dove forti getti d'acqua lavano i materiali ed avviene una separazione grossolana in cui gli elementi più piccoli, che passano attraverso i fori, sono inviati a un *frantumatore idraulico* che ha lo scopo di solubilizzare la frazione organica.

Il materiale biodegradabile accede al sistema di filtraggio per rimuovere i contaminanti residui. La soluzione acquosa che residua dal processo, contiene il materiale biodegradabile in sospensione (frazione organica, carta e cartone) e viene pompata alla sezione di digestione anaerobica.

Il processo di digestione viene effettuato in due stadi separati: nel primo reattore avvengono le reazioni di idrolisi, acidogenesi e acetogenesi, nel secondo si realizza la metanogenesi. Il primo reattore, dimensionato su un tempo di ritenzione idraulica di 4 ore, viene alimentato e svuotato con continuità. La sospensione in uscita dal primo stadio viene portata in condizioni mesofile (35°–40°C) e trasferita con continuità al secondo stadio di reazione dove avviene la metanogenesi; il tempo di ritenzione idraulica in questo secondo digestore è di 1 - 3 giorni mentre il tempo di ritenzione del solido medio è di circa 80–90 giorni.

Il sistema di digestione anaerobica produce due flussi: biogas di buona qualità per produzione energetica e un fango biologico filtrato e disidratato che in Israele trova impiego come ammendante.

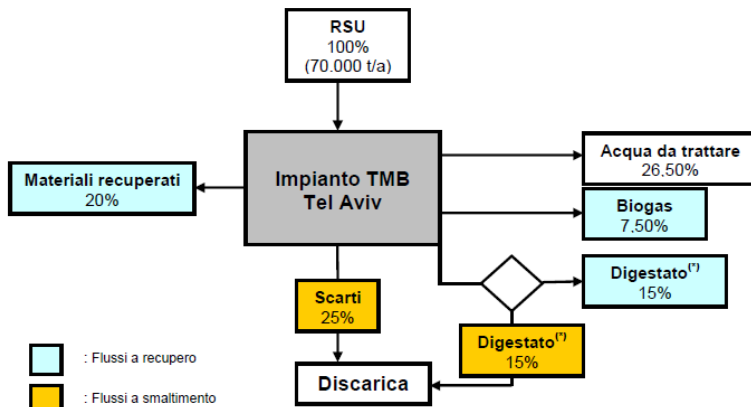


Fig. 6.11 - Sezione di separazione idro-meccanica e digestione anaerobica nell'impianto Arrow Bio [52]

6.2.2.2 Bilanci di massa

La tabella che segue riporta i dati relativi a materiali in ingresso ed in uscita dall'impianto ArrowBio di Tel Aviv, nonché il biogas e l'elettricità prodotta.

Assumendo di utilizzare il digestato (pari a circa il 15% in peso del materiale in ingresso) come ammendante in agricoltura, il residuo da avviare a discarica risulta pari al 25% in peso del totale conferito, in caso contrario il fabbisogno di discarica sarebbe quantificabile nel 40% del materiale in ingresso all'impianto (Fig. 6.12), cui andrebbe sommato il quantitativo di fanghi che deriva dal trattamento delle acque di processo per il quale non si dispone di informazioni.



(*) il digestato secondo la normativa italiana non può essere avviato alla produzione di ammendante (flusso giallo); secondo quella israeliana è possibile (flusso azzurro)

Fig. 6.12- Bilancio di massa dell'impianto Arrow Bio a Tel Aviv [18]

Tab. 6.11 – Impianto Arrow Bio, Tel Aviv: bilanci di massa [42]

Caratteristiche dei rifiuti		Tons	Tons	
Totale		36.000		
	Ingresso %	INGRESSO	USCITA	%
Carta	17,00%	6.120		
Cartone	8,00%	2.880	2.880	8,00%
Metalli ferrosi	2,50%	900	855	2,38%
Metalli non ferrosi	0,50%	180	153	0,43%
Pellicole di plastica	7,00%	2.520	2.142	5,95%
Plastica mista	6,00%	2.160	1.836	5,10%
Vetro	3,00%	1.080	972	2,70%
Materiale organico biodegradabile	40,00%	14.400		
Tessili	4,00%	1.440		
Bucce della frutta	5,00%	1.800	0	0,00%
Sabbia	2,00%	720	655	1,82%
Legno	0,00%	0	0	0,00%
Altro (masse, indefinito, ecc)	5,00%	1.800		
compost			5.352	14,87%
Biogas			2.706	7,52%
Acqua (eccesso / evaporata)			9.534	26,48%
Residui per la discarica			8.914	24,76%
TOTALE	100,00%	36.000	36.000	100,00%

Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative del digestato, le analisi effettuate da ArrowBio e da una Società privata indipendente (Tab. 6.12) sul fango in uscita dal reattore metanigeno rilevano superamenti delle concentrazioni di zinco e rame rispetto ai limiti fissati dalla normativa italiana per l'ammendante compostato misto (cfr par. 3.2 Tab. 3.1): nel caso dello Zn le analisi condotte da ArrowBio mostrano valori doppi rispetto a quelli ammessi (1.122 mg/kg a fronte del limite di 500 mg/kg).

Non si dispone, invece, di informazioni sul pregio agronomico del materiale (tenore di carbonio umico e fulvico) e sulla caratterizzazione microbiologica (salmonelle, streptococchi fecali, ecc.).

Per conseguire una maggiore stabilità e igienizzazione del fango il processo anaerobico potrebbe essere integrato con una successiva fase di compostaggio, non prevista nell'impianto di Tel Aviv, (il DM 5 febbraio 1998 e smi prevede almeno 3 giorni a 55°C), questo determinerebbe un miglioramento dei parametri microbiologici ed organici del materiale, ma non inciderebbe in alcun modo sulla concentrazione delle specie metalliche.

Alla luce di queste considerazioni non sembrano sussistere i presupposti per un utilizzo agronomico del digestato in Italia.

Tab. 6.12 – Analisi sul digestato in uscita dall'impianto ArrowBio (fonte: Douglas Partners, ottobre 2004)

SUMMARY OF SOIL ANALYSIS						
Analyte	Tested by Arrow (mg / kg)		Tested by DP			
			SCC (mg / kg)		TCLP (mg / L)	
	A.R.	M.R.	A.R.	M.R.	A.R.	M.R.
AL	4,018	9,772	5,500	5,200	0.06	I.S.
AS	<5		<3	<3	<0.05	I.S.
Ca	37,190	118,900	36,305	95,870		
Cd	1	2	<0.5	1.0	<0.006	I.S.
Cr	36	140	17	48	<0.005	I.S.
Cu	57	182	50	130	0.03	I.S.
Fe	5,389	12,380	3,000	6,100	0.37	I.S.
Hg	2	4	0.42	0.34	<0.0005	I.S.
K	2,742	5,119	2,100	4,900	42	I.S.
Mg	2,808	6,950	1,700	5,800	18	I.S.
Na	2,276	3,277	3,400	8,100	530	I.S.
Ni	12	24	8	13	0.008	I.S.
P	5,888	25,310				
Pb	30	58	15	34	<0.04	I.S.
S	7,450	17,490	3,600	9,200		
Zn	335	1122	160	540	0.14	I.S.

A.R. = Acidogenic Reactor
M.R. = Methanogenic Reactor
I.S. = Insufficient Sample
SCC = Specific contaminant concentration (Total Concentration)
TCLP = Toxicity Characteristics Leaching Procedure (Leachate Concentration)
H.I.L. = Health Investigation Limited

La Fig. 6.13 schematizza il bilancio energetico dell'impianto di Tel Aviv, evidentemente positivo data la produzione di calore ed energia dal biogas.

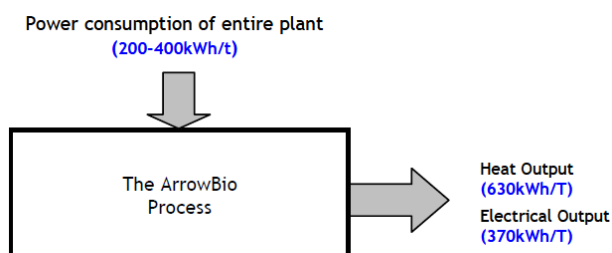


Fig. 6.13 -Bilancio energetico tipico dell'impianto di Tel Aviv



6.2.2.3 Considerazioni economiche

Sulla base di quanto riportato nel materiale informativo diffuso da Arrow Bio (Tab. 6.13) il costo di investimento per un impianto da 36.000 t/anno (che include costi di progettazione, realizzazione e macchinari) ammonta a 16 milioni di Euro.

Tab. 6.13 – Dati 2009 relativi all'impianto Arrow Bio da 120 t/giorno (circa 36.000 t/anno) [42]

Numero di linee	2
Area necessaria	15.000 m ²
Forza lavoro	24
Consumo energetico medio	500 kW
Quantità di energia prodotta con generatori a biogas	1 MW
Tempo di progettazione	4-6 mesi
Tempo di realizzazione	12 mesi
Costo di progettazione	2,5 milioni di €
Costo macchinari	7,5 milioni di €
Costo realizzazione	6 milioni di euro

6.2.2.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

La componente innovativa della tecnologia ArrowBio risiede nel fatto che è in grado di trattare rifiuti urbani indifferenziati non pretrattati dai quali è possibile ricavare frazioni valorizzabili come materia quali metalli, vetro e plastica. La sezione di digestione anaerobica è inoltre caratterizzata dalla presenza di un Hydropulper in grado di portare in soluzione le fibre di carta e cartone.

Occorre sottolineare che si tratta di una tecnologia "sito specifica" tarata su una realtà con livelli di raccolta differenziata molto bassi. Gli elementi di maggiore criticità, che ne condizionano la possibile applicazione alla realtà locale, possono essere così sintetizzati:

- Importante ricorso alla selezione manuale.
- L'utilizzo del digestato come ammendante è una soluzione sicuramente non praticabile a livello nazionale in quanto il prodotto, stando alle analisi prodotte dalla Società ArrowBio, non è conforme ai requisiti previsti dalla normativa di settore (si veda par. 3.2). Questo determina un ricorso alla discarica, che nel caso della Provincia di Torino si può quantificare nel 47% del rifiuto in ingresso all'impianto tenendo conto del quantitativo di digestato e delle scorie da incenerimento (Tab.7.15).
- Il sistema di separazione proposto, che conduce nell'impianto di Tel Aviv al recupero di significativi quantitativi di materiali valorizzabili, potrebbe non essere efficace nel caso della Provincia di Torino dove l'elevato livello di raccolta differenziata raggiunto determina nel RUR una ridotta presenza di materiali ulteriormente valorizzabili.
- Sussistono infine delle problematiche connesse con la gestione di notevoli portate di acqua che necessitano di un adeguato trattamento prima dello scarico in un corpo ricettore, aspetto questo su cui non si dispone di informazioni sufficienti.

6.2.3 BTA- Impianto Villacidro (CA), Italia

La Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co. (BTA) promuove una tecnologia di digestione anaerobica a umido, che viene utilizzata in impianti di trattamento meccanico biologico. La società fu fondata in Germania nel 1984 e operò con un impianto pilota per circa 10 anni a Garching, vicino Monaco; l'impianto fu poi spostato a Baden-Baden in Germania nel 1996 e ha funzionato fino al 1998.

Licenziatario esclusivo della tecnologia in Italia è la Società Biotec Sistemi S.r.l. con sede legale a Serra Riccò (GE).

La tecnologia ha impianti di riferimento nel Nord America ed in Europa (Tab. 6.14), di cui due in Italia, uno a Villacidro (Cagliari) e l'altro a Ca' del Bue (Verona).

Tab. 6.14 - Impianti basati su tecnologia BTA [28]

Località	Potenzialità [t/anno]	Tipologia rifiuto	Descrizione processo	Inizio attività
Kaufbeuren, Germania	2.500	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	Feb. 1992
Baden-Baden Germania	5.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA integrato con compostaggio preesistente	Apr. 1993
Dietrichsdorf, Germania	18.000	Rifiuti organici, da macelli, mense, ecc.	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	Ag. 1995
Schwabach, Germania	12.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	Ag. 1996
Karlsruhe, Germania	8.000	Rifiuti organici	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	Sett. 1996
Münster, Germania	20.000	Rifiuti organici, da macelli, mense, ecc.	Pretrattamento a umido BTA	1997
Monaco, Germania	20.000	Rifiuti organici	Impianto BTA bifasico	Apr. 1997
Erkheim, Germania	11.500	Rifiuti organici urbani e industriali	Impianto BTA monofasico	Nov.1997
Wels, Austria	15.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	1997
Wadem-Lockweiler, Germania	20.000	Rifiuti organici urbani e industriali	Impianto BTA monofasico	Gen. 1998
Newmarket, Canada	150.000	RSU, RSA, fanghi	Impianto BTA monofasico	Lug. 2000
Mertingen, Germania	12.000	Rifiuti agricoli e organici	Pretrattamento a umido BTA	2001
Pulawy, Polonia	22.000	RSU	Pretrattamento a umido BTA	Mar.2001
Villacidro (CA), Italia	55.000	RSU, FORSU	Impianto BTA bifasico	2002
Kushima City,	1.000	Rifiuti commerciali	Pretrattamento a umido BTA	Mar.2001
Ieper, Belgio	50.000	Rifiuti organici	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	2003

Nel presente paragrafo verrà descritto il processo BTA prendendo come riferimento l'impianto di Villacidro, in provincia di Cagliari.

L'impianto del Consorzio Industriale di Villacidro, realizzato da FISIA Italimpianti SpA con il supporto di Biotec Sistemi S.r.l., è dimensionato per trattare 40.000 t/anno di rifiuti urbani e 14.000 t/a di fanghi. L'impianto era stato progettato per effettuare la separazione della sostanza organica dal secco residuo da sottoporre a successiva digestione anaerobica.

Tuttavia, come si evince dai Rapporti sulla Gestione Dei Rifiuti Urbani nel Medio Campidano [43,44,45] dal 2006 l'impianto tratta essenzialmente l'umido proveniente dalle raccolte differenziate: si by-passa la sezione di selezione meccanica e si invia l'organico direttamente al trattamento idromeccanico e biologico. Il secco residuo già separato a monte viene inviato in discarica.



Fig. 6.14 – Impianto BTA a Villacidro (CA), Italia [94]



6.2.3.1 Descrizione del processo

L'impianto nella sua concezione originaria prevedeva una fase di trattamento meccanico in cui i rifiuti venivano vagliati da un trommel con fori di 150 mm (Fig. 6.13) per separare un sopravaglio, frazione prevalentemente combustibile (plastica, carta, tessuti, legno) il cui destino sarebbe stata la discarica o l'incenerimento, una componente essenzialmente ferrosa, un sottovaglio costituito prevalentemente da frazione organica da sottoporre successivamente a digestione anaerobica.

Di fatto oggi la linea dell'umido tratta essenzialmente FORSU, cioè frazione organica selezionata a monte.

La frazione organica insieme all'acqua di processo, viene inviata al trattamento idromeccanico dove viene allontanata la maggior parte dei materiali inorganici che potrebbero influire negativamente sul processo.

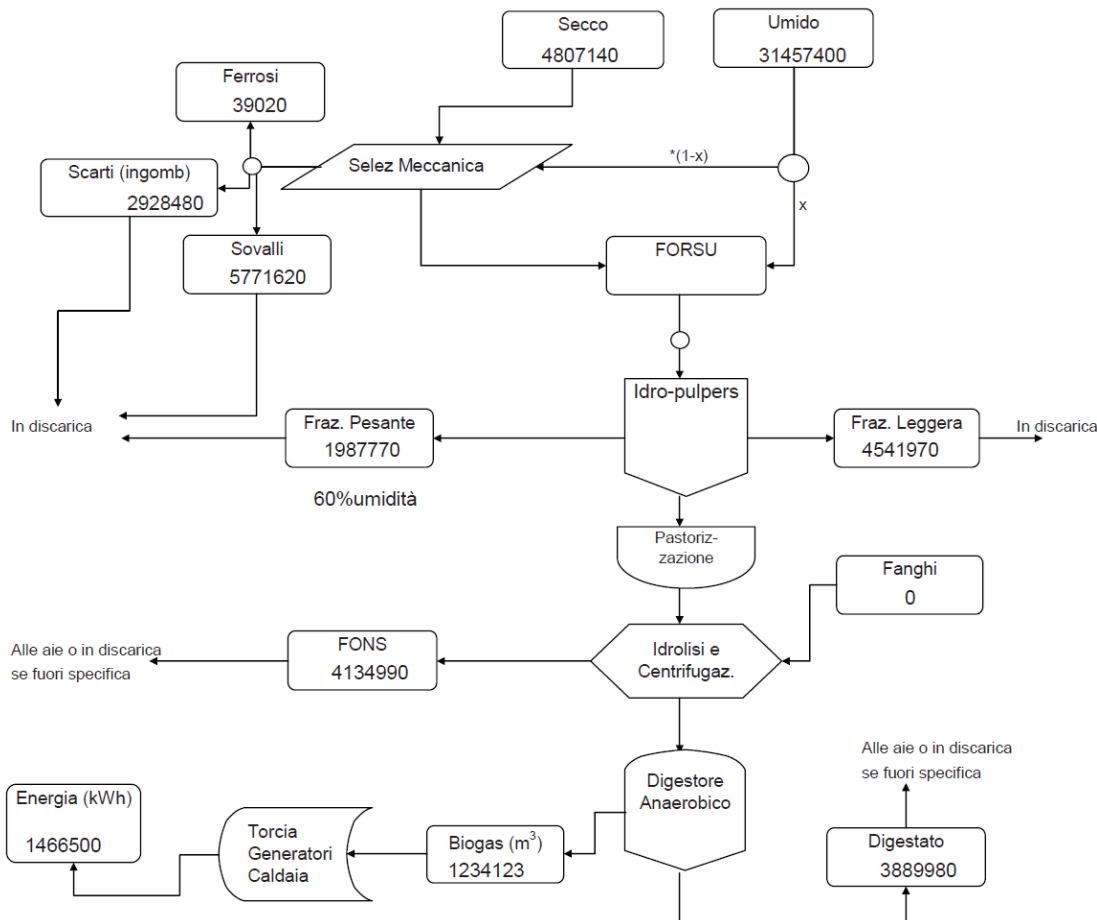
Il trattamento idromeccanico viene realizzato in speciali reattori di spolpamento definiti *hydropulper* (*BTA® Waste Pulper*) funzionanti in maniera discontinua. I flussi in uscita da questa sezione sono costituiti da una sospensione in cui è presente il materiale organico sfibrato e due flussi inorganici: una frazione pesante che sedimenta sul fondo e una leggera che galleggia sulla sospensione; ambedue le frazioni (di umidità variabile tra il 40 e il 60%) vengono smaltite in discarica.

La sospensione di materiale organico viene inviata alla sezione di trattamento biologico. La prima fase biologica consiste in un trattamento termico di igienizzazione e pastorizzazione che ha come obiettivo quello di uccidere i batteri presenti in soluzione (onde eliminare possibili competitori nelle successive fasi anaerobiche) e contemporaneamente favorire la solubilizzazione della sostanza organica in fase liquida grazie al rigonfiamento delle sue strutture fibrose interne indotto dal calore. La soluzione così ottenuta viene inviata insieme ai fanghi ispessiti e igienizzati, provenienti dall'impianto di depurazione acque, alla sezione di idrolisi. In questa fase del processo, che viene realizzata in un reattore mantenuto alla temperatura di 35°C, si ottiene la conversione dei materiali organici complessi (molecole organiche quali carboidrati, grassi e proteine) in composti semplici, quali acidi grassi, alcoli, amminoacidi. Le componenti che non sono state degradate nell'idrolisi sono separate mediante centrifugazione da cui si ottengono due flussi in uscita: un solido ad elevato tenore di umidità (circa 60%) che viene inviato alle aie di maturazione, ed un liquido ad elevato carico organico viene inviato alla sezione finale di digestione anaerobica.

Nel digestore anaerobico, anch'esso in regime mesofilo, i batteri acetogenici e metanigeni trasformano i prodotti dell'idrolisi in biogas. La resa in biogas è di circa 110 – 130 Nm³/t.

Il fango di esubero sedimentato sul fondo (il digestato) viene inviato alle aie di maturazione o smaltito in discarica mentre il biogas viene utilizzato per produrre elettricità.

In Fig. 6.15 è riportato uno schema di processo dell'impianto di Villacidro.



* x è l'aliquota che by-passa direttamente la selezione meccanica

Fig. 6.15 -Schema del processo di trattamento meccanico biologico con tecnologia BTA [44]

È stato possibile acquisire informazioni dettagliate in merito ad un altro impianto italiano basato su tecnologia BTA e di concezione simile a quello di Villacidro: si tratta dell'impianto di Ca' del Bue (Verona) che prevede una serie di lavorazioni dei rifiuti solidi urbani e dei fanghi di depurazione delle acque civili; l'impianto (della potenzialità di progetto di 150.000 t/anno) si compone di varie sezioni:

- selezione del rifiuto urbano tal quale con produzione di due componenti: una frazione umida, da inviare alla digestione, ed una frazione secca inviata alla linea di produzione di CDR;
- biodigestione anaerobica della frazione "umida", mescolata con i fanghi degli impianti di depurazione;
- raffinazione della frazione secca mediante macinazione secondaria, separazione dei metalli ferrosi e non ferrosi, produzione di CDR da avviare ai forni;
- termovalorizzazione della frazione secca, in forni a letto fluido con produzione di energia elettrica in un ciclo combinato in cui converge una turbina a gas alimentata con metano; ai letti fluidi è possibile conferire anche i fanghi essiccati provenienti dalla digestione anaerobica preventivamente stoccati in apposito capannone.

Fonti autorevoli (Allegato A alla DGR del Veneto n. 1234 del 08 maggio 2007) riferiscono di malfunzionamenti riscontrati già in fase di collaudo dell'impianto che avevano come conseguenze scarsa efficienza in termini di quantità di rifiuti smaltiti, e scarsa produzione di energia. Il progetto prevedeva di lavorare il rifiuto dividendolo nelle due frazioni, ma operando nel contempo una elevata raffinazione, tale da consentire il conferimento nella linea di digestione anaerobica, di un rifiuto a bassissimo contenuto di inerte.



Sia la mutata natura del rifiuto in ingresso (grazie all'attivazione di una raccolta differenziata spinta), sia l'inevitabile grado di efficienza di un sistema così complesso, hanno alla fine comportato uno scarso rendimento dell'intera linea così come prevista dal progetto originario, con elevati costi di gestione e manutenzione. In particolare il Pulper (dove i rifiuti vengono miscelati con acqua per ottenere una sospensione al 10% di secco) ha manifestato usura molto frequente delle lamiere vaglianti di fondo e delle barre spappolatrici. Anomalie di funzionamento sono state segnalate anche sui digestori: Il sistema di movimentazione misto (agitatori meccanici, e compressori di ricircolo biogas) non risultava efficiente in quanto previsto per tenore di sostanza secca a progetto tra il 18-23%, in realtà il tenore della sostanza secca in alimento non superava mai il 10%. Il prodotto proveniente dalla sezione ad umido e la scarsa movimentazione all'interno del digestore stesso, generava nella zona di superficie una notevole quantità di surnattante (polistirolo) molto difficile da allontanare per la creazione di ostruzioni lungo la linea di scarico. Nel 2006 era in funzione solo uno dei 4 digestori (ciascuno con volume unitario di 2.000 m³) con materiale estremamente selezionato e conseguentemente con scarso rendimento complessivo. Come si evince dalla lettura dei Report di funzionamento annuali dell'impianto di Ca' del Bue, consultabili sul sito internet della Provincia di Verona, il 2006 è stato l'ultimo anno in cui la sezione di digestione anaerobica della frazione organica ha funzionato, seppur parzialmente: nel report del 2007 si afferma infatti che la frazione umida viene inviata ad impianti di stabilizzazione e la linea di trattamento (pulper e classificatori) non è in funzione.

6.2.3.2 Bilanci di massa

Nella Tabella che segue si riporta il bilancio di massa relativo all'impianto di Villacidro nell'anno 2007 [44].

Tab. 6.15- Bilancio di massa dell'impianto di Villacidro per l'anno 2007 (valori espressi in kg) [44]

Unità di misura	(kg/anno)		
Ingresso	Peso tal quale	Umidità	Peso tal quale
Secco	4807140	24%	3667848
Umido	31457400	60%	12582960
Fanghi	0	-	0
Tot	36264540		16250808

Uscita 1(Scarti)	Peso secco	%acqua	Peso tal quale
Sovall	5771620	0%	5771620
Fraz. Pesante	1987770	57%	854469
Fraz. Leggera	4541970	57%	1952424
Scarti (ingombr)	2928480	0%	2928480
Totale	15229840		11506993

Uscita 2 (Valorizzabili)	Peso secco	%acqua	Peso tal quale
Digestato	3889980	57%	1672158
Ferrosi	39020	0%	39020
Compost	4134990	57%	1777479
Totale	8063990		3488657

23293830

Uscita 3 (Biogas)	m ³ /anno	Densità (kg/m ³)	Peso tal quale
Biogas	1234123	1,02	1255158

Totale Entrate	16250808	24548988
Totale uscite	16250808	
Bilancio (in-out)	0	

Energia prodotta (kWh)	1466500
-------------------------------	----------------

Il biogas prodotto nell'impianto presenta elevate concentrazioni di metano. In particolare nel 2007, in virtù della purezza della frazione umida in ingresso all'impianto si sono ottenute le composizioni tipiche del biogas riportate in Tab. 6.16.

Tab. 6.16 - Composizione del biogas ottenuto presso l'impianto di Villacidro nel 2007

Composto	%
Metano (CH ₄)	72,5
Anidride carbonica (CO ₂)	26,2
Ossigeno (O ₂)	0,3
Idrogeno solforato (H ₂ S)	1
Energia utile ottenuta (KWh/Nm ³)	0,9

6.2.3.3 Considerazioni economiche

L'impianto di Villacidro della potenzialità di circa 54.000 t/anno (40.000 t/anno di RSU e 14.000 t/anno di fanghi) è costato 35 miliardi di lire nel 2002 [58] che attualizzati secondo la Tabella Istat (Tab. 6.7) equivalgono a circa 20,6 milioni di euro.

6.2.3.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

L'impianto di Villacidro, concepito per realizzare la selezione meccanica del rifiuto e la digestione anaerobica della frazione organica separata, allo stato attuale, per effetto della modifica dei sistemi di raccolta, tratta quasi esclusivamente rifiuto organico da raccolta differenziata: nel 2008 l'impianto ha trattato 20.843 t di FORSU e 7.760 di rifiuto indifferenziato che è stato sottoposto a selezione meccanica.

In Italia esiste un altro impianto basato su tecnologia BTA, con un layout simile a quello di Villacidro, ed è ubicato a Ca' del Bue (Verona). Tale impianto presenta una potenzialità di progetto di 150.000 t/anno ed è stato avviato nel 2002; l'insufficiente grado di purezza del materiale in ingresso al digestore anaerobico ha determinato criticità nel funzionamento tanto che dal 2007 la linea di trattamento (pulper e classificatori) non è più in funzione e la frazione umida viene inviata ad impianti di stabilizzazione.

Le principali criticità, che condizionano l'applicazione della tecnologia al trattamento del rifiuto urbano residuo della Provincia di Torino, possono essere così sintetizzate:

- Affidabilità impiantistica non garantita nel processamento della frazione organica separata meccanicamente;
- come si dirà meglio ai capp. 7 e 8 la soluzione proposta potrebbe non essere conveniente da un punto di vista di bilancio complessivo economico-ambientale per territori, quali quelli della provincia di Torino, dove si raggiungono elevati livelli di raccolta differenziata.
- il quantitativo di rifiuto da destinare a discarica (digestato e scorie di incenerimento), nel caso specifico della provincia di Torino, ammonterebbe a circa il 51% del rifiuto alimentato all'impianto (Tab. 7.15) data l'impossibilità di utilizzare il biostabilizzato a matrice organica come ammendante in agricoltura.

6.2.4 OWS- Impianto di Bassum (Germania)

L'Organic Waste System (OWS) è una delle compagnie più note in Europa nel campo della fornitura di sistemi di digestione anaerobica a secco. La società fu fondata nel 1988 per la commercializzazione dei processi Dranco (Dry anaerobic composting) [9].

In Tab. 6.17 viene riportato l'elenco degli impianti basati su tecnologia OWS esistenti a livello mondiale.



Tab. 6.17- Elenco degli impianti con tecnologia OWS esistenti a livello mondiale [60]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Brecht I (Belgio)	20.000	Rifiuti organici	1992
Bergheim-Siggerwiesen (Austria)	20.000	Rifiuti organici	1993
Bassum (Germania)	105.000	RSU	1997
Aarberg (Svizzera)	11.000	Rifiuti organici	1998
Villeneuve (Svizzera)	10.000	Rifiuti organici	1999
Kaiserslauten (Germania)	25.000	RSU	1999
Brecht II (Belgio)	50.000	Rifiuti organici	2000
Roma (Italia)	40.000	Rifiuti organici	2003
Leonberg (Germania)	30.000	Rifiuti organici	2004
Münster (Germania)	80.000	RSU	2005
Hille (Germania)	100.000	RSU	2005
Pusan (Corea)	70.000	Rifiuti organici	2005
Vitoria (Spagna)	120.000	RSU	2006
Terrassa (Spagna)	25.000	Rifiuti organici	2006
Hotaka (Giappone)	3.000	Rifiuti organici	2007-2008
Tenneville (Belgio)	39.000	Rifiuti organici	2008
Alicante (Spagna)	180.000	RSU	2008
Kempeten (Germania)	18.000	Rifiuti organici	2008
Seoul	30.000	Rifiuti organici	2009
Bourg-en-Bress (Francia)	105.000	RSU + rifiuti organici	2010

In questo capitolo sarà approfondita la tecnologia OWS applicata all'impianto di Bassum (Germania).

6.2.4.1 Descrizione del processo

L'impianto di Bassum (Tab. 6.18), operativo dal 1997, tratta circa 105.000 t/a di rifiuti solidi urbani residuali dalla raccolta differenziata, rifiuti industriali e rifiuti derivanti dalle costruzioni. Il processo comprende un trattamento meccanico a secco, seguito dalla digestione anaerobica (DRANCO) e da un compostaggio aerobico.

Il rifiuto solido urbano di partenza presenta un elevato contenuto di sostanza organica (Tab. 6.19).

Tab. 6.18- Principali caratteristiche dell'impianto TMB di Bassum (Germania) [60]

Ubicazione	Bassum, Germania
Potenzialità dell'impianto	105.000 t/anno
Capacità di digestione	13.500 t/anno
Tipo di rifiuti	Rifiuti urbani residuali (+ rifiuti industriali e rifiuti da costruzioni)
Volume reattore	1.200 m ³
Start up	Giugno 1997



Fig. 6.16 –Impianto OWS di Bassum [9] [60]

Tab. 6.19- Composizione merceologica rifiuto in ingresso impianto di Bassum [60]

Materiale	% in peso (sul tal quale)	% di SS (sostanza secca)	% VS/SS (sostanze volatili sul secco)	MJ/kg di SS
Carta-cartone	16,4	82	90	17,2
Legno	4	80	80	15
Plastica	9,1	86	96	41
Ferrosi	4	80	80	15
Metalli non-ferrosi	4	95	7	1,6
Vetro	4,8	95	7	1,6
Ceramiche e pietre	3,2	65	38	3,2
Sostanza organica umida	44,2	29	39	16,2
Potature	1,2	38	76	12
Materiali combustibili misti	1	79	485	29
Materiali non combustibili misti	1	85	5	1,3
Tessili	2,2	70	98	19,7
Carta sanitaria	4,8	48	68	13,5
Cuoio/gomma	1	90	95	36,3
Laminati	0,8	82	92	22,4
Tappeti/moquettes	1	85	81	30
RUP	0,3	75	82	34,4

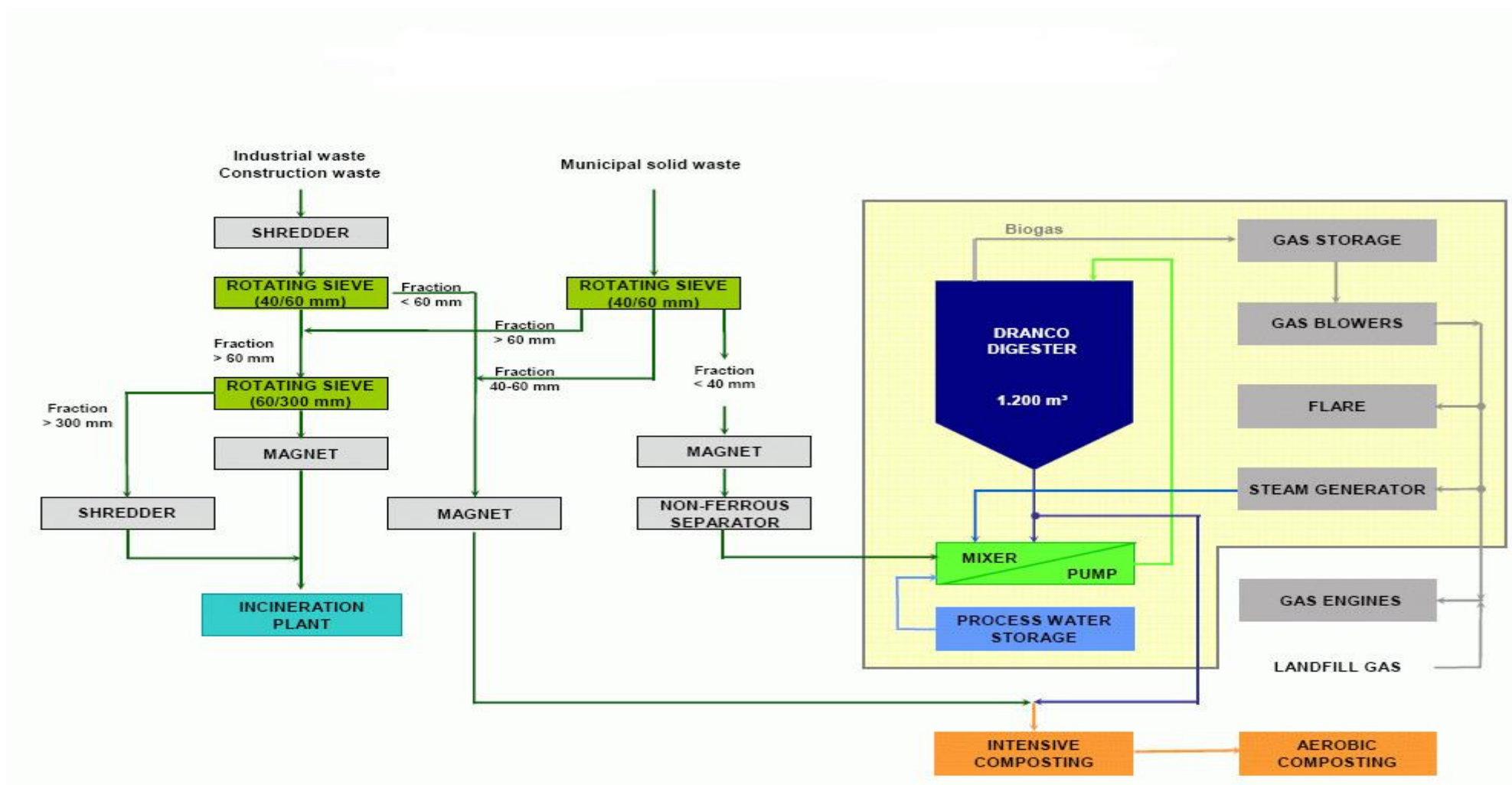


Fig. 6.17 –Schema del processo di trattamento meccanico biologico operante nell'impianto di Bassum (Germania) [60]

Viene riportata nel seguito la descrizione del processo (Fig. 6.17).

Lo scarico avviene a pavimento; il materiale è separato da una gru e inviato al digestore. I rifiuti ingombranti sono rimossi manualmente e portati a un trituratore.

I rifiuti industriali e quelli provenienti dalle costruzioni sono inviati al frantumatore e quindi al primo vaglio rotante (dimensione di taglio 40 – 60 mm). Da tale vaglio escono due frazioni:

- una, di dimensioni inferiori a 60 mm, che viene fatta passare prima attraverso un separatore elettromagnetico (per il recupero dei metalli ferrosi) e successivamente viene inviata al compostaggio aerobico assieme al digestato proveniente dalla digestione anaerobica;
- una frazione di dimensione maggiore a 60 mm che viene inviata ad un secondo vaglio rotante. Da tale vaglio esce una frazione di dimensione superiore a 300 mm che viene inviata a frantumazione e che va a costituire il CDR ed una frazione di dimensione inferiore a 300 mm che viene deferrizzata attraverso un separatore elettromagnetico e va anch'essa a costituire il CDR.

I rifiuti solidi urbani residuali dalla raccolta differenziata vengono inviati ad un vaglio rotante. Da tale vaglio si separano tre frazioni:

- la prima, di dimensioni inferiori a 40 mm, viene inviata dopo demetallizzazione al digestore anaerobico;
- la seconda, di dimensioni compresa tra 40 e 60 mm, viene unita alla frazione di dimensione inferiore ai 60 mm dei rifiuti industriali e da costruzioni in uscita dal primo vaglio, e quindi inviata al compostaggio aerobico previo passaggio attraverso un separatore elettromagnetico;
- la terza frazione, di dimensione maggiore a 60 mm, viene miscelata con la frazione di dimensione maggiore a 60 mm dei rifiuti industriali e da costruzioni in uscita dal primo vaglio e ne segue il destino.

Nel digestore anaerobico dry il materiale ha un tempo di residenza di 2 giorni ed è ricircolato 7 volte. Il gas prodotto è utilizzato per produrre energia elettrica tramite un motore a combustione interna.

In Tab. 6.20 sono riportate le caratteristiche del biogas prodotto dall'impianto di Bassum.

Nell'impianto di Bassum, il digestato, le cui caratteristiche sono riportate in Tab. 6.21, è sottoposto ad un processo di compostaggio aerobico per 8 settimane prima di essere inviato in discarica.

Tab. 6.20 - Caratteristiche del biogas prodotto dall'impianto di Bassum [9]

Costituenti	Concentrazioni
CH ₄ , vol %	50 – 60
CO ₂ , vol %	40 – 50
O ₂ , vol. %	0,6 – 1,3
H ₂ S, ppm	500 – 1.500
Cl, mg/m ³	3,5 – 28,5
Biogas [MJ/Nm ³]	circa 20 - 23

Come si evince dal confronto della Tab. 6.21 con le concentrazioni limite di contaminanti nel compost richiesti dalla normativa italiana (Tab. 3.1), il suddetto prodotto non potrebbe in alcun modo essere utilizzato in Italia per via delle concentrazioni di rame e zinco che eccedono i limiti.

Tab. 6.21- Caratteristiche del digestato in uscita dall'impianto di digestione anaerobica [62]

Composizione	
Materia secca	45 %
Solidi volatili	55 %
Metalli pesanti	
Piombo	220 ppm
Zinco	900 ppm
Rame	240 ppm
Nichel	30 ppm
Cromo	40 ppm
Cadmio	1,9 ppm

6.2.4.2 Bilanci di massa

In Fig. 6.18 viene riportato il bilancio di massa semplificato relativo all'impianto di trattamento meccanico biologico presente a Bassum. Il quantitativo da destinare in discarica risulta pari al 37% del rifiuto trattato nell'impianto.

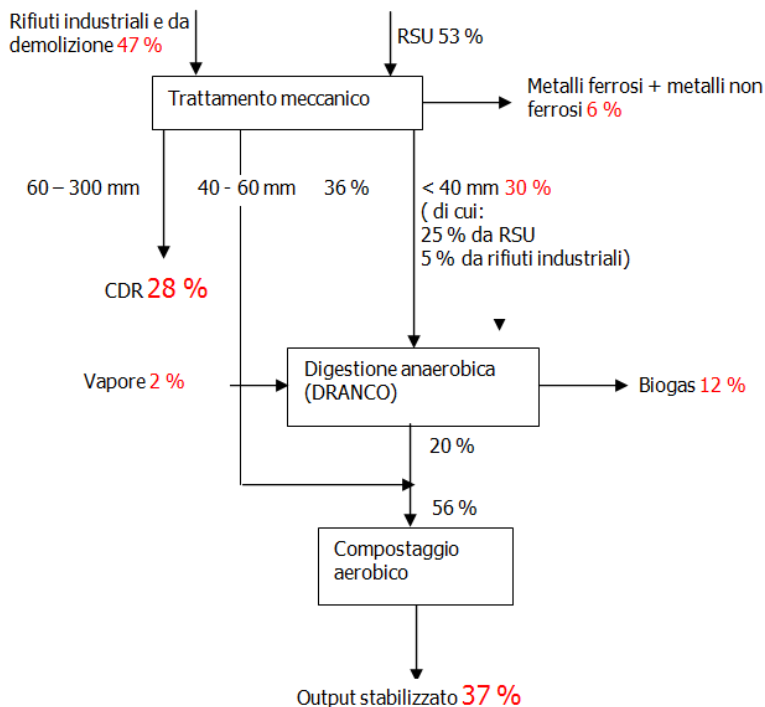


Fig. 6.18 –Bilancio di massa impianto di Bassum (Germania). Modificato da [9] [60] [62]

6.2.4.3 Considerazioni economiche

Per ciò che riguarda le valutazioni economiche non si hanno dati relativi l'impianto di Bassum descritto in precedenza. Si dispone invece dei dati relativi l'impianto Brecht I (Belgio). Al fine di effettuare delle valutazioni economiche sulla tecnologia si prenderanno a riferimento tali dati.

L'impianto Brecht I iniziò ad essere operativo nel 1992 trattando circa 12.000 t/anno di rifiuti, attualmente l'impianto ne tratta circa 20.000. Il rifiuto veniva alimentato ad un digestore DRANCO della capacità di 808 m³ (7 metri di diametro e 21 metri di altezza) [62].

Il costo di investimento stimato, relativo all'anno 1995, è di 6,1 milioni di dollari. In Tab. 6.22 sono riportate le indicazioni relative ai quantitativi di prodotti in uscita dall'impianto Brecht I, i costi ed i ricavi.

Tab. 6.22- Prodotti e costi relativi all'impianto Brecht I (Belgio)- anno 1995 [62]

Prodotto	Quantità [t]
Compost	0,3
Biogas	0,13
Acqua di scarico	0,32
Residui	0,2
Costi	
Costo di investimento	\$ 6,1 milioni
Costi amministrativi e di lavoro	\$ 0,24 milioni / anno
Costi operativi	\$ 0,24 milioni / anno
Tariffa annua	\$ 0,32 milioni / anno
Ricavi	
Ricavi	\$ 122 t/alimentazione
Compost	\$ 13 t/compost
Ricavi totali	\$ 1,51 milioni per anno



In base alla Tab. 6.7 fornita dall'ISTAT è stata effettuata l'attualizzazione al 2009 dei costi riferiti all'anno 1995 e la loro trasformazione in Euro. I risultati ottenuti sono riportati in Tab. 6.23.

Tab. 6.23- Costi e ricavi in euro, attualizzati all'anno 2009, dell'impianto Brecht I (Belgio)

Costi	
Costo di investimento	€ 6,9 milioni
Costi amministrativi e di lavoro	€ 0,27 milioni/ anno
Costi operativi	€ 0,27 milioni/ anno
Tariffa annua	€ 0,36 milioni/ anno
Ricavi	
Ricavi	€138 per t/alimentazione
Compost	€ 14,72 per t/compost
Ricavi totali	€ 1,71 milioni per anno

Si riportano, infine, in Tab. 6.24 i costi e i ricavi, in euro, attualizzati al 2009 per tonnellata di rifiuto trattata.

Tab. 6.24- Costi e ricavi in euro/tonnellata di potenzialità installata, attualizzati al 2009, dell'impianto Brecht I (Belgio)

Costi	
Costo di investimento	575 € / t / anno
Costi amministrativi e di lavoro	22,5 € / t
Costi operativi	22,5 € / t
Tariffa annua	30 € / t
Ricavi	
Ricavi	€138 per t/alimentazione
Compost	€ 14,72 per t/compost
Ricavi totali	142,5 € / t / anno

6.2.4.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

La tecnologia proposta dalla OWS (in particolare lo step biologico: digestione anaerobica DRANCO) è una tecnologia consolidata e con un vasto numero di referenze a livello mondiale. Nel valutare l'applicabilità della tecnologia per il trattamento del rifiuto urbano residuo della Provincia di Torino, occorre tenere conto di alcune criticità della tecnologia che nel dettaglio risultano:

- o ricorso alla selezione manuale;
- o il quantitativo di rifiuto da destinare a discarica, nel caso specifico della provincia di Torino, ammonterebbe al 36% del rifiuto alimentato in ingresso all'impianto data l'impossibilità di utilizzare il digestato biostabilizzato come ammendante in agricoltura.
- o come si dirà meglio ai capp. 7 e 8 la soluzione proposta potrebbe non essere conveniente da un punto di vista di bilancio complessivo economico-ambientale per territori, quali quelli della provincia di Torino, dove si raggiungono elevati livelli di raccolta differenziata.

6.2.5 Centro Riciclo Vedelago

L'impianto Centro Riciclo Vedelago (TV), tratta annualmente circa 25.000 tonnellate di materiale; al 2008 l'impianto adoperava 57 dipendenti di cui 7 impiegati e i restanti operai divisi su due turni [64].

L'Azienda Centro Riciclo Vedelago (TV) effettua selezione e lavorazione delle frazioni secche riciclabili provenienti principalmente da raccolta differenziata di utenze industriali, commerciali, artigianali, ed agricole (sono circa 300 le aziende servite) e dalle raccolte differenziate monomateriali o multi materiali (vetro, plastica, metallo-plastica metalli- plastica mista) effettuate dai comuni della Provincia di Treviso (Consorzio Priula, Consorzio TV3 e singoli Comuni), della Provincia di Belluno (Comunità Montana del Feltrino, Comunità Montana Valbelluna etc), Altopiano di Asiago e altri Comuni Vicentini, i Comuni di Faenza, Imola e 17 Comuni limitrofi.

In esito al trattamento si ottengono:

- singoli flussi di materiale (plastica, vetro, metalli, carta e legno) da destinare a impianti di seconda lavorazione (impianto di de-stagnazione, impianti per la preparazione del pronto-forno per le vetrerie, ecc.) o a specifiche aziende che impiegano i materiali nei loro cicli produttivi. L'azienda ha convenzioni con tutti i consorzi di filiera: Corepla plastica, CNA metalli, Cial alluminio, Coreve vetro, Comieco carta, Rilegno legno
- dal 2007 l'azienda produce "sabbia sintetica" ovvero un materiale classificato come materia prima dall'art. 181 del D.Lgs 152/2006 e conforme alla Norma UNI 10667-14 per le "miscele di materiali polimerici di riciclo e di altri materiali a base cellulosica di riciclo da utilizzarsi come aggregati nelle malte cementizie"; si tratta di un materiale granulato con pezzatura più o meno fine in funzione delle esigenze dell'utilizzatore finale. Il campo di applicazione di questo prodotto è duplice: nel settore edile trova impiego come aggregante nelle malte cementizie (massetti alleggeriti, cordonate stradali, pozzetti, vasche di raccolta acque, ecc.); nell'industria di stampaggio delle plastiche viene impiegato per la produzione di manufatti quali schienali e sedute per sedie, pavimenti autobloccanti, pallets, arredi urbani, ecc).



Fig. 6.19- Centro Riciclo Vedelago, Treviso (Italia)



6.2.5.1 Descrizione del processo

Le operazioni di selezione e lavorazione vengono effettuate in due capannoni:

- 1° capannone: avvengono le operazioni di ricevimento frazioni secche riciclabili da raccolta differenziata multimateriale o monomateriale; selezione dei materiali in base alla composizione merceologica; selezione della plastica per colore e polimero; riduzione volumetrica dei vari materiali.
- 2° capannone: sede dell'impianto di produzione della sabbia sintetica a partire dagli imballaggi, dagli scarti conferiti dalle aziende e dagli scarti delle linee di selezione interne.

Le *linee di ingresso per la selezione* sono due e supportano sei combinazioni di frazioni secche riciclabili multimateriali o monomateriali, "multipesante" con vetro o "multileggero" senza vetro ottenute da raccolta domiciliare o da raccolte con campane stradali, o dalle aziende. Il Centro comunque, prima di accettare un input, verifica che il metodo di raccolta garantisca una qualità accettabile per il processo.

La Linea 1 è dedicata al "multimateriale-leggero": plastica mista e metalli, mono-plastica (flusso bottiglie/flaconi), plastica mista.

La Linea 2 è dedicata al “multimateriale-pesante”: vetro/plastica/metalli, vetro/plastica, vetro/metalli. La linea 2 ha la funzione precipua di togliere i materiali non conformi, i metalli, l'alluminio e il vetro, in modo che le plastiche possano essere avviate alla linea 1 per la separazione delle diverse tipologie per polimero e per colore.

Entrambe le linee di selezione prevedono l'impiego di manodopera (in totale 13 operai per turno). La forte manualità delle operazioni consente un'accurata selezione delle tipologie di plastica con riconoscimento del premio di qualità previsto dal COREPLA e permette, inoltre, di estrarre tipologie di plastiche (es. PE, PVC, vasi, reggette, etc) che non sarebbe possibile con sistemi automatici.

Le linee di selezione descritte determinano dei flussi di scarto (residuo di fine nastro, sottovaglio, ingombranti) che costituiscono in media il 42% dei conferimenti provenienti dalle raccolte differenziate dei Comuni e/o dei Consorzi. Tali flussi di scarto, prima destinati a discarica o a incenerimento, ora entrano nella linea di estrusione assieme agli scarti di produzione, a matrice prevalentemente plastica, conferiti dalle Aziende private industriali, artigianali e commerciali.

La *linea di riciclo* si compone delle seguenti fasi: controllo in ingresso - deferrizzazione - triturazione - separazione particelle ferrose e non ferrose – estrusione – granulazione – vagliatura. La linea tratta circa 2 ton/ora in ingresso su due turni di 7,5 ore ciascuno. Nella fase di controllo in ingresso vengono recuperati quei materiali che possono trovare collocazione sul mercato (taniche, teli etc) e nella fase di deferrizzazione vengono separati i materiali ferrosi. Dopo la fase di triturazione si rende necessaria una seconda separazione delle parti ferrose e non ferrose. Segue la fase di estrusione del “triturato misto” che, per effetto del processo, raggiunge la temperatura di 180°C e viene reso sotto forma di “masselli” di circa 5 cm di diametro. Segue il raffreddamento, la granulazione e la vagliatura del materiale in tre pezzature (fine, media e grossa) a seconda delle richieste di mercato.



Fig. 6.20 - Selezione manuale dei rifiuti da raccolta differenziata presso il Centro Riciclo Vedelago



Fig. 6.21 - Sabbia sintetica



Il Centro Riciclo di Vedelago ha condotto nel corso dell'anno 2008 una sperimentazione su 150 t di rifiuto urbano residuo pre-trattato proveniente dal Consorzio Priula per verificare se, sottoposto al trattamento di estrusione, potesse originare sabbia sintetica con le medesime caratteristiche di quella ottenuta dagli scarti delle linee di selezione dei materiali da raccolta differenziata. Il livello medio di raccolta differenziata raggiunto dal suddetto consorzio è stato nel 2008 pari al 77,5% con alcuni comuni che hanno superato la soglia dell'80% [65].

Nella composizione merceologica della frazione secca pre-trattata si è riscontrata eccessiva presenza di carta, tessuti, metalli, nonché eccessiva presenza di sostanza organica e si è quindi resa necessaria l'aggiunta di scarti a matrice prevalentemente plastica. Secondo l'indicazione specifica della Norma UNI 10667-14 la "sabbia sintetica" deve avere un contenuto di materie plastiche non inferiore all'84%. Il restante 16% dovrà essere costituito da materiali a base cellulosa, mentre gli elementi indesiderati (vetro, metalli ed inerti) non possono superare l'1% in peso della miscela totale.

La sperimentazione ha portato a concludere che, al fine di ottenere una matrice in ingresso che non richieda consistenti aggiunte di altre matrici specifiche, sono necessari i seguenti accorgimenti:

- controllo in ingresso (evitando i conferimenti da cassonetto stradale) e selezione delle frazioni riciclabili da effettuarsi prima del pre-trattamento;
- potenziamento della deferrizzazione nella fase di lavorazione;
- abbattimento della frazione organica e raccolta differenziata dei pannolini e pannoloni (da soli costituiscono circa il 20% della frazione secca residua) da trattarsi a parte;

Anche la Provincia di Novara nel 2009 ha effettuato un approfondimento sulla possibilità di applicare il processo di estrusione al rifiuto urbano residuo (RUR) prodotto sul proprio territorio, dove la raccolta differenziata ha raggiunto livelli del 65%. L'8 aprile 2009 è stato prelevato del rifiuto presso la discarica di Barenigo su cui è stata eseguita l'analisi merceologica a cura dei gestori stessi del Centro Riciclo Vedelago. I risultati hanno evidenziato una presenza considerevole di materiali indesiderabili per il processo di estrusione: circa 7% di carta, 39% di organico, 4% di legno, vetro ed inerti, con un 10% circa costituito da pannolini, anch'essi materiali non lavorabili. La conclusione degli estensori del rapporto è stata che *"il trattamento in un processo di estrusione e granulazione della frazione residua secca esaminata risulta possibile se viene ridotta la presenza della frazione umida e dei pannolini"*, frazione che rappresenta nel campione analizzato circa il 50% in peso [14].

6.2.5.2 Bilanci di massa

Il quantitativo di rifiuto da smaltire in discarica a valle del trattamento effettuato nell'impianto si è progressivamente ridotto nel corso degli anni passando dall'11% nel 2003 al 3% nel 2008. I dati relativi all'esercizio 2008 mostrano che per ogni tonnellata di rifiuti in ingresso circa 3 kg vengono destinati ad incenerimento e circa 30 kg vengono smaltiti in discarica [50].

Tab. 6.25- Bilancio di massa del Centro riciclo Vedelago nel periodo 2003-2008 [50]

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Rifiuti lavorati [t]	18.398	17.255	22.399	21.066	22.089	27.062
A recupero di materiale [%]	86,91%	88,61%	89,04%	89,69%	91,07%	93,84%
A incenerimento [%]	0,08%	0,73%	2,03%	1,62%	0,34%	0,32%
A smaltimento in discarica [%]	11,12%	8,54%	7,34%	5,44%	4,84%	2,99%
Perdita di processo [%]	1,89%	2,12%	1,59%	3,25%	3,75%	2,85%

6.2.5.3 Considerazioni economiche

Il costo di investimento per l'impianto di Vedelago (circa 25.000 t/anno trattate) è risultato pari a 5,5 milioni di euro.



Le tariffe attualmente praticate presso l'impianto ammontano a 50- 80 €/t a seconda del contenuto di frazione umida del rifiuto [20].

6.2.5.4 Considerazioni sull'applicabilità del processo alla Provincia di Torino

Nella valutazione della potenziale applicabilità del processo realizzato presso il Centro Riciclo Vedelago al rifiuto urbano residuo prodotto in Provincia di Torino, occorre tenere in conto una serie di considerazioni, che vengono di seguito esposte:

- la componente innovativa del processo realizzato presso l'impianto di Vedelago non è tanto rappresentata dalla selezione, in parte manuale ed in parte meccanica, delle varie frazioni di rifiuto provenienti dalla raccolta differenziata multimateriale o delle varie tipologie di rifiuto plastico. Questo processo, in Provincia di Torino, viene già effettuato da diversi anni dalla azienda DEMAP, convenzionata con COREPLA, che ha trattato nel 2008 circa 28.600 tonnellate di materiale. L'aspetto innovativo risiede invece nella produzione di sabbia sintetica a partire dagli scarti della suddetta selezione e nella eventuale possibilità di estendere il processo anche al rifiuto urbano residuo da raccolta differenziata, a patto però che, quest'ultimo, risponda a specifici requisiti. Il processo è risultato tecnicamente applicabile a flussi di rifiuti caratterizzati da bassi quantitativi di organico residuo (orientativamente il 5-8%), prodotti in contesti particolari caratterizzati da livelli di raccolte differenziate estremamente elevati (almeno 75-80%), dove vengano inoltre messe in atto politiche di incentivazione di pratiche virtuose, quali la raccolta separata dei pannolini o l'utilizzo, in loro sostituzione, di prodotti lavabili o compostabili.
- i rifiuti urbani residui della Provincia di Novara (raccolta differenziata del 65%) e del Consorzio Priula (il Consorzio della Provincia di Treviso che per primo ha applicato la tariffazione puntuale e ha raggiunto livelli medi di raccolta differenziata del 77%) vengono considerati troppo contaminati di sostanza organica e pannolini dal Centro Riciclo di Vedelago per potere essere assoggettati al processo di estrusione e granulazione della frazione secca.
- La maggiore presenza di umido e di rifiuti pericolosi nel rifiuto urbano residuo dei medi e grandi centri urbani, dove il controllo della qualità del rifiuto è più difficile, impone di evitare di sottoporre tali materiali a processi di selezione manuale, che potrebbero comportare seri rischi per gli operatori.
- sarebbe comunque rischioso impostare la gestione complessiva del rifiuto urbano residuo su un processo caratterizzato da una grande sensibilità alla variazione delle caratteristiche qualitative del RUR e dalla necessità di effettuare significative miscelazioni con materiali di scarto a matrice plastica, dei quali deve essere garantita la disponibilità. A questo si aggiungano alcune perplessità circa l'effettiva applicabilità, quantomeno a livello formale e di rispetto legislativo, di questo trattamento al rifiuto urbano residuo, dal momento che la Norma UNI 10667-14 inerente le "miscele di materiali polimerici di riciclo e di altri materiali a base cellulosica di riciclo da utilizzarsi come aggregati nelle malte cementizie" fa esplicito riferimento a materie plastiche eterogenee post-consumo "provenienti dalla raccolta differenziata".



7 COMPARAZIONE DEGLI SCENARI: BILANCIO DELLA CO₂ E FABBISOGNO DI DISCARICA

Con DGP n. 176-33791 la Giunta provinciale di Torino ha approvato gli indirizzi per la revisione del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti, dando l'avvio alle attività operative per la redazione del PPGR2010.

Successivamente, con DGP n. 591-21446 del 1/6/2010 la Giunta Provinciale, ha approvato il Documento Preliminare relativo alla Fase di scoping della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di cui al D.lgs 152/06 e s.m.i e L.R. 40/98 e s.m.i. Il suddetto documento, oltre a definire il livello di dettaglio delle analisi e delle informazioni ambientali necessarie alla valutazione, descrive anche i quattro possibili scenari impiantistici su cui effettuare l'analisi definiti per far fronte al fabbisogno di smaltimento complessivo della Provincia di Torino.

Tali scenari, basati sulla ricerca di soluzioni che siano in grado di adattarsi alle nuove valutazioni sia di produzione attesa sia di maggiori approfondimenti conoscitivi delle tecnologie impiegabili (trattamento meccanico-biologico e impianti di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa) si articolano come segue (pag. 24 del Documento Tecnico Preliminare) :

- SCENARIO A: prevede, insieme al Termovalorizzatore del Gerbido della potenzialità di 421.000 t/a e in fase di realizzazione, un secondo impianto di termovalorizzazione come previsto nel PPGR2006;
- SCENARIO B: termovalorizzatore del Gerbido e impianti di trattamento termico a tecnologia innovativa;
- SCENARIO C: ampliamento dell'impianto di termovalorizzazione del Gerbido;
- SCENARIO D: trattamento meccanico-biologico del rifiuto (TMB) preventivo alla successiva termovalorizzazione.

Nell'ambito del presente studio si è stabilito di fare alcune valutazioni inerenti il bilancio della CO₂ (espressa come t CO₂/t rifiuto trattato e come t CO₂/MWh di energia prodotta) e la necessità di discarica relativamente ai quattro scenari A, B, C e D oggetto di valutazione della revisione del PPGR, al fine di poter effettuare un confronto sulla base di questi due criteri e nell'ottica di rendere lo studio più aderente al Documento Tecnico Preliminare di cui sopra.

Di seguito viene descritto il metodo di calcolo adottato e i risultati cui si è pervenuti.

7.1 DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA CO₂ E DEL FABBISOGNO DI DISCARICA

7.1.1 Quantitativo di rifiuti

In coerenza con le indicazioni contenute nei documenti di riferimento della revisione del PPGR sono stati assunti come base per il calcolo i seguenti quantitativi stimati a regime (2015):

- 470.000 t/anno di rifiuto urbano residuo alla raccolta differenziata (RUR);
- 70.000 t/anno di sovvalli tecnici (scarti derivanti dal recupero delle frazioni raccolte separatamente).

Negli scenari A e C si ipotizza di inviare a incenerimento diretto l'intera quota di rifiuti (540.000 t/anno) rispettivamente a due inceneritori (scenario A) o al solo inceneritore del Gerbido previo ampliamento della sua potenzialità.

Nello scenario B il suddetto quantitativo finisce a incenerimento nella misura di 420.000 t/anno (potenzialità del Gerbido) e a due impianti di gassificazione per le restanti 120.000 t/anno.

Nello scenario D si è assunto di inviare a trattamento di separazione meccanica la quota di rifiuto che residua dalla raccolta differenziata (470.000 t/a) da tale trattamento di separazione derivano due flussi: una frazione secca inviata ad incenerimento assieme al flusso di sovvalli tecnici ed una frazione umida inviata a digestione anaerobica (Tab.7.1).



Per ciò che riguarda la digestione anaerobica si sono valutate due possibilità:

- digestione anaerobica a secco (“dry”, tecnologia OWS – Dranco in quanto ritenuta la più consolidata nel settore);
- digestione anaerobica a umido (“wet”, tecnologia: ArrowBio, Valorga e BTA in quanto, come si dirà in seguito, dotate di sistema Hydropulper a monte del digestore).

Tab. 7.1- Caratterizzazione dei 4 scenari

	Descrizione scenario
SCENARIO A	540.000 t/anno (470.000 di RUR + 70.000 di sovvalli) a incenerimento (due termovalorizzatori)
SCENARIO B	420.000 t/anno a incenerimento diretto e 120.000 a gassificazione
SCENARIO C	540.000 t/anno (470.000 di RUR + 70.000 di sovvalli) a incenerimento (un termovalorizzatore)
SCENARIO D	470.000 t/anno RUR a TMB e successivo incenerimento della frazione secca separata e di 70.000 t/anno di sovvalli; Digestione anaerobica della frazione umida separata;

7.1.2 Calcolo della CO₂ prodotta

In mancanza di analisi merceologiche recenti, si è assunta come composizione del rifiuto residuo della Provincia di Torino quella stimata al 2008 e riportata nel “Rapporto sullo stato del sistema di gestione dei rifiuti, 2009” dell'Osservatorio Provinciale dei Rifiuti (Tab. 2.4), con le voci opportunamente aggregate al fine di poter ricavare la percentuale di Carbonio di ciascuna frazione (Tab. 7.2).

Vale la pena sottolineare che, a fronte del raggiungimento di livelli più elevati di raccolta differenziata rispetto a quelli attuali, la composizione merceologica del rifiuto potrebbe modificarsi: ci si attende infatti una riduzione della frazione organica del RUR con l'incremento della raccolta differenziata; questo renderebbe ancor meno conveniente il TMB in ragione del minor quantitativo di umido da sottoporre a digestione anaerobica.

Tab. 7.2- Composizione merceologica del rifiuto

Frazione merceologica	% sul RUR	% di Carbonio tal quale
Carta	25%	45%
Cartone	7%	44%
Tessili	5%	52%
Legno	1%	50%
Plastica (mat. Plastico)	19%	62%
Vetro e inerti	9%	3%
Metalli	3%	5%
Organico domestico	22%	48%
Sfalci e potature	2%	47%
Sottovaglio	5%	26%

Il calcolo della CO₂ per ciò che riguarda gli scenari A, B e C è stato condotto ipotizzando che tutto il carbonio presente nel rifiuto (dato ricavato in base ai dati riportati in Tabella 7.2) si ossidi a CO₂.



Per ciò che riguarda lo scenario D occorre innanzitutto definire quantitativamente e qualitativamente (dal punto di vista della composizione merceologica) i due flussi (secco e umido) risultanti dalla selezione meccanica. Tali flussi sono differenti a seconda della tipologia di digestione anaerobica: infatti ipotizzando una digestione ad umido (wet) al digestore verrà inviata la frazione di organico e la frazione merceologica carta (poiché in questo caso è presente un hydropulper in grado di omogeneizzare la carta con l'organico) mentre nel caso di digestione a secco (dry) al digestore sarà alimentata solo la frazione di organico. Da quanto detto deriva che a seconda della tipologia di digestore si avrà un'impiantistica di selezione differente in quanto nel caso di digestore dry basta separare due flussi (secco, umido) nel caso di digestore wet occorre invece separarne tre (secco, umido, carta).

Occorre considerare che nella separazione della frazione organica (o eventualmente dell'organico + carta) una piccola percentuale di tale organico rimarrà nella frazione secca così come l'organico separato sarà "contaminato" da piccole percentuali di frazioni residue (in particolare di carta e plastica, come visibile nelle Tab. 7.3 e Tab.7.4). Partendo da studi di letteratura [66] è possibile definire tali frazioni (Tab. 7.3 e Tab. 7.4), che portano, mediante elaborazione con i dati riportati in Tab. 7.2, alla definizione dei quantitativi in ingresso al sistema di digestione anaerobica e al sistema termico riportati in Tab. 7.5.

Tab. 7.3- Separazione meccanica per processo dry

Ripartizione % umido		Ripartizione % secco*	
Organico	95 %	Organico	5 %
Carta	12 %	Carta	88 %
Plastica	12%	Plastica	88 %

* oltre alle tre frazioni riportate saranno presenti tutte le restanti frazioni secche

Tab. 7.4- Separazione meccanica per processo wet

Ripartizione % umido		Ripartizione % secco*	
Organico	95 %	Organico	5 %
Carta	95 %	Carta	5 %
Plastica	12%	Plastica	88 %

* oltre alle tre frazioni riportate saranno presenti tutte le restanti frazioni secche

Tab. 7.5- Quantitativi in ingresso

Digestione anaerobica dry			Digestione anaerobica wet		
	%	t/anno		%	t/anno
Secco	72	338.400 +70.000	Secco	51	239.700 + 70.000
Umido	28	131.600	Umido	49	230.300

Analogamente è stata definita la composizione merceologica delle due frazioni (secco/umido) sempre a seconda della tipologia di digestione, in funzione di quanto riportato nelle tabelle 7.2, 7.3 e 7.4.

Tab. 7.6- Composizione merceologica frazioni umido e secco (digestione anaerobica dry)

Digestione dry	Frazione umida	Frazione secca
Carta	11 %	32 %
Cartone	-	9 %
Tessili	-	7 %
Legno	-	1 %
Plastica	8 %	25 %
Vetro e inerti	-	13 %
Metalli	-	4 %
Organico	81 %	2 %
Sottovaglio	-	7 %



Tab. 7.7- Composizione merceologica frazioni umido+carta e secco (digestione anaerobica wet)

Digestione wet	Frazione umida	Frazione secca
Carta	49 %	3 %
Cartone	-	13 %
Tessili	-	10 %
Legno	-	2 %
Plastica	5 %	35 %
Vetro e inerti	-	19 %
Metalli	-	6 %
Organico	47 %	3 %
Sottovaglio	-	9 %

Una volta definiti i parametri in ingresso si è proceduto al calcolo della CO₂.

Per effettuare tale bilancio si sono valutati separatamente i seguenti impianti:

- **Separatore meccanico.** Per valutare la CO₂ emessa in conseguenza all'impiego dell'impianto è stata effettuata la seguente valutazione: il trattamento di separazione meccanica richiede un quantitativo di energia elettrica pari a 100 kWh/t [38]. Conoscendo la CO₂ emessa per ogni kWh prodotto (675 gCO₂/ kWh, come riportato in tabella 7.13) è possibile calcolare il quantitativo di CO₂ emesso per il trattamento di selezione meccanica, che risulta pari a 67,5 kg CO₂/t rifiuto;
- **Incenerimento.** Per il flusso di secco avviato a incenerimento si è ipotizzato, come già fatto in precedenza per gli scenari A, B e C, che tutto il carbonio contenuto nel rifiuto sia ossidato a CO₂.
- **Digestione anaerobica.** Per ciò che riguarda la digestione anaerobica si considerano in uscita dal digestore due flussi: il biogas ed il digestato. Si è ipotizzato che tutto il metano presente nel biogas prodotto (e pari al 60% in peso, Tab. 7.8) venga ossidato a CO₂. Per quanto riguarda il digestato, si è escluso di poterlo destinare ad uso agronomico per via di rigorosi requisiti di qualità imposti dalla normativa vigente che non sono in genere rispettati dal prodotto derivante da frazione organica selezionata meccanicamente. L'unica destinazione pensabile per il digestato è dunque la discarica in quanto i flussi generati, come riportato in Tab. 7.15, sono cospicui e richiederebbero, nel caso di avvio a trattamento termico, la costruzione di un ulteriore impianto. Il costruendo impianto del Gerbido non potrebbe infatti ricevere un flusso così cospicuo così come difficilmente tale flusso potrebbe essere assorbito da esistenti forni a griglia per biomasse vegetali. Oltre a tali ragioni la destinazione termica è da escludersi anche in virtù di considerazioni di carattere termotecnico. Il flusso di digestato presenta un contenuto d'acqua considerevole e andrebbe a peggiorare sensibilmente le condizioni di combustione; si presenterebbe in questo caso la necessità di un pretrattamento di essiccazione. La collocazione del digestato in discarica comporta che una percentuale di carbonio pari al 10% [68, 69] venga trattenuta dal terreno e il restante quantitativo di carbonio in esso contenuto sia ossidato a CO₂. Nelle tabelle 7.8 e 7.9 vengono riportati i parametri utilizzati per il calcolo della CO₂ emessa.

Tab. 7.8- Composizione percentuale del biogas

Composizione percentuale del biogas	
CO ₂	40 %
CH ₄	60 %



Tab. 7.9 - Produzione di biogas per le varie tecnologie.

Tecnologia di digestore anaerobico	Produzione biogas (% sull'organico in ingresso al digestore)	Produzione di digestato (% sull'organico in ingresso al digestore)
ArrowBio [elaborati da 42]	19	81
OWS – Dranco [elaborati da 63, 72]	20	80
Valorga [elaborati da 9, 34]	15	85
BTA [elaborati da 44]	10	90

7.1.3 Calcolo dell'energia prodotta e della CO₂ evitata

Per la definizione dell'energia prodotta si è fatto ricorso ad un bilancio energetico.

I parametri utilizzati per la redazione di tale bilancio variano a seconda dello scenario considerato.

Per tutti gli scenari si è considerato un assetto cogenerativo (produzione sia di energia elettrica sia di energia termica).

Per lo scenario A e C i parametri energetici considerati sono riportati in Tabella 7.10, tali parametri sono quelli propri del Gerbido. Per ciò che riguarda lo scenario B sono stati utilizzati i parametri riportati in tabella 7.10 per il flusso avviato ad incenerimento mentre per ciò che riguarda il flusso avviato a gassificazione si sono considerati gli stessi parametri fatta eccezione per il rendimento energetico di gassificazione stimato pari a 80 %.

Tab. 7.10 - Parametri utilizzati per il calcolo dell'energia prodotta da incenerimento e gassificazione

Parametro	Valore
PCI rifiuto tal quale [MJ/kg]	11,5
Ore funzionamento [h/a]	7.800
Rendimento energetico combustione	90 %
Rendimento energetico gassificazione	80 %
Efficienza di produzione energia elettrica [%]	19% [77]
Efficienza di produzione energia termica [%]	51% [77]

Per ciò che riguarda lo scenario D sono stati utilizzati per il flusso avviato ad incenerimento i parametri riportati in tabella 7.10, a meno del valore del P.C.I., che in base alla composizione merceologica del secco calcolata e riportata nelle tabelle 7.6 e 7.7 è stato stimato pari a 13,7 MJ/kg nel caso di digestione anaerobica dry e pari a 14,4 MJ/kg nel caso di digestione anaerobica wet. Per il flusso avviato a digestione anaerobica sono stati utilizzati, nel calcolo della produzione di energia, i parametri riportati in tabella 7.11 che tengono conto della potenziale produzione di energia termica ed elettrica per Nm³ di biogas.

Tab. 7.11 - Parametri utilizzati per il calcolo dell'energia prodotta da digestione anaerobica

Parametro	valore [kWh/Nm ³ biogas]	efficienza [%]
Produzione energia termica	2,5 [78]	42
Produzione energia elettrica	1,9 [78]	32

Osservando quanto riportato in Tab. 7.11 le efficienze di generazione energetica (dal punto di vista dell'energia trasferibile) considerate risultano maggiori, almeno per ciò che riguarda la parte elettrica, rispetto alle stesse considerate per i sistemi termici. Questa migliore efficienza termodinamica è dovuta al fatto che nel caso della digestione anaerobica viene bruciato un gas mentre nel caso dell'incenerimento viene bruciato un solido.

In ragione di tali percentuali di efficienza considerate per il calcolo dell'energia trasferibile prodotta da biogas occorre evidenziare che, fermo restando che la produzione termica lorda risulterà sempre superiore negli scenari che considerano solo incenerimento (Tab. 7.10), l'energia totale potrà risultare maggiore negli scenari alternativi.



In Tab. 7.12 vengono riportate le potenze termiche degli scenari considerati al netto delle perdite termiche.

Tab. 7.12- Potenza termica al netto delle perdite termiche

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C	SCENARIO D			
				ArrowBio	OWS	Valorga	BTA
Potenza termica netta [MW]	199	195	199	167	194	162	156

La produzione e la cessione di una certa quota di energia elettrica e termica sostituisce la stessa quota prodotta da combustibili tradizionali ipotizzando un riversamento totale (ipotesi certamente vera per l'elettrico e assunta per il termico). Conoscendo i fattori di emissione dell'anidride carbonica, vale a dire conoscendo quanti grammi di CO₂ sono emessi per la produzione di un kWh elettrico e di un kWh termico (Tab. 7.13) è possibile calcolare la CO₂ evitata, in ciascuno dei quattro scenari esaminati, in virtù della produzione di energia elettrica e termica.

Tab. 7.13- Parametri utilizzati nel calcolo della CO₂ evitata

Parametro	Valore
CO ₂ evitata recupero elettrico [g CO ₂ /kWh]	675 [79, 80]
CO ₂ evitata recupero termico [gCO ₂ /kWh]	210 [80, 81]

7.2 RISULTATI DEL CALCOLO

Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati del calcolo relativamente ai parametri considerati.

Tab. 7.14- Bilancio della CO₂

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C	SCENARIO D			
				ArrowBio	OWS	Valorga	BTA
Totale Energia prodotta [MWh]	1.087.619	1.062.779	1.087.619	966.543	1.092.159	927.570	878.852
Totale CO ₂ prodotta [t]	841.812	841.812	841.812	853.522	866.408	850.501	846.725
Produzione di CO ₂ per unità di rifiuto trattata [t CO ₂ / t rif]	1,56	1,56	1,56	1,58	1,60	1,58	1,57
Produzione di CO ₂ per unità di energia prodotta [t CO ₂ / MWh]	0,77	0,79	0,77	0,88	0,79	0,92	0,96
Totale CO ₂ evitata [t]	365.673	357.321	365.673	338.773	375.504	322.762	302.749
Produzione di CO ₂ per unità di rifiuto trattata* [t CO ₂ / t rif.]	0,88	0,90	0,88	0,95	0,91	0,98	1,01
Produzione di CO ₂ per unità di energia prodotta* [t CO ₂ / MWh]	0,44	0,46	0,44	0,53	0,45	0,57	0,62

*Il calcolo tiene conto della CO₂ evitata per via della produzione di energia elettrica e termica



La Tab. 7.15 riporta, per i quattro scenari esaminati, il quantitativo di rifiuti da destinare a ciascun impianto e il fabbisogno di discarica; in particolare per lo scenario D viene indicata la quota di rifiuti che viene trattata nel digestore anaerobico, la quota da inviare a incenerimento (che include il secco selezionato meccanicamente e i sovvalli) e, relativamente al fabbisogno di discarica, si fa una distinzione tra ceneri volanti (da destinare a discariche per rifiuti pericolosi), scorie da incenerimento e digestato (entrambe le tipologie trovano collocazione in discariche per rifiuti non pericolosi).

Si ritiene necessaria la distinzione tra scorie da incenerimento e digestato in ragione del fatto che le due tipologie di rifiuti sono notevolmente differenti in quanto a stabilità biologica: mentre le scorie sono in sostanza inerti, il digestato potrebbe ancora manifestare una certa attività e sarebbe ancora potenzialmente in grado di produrre del metano.

Per le scorie si è considerato, in via prudenziale, un fabbisogno di discarica pari al 22% del rifiuto in ingresso all'impianto sia per l'incenerimento sia per la gassificazione; per le ceneri volanti si è considerato un fabbisogno di discarica pari al 4% del rifiuto in ingresso agli impianti di trattamento termico. Sulla base di questi dati e del quantitativo di digestato prodotto per le varie tecnologie di TMB è stato possibile stimare il fabbisogno di discarica annuo per i quattro scenari esaminati (Tab. 7.15).

Tab. 7.15- Fabbisogno impiantistico di discarica

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C	SCENARIO D			
				Arrow Bio	OWS	Valorga	BTA
Termovalorizzatore Gerbido [t/anno]	420.000	420.000	540.000	309.700	408.400	309.700	309.700
Il Termovalorizzatore [t/anno]	120.000	-	-	-	-	-	-
Gassificatore [t/anno]	-	120.000	-	-	-	-	-
Separatore meccanico [t/anno]	-	-	-	470.000	470.000	470.000	470.000
Digestore anaerobico [t/anno]	-	-	-	230.300	131.600	230.300	230.300
Fabbisogno discarica (per scorie) [t/anno]	118.800	118.800	118.800	68.134	89.848	68.134	68.134
Fabbisogni discarica (per ceneri volanti) [t/anno]	21.600	21.600	21.600	12.388	16.336	12.388	12.388
Fabbisogno discarica (per digestato) [t/anno]	-	-	-	186.543	105.280	195.755	207.270
Fabbisogno discarica totale [t/anno]	140.400	140.400	140.400	267.065	202.776	276.277	287.792

7.3 DEFINIZIONE DELLA CO₂ BIOGENICA

La semplificazione, spesso adottata negli studi LCA, in base alla quale il ciclo della CO₂ biogenica è nullo, ovvero la CO₂ prodotta dal trattamento di fine vita delle biomasse è compensata dalla CO₂ assorbita nella fase di accrescimento vegetativo [38, 39], non è accettabile nel caso in cui si operi una analisi comparata di diversi scenari di smaltimento dei rifiuti; infatti, in alcuni casi, ad un atomo di C presente nella sostanza organica biogenica immessa nel sistema corrisponde, in uscita, un atomo di carbonio ripartito in forme diverse (tipicamente C presente nel metano oltre a quello presente nell'anidride carbonica).



Per chiarire meglio il concetto, nel caso di incenerimento di biomasse l'ipotesi che il ciclo biogenico del carbonio sia neutro può essere, in prima approssimazione, accettato, dato che corrispondono la CO₂ presente in uscita e quella immobilizzata nel materiale biogenico in ingresso; invece nel caso di smaltimento a discarica delle biomasse, di compostaggio o di digestione anaerobica, poiché l'emissione di 1 kg di metano ha un potenziale serra 23 volte superiore a quello di 1 kg di CO₂, e il carbonio esce parzialmente in tale forma, l'ipotesi di neutralità non è più accettabile, ma occorre predisporre un bilancio dei gas serra di origine biogenica.

Nel nostro caso, pertanto, non è stata predisposta un'analisi LCA, ma più correttamente un bilancio del carbonio. L'obiettivo di tale bilancio è stato la definizione della CO₂ totale prodotta dai diversi scenari considerati e per far ciò sono state formulate alcune considerazioni di base:

- per gli scenari che prevedono esclusivamente trattamenti termici (scenario A, B e C) si è assunto che tutto il carbonio contenuto nel rifiuto in ingresso sia ossidato a CO₂;
- per lo scenario D si è considerata la CO₂ derivante dalla separazione meccanica, la CO₂ derivante dall'incenerimento e la CO₂ derivante dalla digestione anaerobica. Nello specifico per ciò che riguarda la digestione anaerobica si sono considerati in uscita dal digestore due flussi: il biogas ed il digestato. Si è assunto che tutto il metano presente nel biogas prodotto venga ossidato a CO₂. Anche per il digestato si è ipotizzato che tutto il carbonio presente, al netto della quota percentuale trattenuta dal suolo, venga ossidato a CO₂.

Ai fini del calcolo, dovendo definire il flusso di carbonio derivante dalle soluzioni impiantistiche corrispondenti ai diversi scenari, appare fondamentale tenere conto del fatto che la definizione della quota di CO₂ biogenica e di quella di CO₂ fossile dipende esclusivamente dalla composizione del rifiuto in ingresso agli stessi scenari e non dai sistemi di gestione in essi adottati, e questo a prescindere dalla forma in cui il carbonio viene generato dai differenti sistemi.

Per verificare tale affermazione si è proceduto con un calcolo di verifica: per i diversi scenari sono state valutate le due quote di CO₂ prodotta (biogenica e fossile) e i rispettivi fattori di emissione derivanti (tCO₂/t rifiuto e tCO₂/MWh) relativi alla sola quota di CO₂ fossile. Nel conteggio della CO₂ biogenica si è tenuto conto del carbonio contenuto nelle frazioni carta, cartone, legno e organico; la CO₂ fossile è stata invece calcolata per differenza a partire dalla CO₂ totale.

I risultati dell'analisi effettuata sono riportati nella sottostante tabella.

Confrontando i risultati ottenuti con quelli riportati in Tab. 7.14 è verificata la bontà dell'affermazione precedentemente riportata; infatti, seppur con valori numerici differenti, il rapporto tra gli scenari e quindi il significato dei risultati ottenuti rimane costante.

Tab. 7.16 - Parametri utilizzati per il calcolo dell'energia prodotta da incenerimento e gassificazione

	SCENARIO A = SCENARIO C	SCENARIO B	SCENARIO D (OWS)
Totale CO ₂ biogenica prodotta [t]	520.720	520.720	516.211
Totale CO ₂ fossile prodotta [t]	321.093	321.093	350.197
Energia prodotta [MWh]	1.087.619	1.062.779	1.092.159
Produzione di CO ₂ fossile per unità di rifiuto trattata [tCO ₂ /t rifiuto]	0,59	0,59	0,65
Produzione di CO ₂ fossile per unità di energia prodotta [tCO ₂ /MWh]	0,30	0,30	0,32
Totale CO ₂ fossile evitata [t]	365.673	357.321	375.504
Produzione di CO ₂ fossile per unità di rifiuto trattata* [tCO ₂ /t rif]	-0,08	-0,07	-0,05
Produzione di CO ₂ fossile per unità di energia prodotta* [tCO ₂ /MWh]	-0,04	-0,03	-0,02

*Il calcolo tiene conto della CO₂ evitata per via della produzione di energia elettrica e termica



8 ASPETTI ECONOMICI

Nell'ipotesi di dover trattare circa 540.000 t/a di rifiuti di cui:

- 470.000 t/y di RUR
- 70.000 t/y di sovvalli tecnici

la stima dei costi per ciascuno dei quattro scenari è stata così condotta:

- **Costi di investimento:** sono stati valutati solo i costi di investimento relativi all'impiantistica che si aggiunge all'inceneritore del Gerbido, quindi:
 - per lo scenario A è il costo di un inceneritore da 120.000 tonnellate/a che insieme all'inceneritore del Gerbido da 420.000 t/anno consente di coprire il fabbisogno di incenerimento di circa 540.000 t/anno come da previsioni PPGR 10;
 - per lo scenario B è il costo di 2 gassificatori da 60.000 t/a ciascuno;
 - per lo scenario C è il costo di ampliamento del Gerbido;
 - per lo scenario D è il costo di un impianto TMB (stimato in 50 ML€ [81] per la selezione e 55 ML€ [indagine di mercato] per la digestione anaerobica).
- **Costo unitario di esercizio:** calcolato come rapporto tra i costi operativi e il quantitativo complessivo di rifiuti trattati (540.000) al netto dell'utile di impresa, delle compensazioni ambientali e del contributo agli enti. Tiene conto di consumo materiali, servizi, smaltimento residui, consumi energetici, costo del personale, spese generali.
 - Per lo scenario A: è il costo operativo del Gerbido (81,2 €/t [83]) applicato a 420.000 t/a e il costo operativo del secondo inceneritore (ricavato da [93] attualizzato al 2009) e pari a 143,8 €/t applicato a 120.000 t/a;
 - Per lo scenario B: tiene conto del costo operativo del Gerbido (81,2 €/t [83]) applicato a 420.000 t/a e del costo operativo dei gassificatori (stimato in 89,5 €/t [84]) applicato a 120.000 t/a;
 - Per lo scenario C: è il costo di esercizio di un impianto di incenerimento di circa 600.000 t/anno desunto da [93] e attualizzato al 2009;
 - Per lo scenario D: si fa riferimento all'impianto OWS e comprende: il trattamento meccanico di 470.000 t/a di rifiuti al costo di 32,6 €/t [81], la digestione anaerobica di 131.600 t/a di rifiuto organico al costo di 14 €/t [indagine di mercato], l'incenerimento di 408.400 t/anno di secco al costo di 81,2€/t [83], lo smaltimento di 105.280 t/a di digestato al costo di 100 €/t (valore di mercato).
- **Ricavo energia assetto solo elettrico:** per gli scenari A, B, C il quantitativo di energia elettrica al netto degli autoconsumi in MWh è stato moltiplicato per il prezzo medio di cessione dell'anno 2009 definito dall'AEEG (67,18 €/MWh [85]); per lo scenario D, dal momento che si assume di bruciare il biogas in motori endotermici, si avrà congiuntamente un cascame di calore che è stato valorizzato in misura di 20 € per MWh ceduto (indagine di mercato).
- **Ricavo da certificati verdi:** calcolato secondo la seguente formula per gli scenari A,B,C:

$$\text{Ricavo CV} = EE_{\text{INC}} \times 1,3 \times 0,51 \times 88,66 \text{ €/MWh}$$

Dove:

EE_{INC} : energia elettrica prodotta al netto degli autoconsumi (MWh)

1,3 [82]: coefficiente moltiplicativo relativo ai rifiuti biodegradabili previsto dalla Tabella 2, Legge 244/ 2007 (Finanziaria 2008)

0,51 [82]: fattore previsto dalla Legge 244/ 2007 (Finanziaria 2008) per rifiuti urbani e CDR

88,66 €/Mwh: prezzo di offerta dei certificati verdi

calcolato secondo la seguente formula per lo scenario D:



$$\text{Ricavo CV} = EE_{\text{INC}} \times 0,51 \times 88,66 \text{ €/MWh} + EE_{\text{DA}} \times 0,8 \times 88,66 \text{ €/MWh}$$

Dove:

EE_{INC} : energia elettrica prodotta da incenerimento del secco selezionato (MWh)

0,51 [82]: fattore previsto dalla Legge 244/ 2007 (Finanziaria 2008) per rifiuti urbani e CDR

88,66 €/Mwh: prezzo di offerta dei certificati verdi

EE_{DA} : energia elettrica prodotta da digestione anaerobica (MWh)

0,8 [82]: coefficiente moltiplicativo relativo a biogas previsto dalla Tabella 2, Legge 244/2007 (Finanziaria 2008).

- **Costi esterni CO₂**: calcolati moltiplicando le tonnellate di CO₂ emesse, al netto della CO₂ evitata, per il costo di ciascuna tonnellata di CO₂ quantificato in 19 € [92].

Tab. 8.1-Valutazione di massima di costi e ricavi relativamente ai 4 scenari di piano

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C	SCENARIO D
costo investimento integrazione Gerbido [ML €]	120 [Elaborato da 90, 91]	100 [84]	50 [83]	105 [81]
costo unitario esercizio [€/t]	95,1	83,0	76,3	112,7
Ricavo energia - assetto solo elettrico [€/t]	54,8	52,1	54,8	57,7
Ricavo energia da CV- assetto solo elettrico [€/t]	47,9	45,6	47,9	39,5
Totale ricavi [€/t]	102,7	97,8	102,7	97,2
Ricavi-costi	7,6	14,7	26,4	-15,5
Costi esterni CO₂ [€/t]	16,75 [Elaborati da 92]	17,05 [Elaborati da 92]	16,75 [Elaborati da 92]	17,27 [Elaborati da 92]



9 CONCLUSIONI

La Provincia di Torino con nota del 14 maggio 2010 ha richiesto la collaborazione di ATO-R nella redazione del Programma Provinciale di Gestione dei Rifiuti 2010. In particolare, ad integrazione dello studio già effettuato da ATO-R, in collaborazione con il Politecnico di Torino, sulla "Verifica della fattibilità di un impianto di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa nella Provincia di Torino", si è ritenuto necessario un approfondimento sulle diverse tecniche di trattamento meccanico-biologico per verificarne l'applicabilità al rifiuto urbano residuo (RUR), ovvero al materiale che residua dalle operazioni di raccolta differenziata, della Provincia di Torino.

Intendiamo per trattamento meccanico-biologico (TMB) il processamento del rifiuto secondo tecniche combinate di tipo meccanico e di tipo biologico, articolate in schemi più o meno complessi in funzione delle caratteristiche del materiale in ingresso e della destinazione finale dei materiali in uscita.

Il presente studio, che ATO-R ha voluto effettuare con il fondamentale supporto del Politecnico di Torino, costituisce la risposta alla richiesta avanzata dalla Provincia ed ha il duplice obiettivo di:

- valutare l'efficacia del TMB, attraverso l'analisi di aspetti tecnici, ambientali ed economici di alcune esperienze significative di impianti in esercizio;
- verificare se il TMB possa rispondere alle esigenze di trattamento/smaltimento del rifiuto urbano prodotto dall'Ambito, tenendo conto della produzione e delle caratteristiche dei rifiuti della provincia di Torino.

Al fine di fare il punto sulle tendenze a livello nazionale e internazionale in materia di trattamento meccanico-biologico, lo studio realizza una panoramica sui processi di TMB proposti sul mercato.

Il documento di riferimento per la selezione delle tecnologie è stato il report "Mechanical-Biological-Treatment: a guide for decision makers processes, policies and markets" del marzo 2005, realizzato dalla Juniper Consultancy Services, accreditata società inglese che offre consulenza a privati e pubbliche amministrazioni in settori quali rifiuti, ambiente, energia rinnovabile. Il report realizza una descrizione approfondita di 27 processi di trattamento meccanico-biologico che vengono classificati in base al loro grado di maturità commerciale in:

- fully commercial: la tecnologia conta due o più impianti commerciali entrambi operativi da più di un anno;
- commercial: esiste un impianto commerciale operativo da almeno un anno;
- demonstrated: la tecnologia presenta un impianto di prova operativo per un certo periodo di tempo;
- market entrant: la società ha ricevuto incarico di realizzare un primo impianto commerciale ma non è ancora stato completato;
- conceptual: la società propone un processo TMB.

Nel presente studio sono state considerate 21 tecnologie cioè le 19 che il report Juniper definisce come "pienamente commerciali", "commerciali" e "dimostrate" ed altri 2 processi noti agli autori in quanto presenti nella realtà impiantistica del Nord Italia (Tab. 9.1).

Per alcuni impianti attualmente in esercizio (Tab. 9.2), è stato quindi effettuato un approfondimento specifico in relazione agli aspetti di affidabilità (garanzia e continuità di esercizio) e del fabbisogno di smaltimento dei residui (necessità di discarica e di termovalorizzazione per i flussi che originano dal processo), e una valutazione di massima dei costi di investimento ed esercizio.

Inoltre per gli impianti 2, 3, 4, 5 della Tab. 9.2 è stato valutato l'impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂.



Tab. 9.1 - Tecnologie considerate nello studio

Classificazione Juniper	Descrizione	Processi
Pienamente commerciale	Due o più impianti commerciali entrambi operativi da più di un anno	BEDMINSTER, BIODEGMA, BTA, ECODECO, GRONTMIJ, HERHOF, HORSTMANN, LINDE, OWS, SRS, VALORGA, VKW
Commerciale	Un impianto commerciale operativo da almeno un anno	NEHLSSEN, ROS ROCA, SBI Friesland, SUTCO
Dimostrato	Un impianto di prova operativo per un certo periodo di tempo	ARROW BIO, CIVIC, KOMPTECH
Altre tecnologie non analizzate in report Juniper		VM Press, Centro Riciclo Vedelago

Tab. 9.2 - Tecnologie su cui è stato effettuato l'approfondimento

N.	Tecnologia	Tipologia di processo
1	Ecodeco	Bioessiccazione in cumuli aerati
2	Valorga	Digestione anaerobica dry e wet
3	Arrow Bio	Digestione anaerobica wet
4	BTA	Digestione anaerobica wet
5	OWS-Dranco	Digestione anaerobica dry
6	Centro riciclo Vedelago	Selezione del rifiuto urbano residuo con valorizzazione delle varie frazioni e produzione di sabbia sintetica

Gli impianti di trattamento meccanico-biologico operano, a seconda degli obiettivi che si intende perseguire, con diversi layout, tutti però riconducibili ad alcuni schemi operativi fondamentali che comprendono sostanzialmente la biostabilizzazione, la bioessiccazione e la digestione anaerobica. Nella valutazione delle emissioni di CO₂, si è deciso di focalizzare l'attenzione su quegli impianti che prevedono la digestione anaerobica come step di trattamento biologico della frazione umida separata meccanicamente. Questo in considerazione del fatto che la produzione di biogas che ne deriva consente una valorizzazione energetica della suddetta frazione ed è, in questo senso, preferibile alla stabilizzazione aerobica, che invece richiede dell'energia e conduce alla produzione di un materiale di scarsa qualità, la cui destinazione, in relazione anche alla normativa vigente nel nostro Paese, è in genere la discarica.

Nei sistemi di digestione anaerobica la principale distinzione per approccio impiantistico si basa sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore. Le tecniche di digestione possono essere suddivise, da questo punto di vista, in due gruppi principali:

- digestione **a umido** (wet), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%;
- digestione **a secco** (dry), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.

Lo studio ha quindi tenuto conto di queste due possibilità valutando le seguenti tecnologie:

- la tecnologia OWS – Dranco per la digestione anaerobica dry;
- le tecnologie ArrowBio, Valorga e BTA per la digestione anaerobica wet; tali tecnologie prevedono nel ciclo di lavorazione della frazione organica, prima del suo invio al digestore, uno



speciale reattore definito “hydropulper” o “spappolatore” o “frantumatore idraulico”, che ha la duplice funzione di separare dall’organico le sostanze estranee (inerti, plastiche, ecc.) e di solubilizzare la frazione organica (compresa la carta), aumentandone la superficie di contatto per la successiva azione dei microrganismi anaerobi.

Oltre ai 4 processi di digestione anaerobica citati, sono stati considerati:

- il processo Ecodeco che vanta un buon numero di impianti operativi in Italia;
- il processo realizzato presso il Centro Riciclo Vedelago, spesso citato come esempio virtuoso di gestione dei rifiuti urbani.

I processi Ecodeco e Centro Riciclo Vedelago non sono stati ritenuti rispondenti all’obiettivo dello studio.

Lo scenario che è stato definito per la valutazione dei processi di TMB prevede di inviare a trattamento di separazione meccanica la quota di rifiuto che residua dalla raccolta differenziata (470.000 t/a); da tale trattamento di separazione derivano due flussi: una frazione secca da inviare a incenerimento assieme al flusso di sovralli tecnici (70.000 t/anno) ed una frazione umida inviata a digestione anaerobica (Tab. 9.3).

La valutazione analitica dei quattro schemi di processo citati è stata fatta in base ai seguenti criteri:

- quantitativo, valutato in base a bilanci di materia;
- affidabilità delle strutture impiantistiche;
- impatto ambientale locale e globale;
- valutazione di massima dei costi di investimento ed esercizio.

Per ciò che riguarda il *criterio quantitativo* è risultato necessario, applicando un sistema TMB formato da separazione secco/umido con invio dell’umido alla digestione anaerobica e del secco a incenerimento, disporre di una grande capacità impiantistica di digestione anaerobica (tra 130.000 e 230.000 t/a a seconda del sistema di digestione adottato) (Tab. 9.3).

Per quanto concerne il flusso del secco da inviare a incenerimento, nel caso di digestione wet (ArrowBio, Valorga, BTA), e quindi di invio a digestione delle frazioni organico e carta, la capacità dell’impianto del Gerbido risulterebbe sovrabbondante (circa 420.000 t/anno rispetto alle 310.000 t da incenerire, comprensive della frazione secca derivante dalla selezione meccanica e i sovralli tecnici); nell’ipotesi di digestione dry (OWS), quindi di invio a digestione del solo umido senza la frazione carta, la capacità del termovalorizzatore del Gerbido potrebbe risultare invece circa corrispondente alla domanda di smaltimento, da un punto di vista dei quantitativi (circa 410.000 t da incenerire), ma andrebbe verificata con attenzione la compatibilità da un punto di vista di carico termico in riferimento alla composizione merceologica reale del RUR al 2015.

Per quanto riguarda lo smaltimento dei residui solidi, la domanda di scarica per scorie è inferiore rispetto a quella richiesta da sistemi che prevedono l’incenerimento diretto del quantitativo complessivo dei rifiuti, ma, per contro, è richiesta un’importante volumetria per la gestione del digestato e questo porta ad una necessità totale di scarica che è circa il doppio di quella richiesta dagli scenari con solo trattamento a caldo (Tab. 9.3).

Vale la pena sottolineare la differenza sostanziale in termini di comportamento a medio-lungo termine che le due tipologie di residui potrebbero avere in scarica: le ceneri pesanti, che residuano dalla camera di combustione di un inceneritore per rifiuti urbani, classificabili come rifiuti speciali non pericolosi (CER 19 01 12), sono costituite principalmente da materiali inerti presenti nei rifiuti, e quindi sono per loro natura scarsamente reattive; il digestato invece, avendo ancora un cospicuo contenuto di carbonio, potrebbe manifestare una certa attività biologica e sarebbe ancora potenzialmente in grado di produrre del metano.



D'altra parte l'unica destinazione realistica per il digestato, nel contesto analizzato, è il suo deposito in discarica. È infatti da escludere il suo avvio a trattamento termico: considerato che i flussi generati sono cospicui (tra 110.000 e 210.000 t/anno circa a seconda delle tecnologie utilizzate), si richiederebbe la costruzione di un impianto dedicato in quanto tale flusso non potrebbe essere assorbito dal costruendo impianto del Gerbido e difficilmente potrebbe trovare collocazione in esistenti forni a griglia per biomasse vegetali. Oltre a tali ragioni la destinazione termica è da escludersi anche in virtù di considerazioni di carattere termotecnico: il flusso di digestato presenta un contenuto d'acqua considerevole e andrebbe a peggiorare sensibilmente le condizioni di combustione; si presenterebbe in questo caso la necessità di un pretrattamento di essiccazione. Non risulta neppure percorribile l'ipotesi di un suo utilizzo agronomico per via dei rigorosi requisiti di qualità imposti dalla normativa vigente (D. Lgs 217/2006), che non risultano poter essere rispettati dal prodotto derivante da frazione organica selezionata meccanicamente. Peraltro il D.Lgs 152/2006 e s.m.i. ha classificato il compostaggio tra le operazioni di recupero dei rifiuti, introducendo a livello nazionale la produzione di compost di qualità a partire da matrici selezionate a monte tramite la raccolta differenziata ed escludendo la frazione organica derivante da selezione meccanica dei rifiuti indifferenziati in impianti di trattamento meccanico-biologico. Infatti, negli anni passati, il processo aveva portato alla produzione di ingenti quantitativi del cosiddetto compost grigio, un prodotto caratterizzato ancora da notevoli quantitativi di contaminanti fisici (vetri, plastiche e metalli) e che per questo non si è mai affermato come fertilizzante in campo agricolo.

Tab. 9.3- Fabbisogno impiantistico di discarica

	INCENERIMENTO del RUR e dei sovralli tecnici	TMB del RUR (470.000 t/anno) e incenerimento del residuo secco e dei sovralli tecnici (70.000 t/anno)			
		Arrow Bio	OWS	Valorga	BTA
Separatore meccanico [t/anno]	-	470.000	470.000	470.000	470.000
Digestore anaerobico [t/anno]	-	230.300	131.600	230.300	230.300
Fabbisogno incenerimento (compresi sovralli tecnici) [t/anno]	540.000	309.700	408.400	309.700	309.700
Fabbisogno discarica (per scorie) [t/anno]	118.800	68.134	89.848	68.134	68.134
Fabbisogno discarica (ceneri volanti) [t/anno]	21.600	12.388	16.336	12.388	12.388
Fabbisogno discarica (per digestato) [t/anno]	-	186.543	105.280	195.755	207.270
Fabbisogno discarica totale [t/anno]	140.400	267.065	211.464	276.277	287.792

Sul fronte dell'*affidabilità impiantistica* (intesa come garanzia di continuità di esercizio, necessità di intervento, problematiche di funzionamento, risultati del processo), si ritiene che la fase del trattamento meccanico, ovvero la separazione del secco dall'umido nel rifiuto di partenza, non comporti particolari problemi: si tratta di una pratica nota da diversi anni e oramai consolidata. Per contro la digestione anaerobica risulta un'operazione processisticamente difficile tenuto conto dei volumi in gioco e della qualità del materiale alimentato (frazione organica da selezione meccanica e non FORSU separata alla fonte).



La digestione anaerobica è un processo biologico attraverso il quale in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas costituito principalmente da CO₂ e CH₄. Si tratta di un processo di per se complesso e delicato che comporta l'azione di diversi gruppi di microorganismi anaerobi che si differenziano sia per i substrati che per i prodotti del metabolismo; essi sono caratterizzati da basse velocità di crescita e basse velocità di reazione e quindi occorre mantenere ottimali, per quanto possibile, le condizioni dell'ambiente di reazione (pH, temperatura, concentrazione di sostanze inibenti quali metalli pesanti, sali, residui di pesticidi, ecc.).

Mentre la digestione anaerobica della FORSU o comunque di matrici provenienti da utenze selezionate (macelli, mense, ecc.) vanta sul panorama mondiale un gran numero di referenze (si vedano ad esempio Valorga e BTA), il processo ha trovato un'applicazione più ridotta alla frazione putrescibile separata dal RUR ed ha manifestato criticità di funzionamento, che spesso hanno comportato delle modifiche degli impianti rispetto alla concezione originaria.

In Italia si rileva infatti la tendenza alla riconversione degli impianti di TMB progettati per realizzare la digestione anaerobica della frazione organica "sporca" in impianti di trattamento di sola FORSU (Villacidro, Bassano del Grappa).

L'impianto di Villacidro (CA) basato su tecnologia BTA (selezione del RUR e digestione wet previo trattamento in Hydropulper della frazione organica) è stato avviato nel 2002 per una potenzialità di circa 54.000 t/anno (40.000 t/anno di RSU e 14.000 t/anno di fanghi). Dal 2006 l'impianto tratta essenzialmente l'umido proveniente dalle raccolte differenziate: viene by-passata la sezione di selezione meccanica e si invia l'organico direttamente al trattamento idromeccanico e biologico. Il secco residuo già separato a monte viene invece inviato direttamente in discarica.

L'impianto di Ca' del Bue (VR) presenta una potenzialità di progetto di 150.000 t/anno, anch'esso basato su tecnologia BTA con un layout simile a quello di Villacidro, è stato avviato nel 2002; dal 2007 la sezione di digestione anaerobica non è più operativa e la frazione umida viene inviata ad impianti di stabilizzazione.

L'impianto di Bassano del Grappa (VI) della potenzialità di 52.400 t/anno è stato avviato in giugno 2003; è basato su tecnologia Valorga ed utilizza un processo di digestione anaerobica dry. Fu progettato per trattare sia FORSU raccolta separatamente, sia rifiuto urbano residuo, da introdurre nei digestori dopo pretrattamento. Tra il 2006 e il 2007 i digestori inizialmente dedicati al trattamento del sottovaglio da rifiuto urbano residuo sono stati modificati per essere destinati al trattamento della sola FORSU.

Sul panorama internazionale va ricordato l'impianto Ecoparc II di Barcellona, della potenzialità di 240.000 t/anno, progettato per effettuare trattamento meccanico-biologico del rifiuto indifferenziato al fine di separare una frazione organica da inviare a digestione anaerobica. Le criticità riscontrate sulla linea dell'organico hanno portato a riconvertire i reattori, adibendoli al trattamento della sola FORSU derivante da raccolta differenziata. Analogo destino ha interessato anche l'impianto TMB Ecoparc 1, della potenzialità di 300.000 t/anno, ubicato sempre a Barcellona e basato su tecnologia Linde (digestione anaerobica wet) [46].

In relazione al tema dell'affidabilità complessiva di sistema va ancora rilevato che l'invio della frazione secca selezionata al termovalorizzatore del Gerbido potrebbe rappresentare un elemento di criticità, qualora il potere calorifico inferiore, a seguito della separazione, assumesse dei valori troppo elevati (sulla base dei calcoli effettuati il PCI della suddetta frazione risulterebbe di circa 14 MJ/kg per le quattro configurazioni impiantistiche selezionate, tenendo conto della composizione merceologica attuale della Provincia di Torino, che tuttavia potrebbe ancora modificarsi a fronte di ulteriori progressi della raccolta differenziata). Inoltre la complessità di sistemi che prevedono la separazione del rifiuto urbano residuo e la digestione anaerobica del sottovaglio comporta la realizzazione e gestione di un sistema complesso di elementi impiantistici che potrebbero rappresentare un ulteriore fattore di criticità rispetto ad un'unica struttura di un impianto di incenerimento, per quanto bisognosa di un'accurata gestione e un attento controllo; peraltro quest'ultimo impianto risulta comunque necessario, anche negli scenari che prevedono un trattamento meccanico-biologico.

Per ciò che riguarda il *criterio impatto ambientale* va fatta una distinzione tra l'impatto locale e l'impatto globale.



Dal punto di vista locale la maggiore criticità è sicuramente rappresentata dalle emissioni dell'inceneritore, al cui contenimento è destinata una struttura costruita secondo le BAT e la cui idoneità è ritenuta acquisita. Partendo da questo presupposto l'utilizzo dell'incenerimento per il rifiuto tal quale o per il secco derivante da pretrattamento non si ritiene comporti differenze apprezzabili. Nello scenario che prevede il TMB gli elementi impiantistici aggiuntivi da considerare risultano quindi due: l'impianto di separazione e il digestore, tra questi quello potenzialmente più impattante è il separatore, a causa delle emissioni odorigene, mentre per il digestore si ritiene che con una struttura impiantistica idonea ed efficiente gli impatti possano essere contenuti.

Da un punto di vista quantitativo sono già state evidenziate le considerazioni in merito ai volumi di scorie e di digestato. Da un punto di vista qualitativo per ciò che riguarda il flusso di scorie non si hanno differenze tra i vari scenari, mentre per ciò che riguarda la gestione del digestato la sua immissione in discarica, senza ulteriori operazioni di stabilizzazione, potrebbe comportare aspetti di impatto locale a causa di fenomeni di volatilizzazione.

Da un punto di vista di impatto globale ci si riferisce in particolare alle emissioni di CO₂.

Dai calcoli effettuati non emergono vantaggi a favore dei processi di trattamento meccanico-biologico: per tre dei processi selezionati i parametri sono peggiorativi rispetto allo scenario che prevede l'incenerimento diretto, mentre per la tecnologia OWS essi risultano sostanzialmente in linea con esso. Con riferimento ad una tonnellata di rifiuto di partenza il sistema TMB (OWS – Dranco) dà una prestazione sostanzialmente paragonabile, in termini di emissione di CO₂, a quella degli scenari con trattamento solo termico. Stesso risultato si ottiene considerando la produzione di 1 MWh di energia (Tab. 9.4).

Nel calcolo della CO₂ si è fatta una distinzione tra la quota di CO₂ biogenica e quella di CO₂ fossile. Va rilevato che la ripartizione tra CO₂ biogenica e CO₂ fossile dipende esclusivamente dalla composizione del rifiuto in ingresso agli impianti e non dalle caratteristiche degli impianti stessi. Nel conteggio della CO₂ biogenica si è tenuto conto del carbonio contenuto nelle frazioni carta, cartone, legno e organico; la CO₂ fossile è stata invece calcolata per differenza a partire dalla CO₂ totale. Per i diversi scenari sono stati valutati i fattori di emissione (tCO₂/t rifiuto e tCO₂/MWh) relativi alla sola quota di CO₂ fossile: il calcolo ha evidenziato come, seppur con valori numerici differenti, il rapporto tra gli scenari e quindi il significato dei risultati ottenuti rimane costante.

Tab. 9.4- Bilancio della CO₂

	INCENERIMENTO del RUR e dei sovvalli tecnici	TMB del RUR (470.000 t/anno) e incenerimento del residuo secco e dei sovvalli tecnici (70.000 t/anno)			
		ArrowBio	OWS	Valorga	BTA
Totale Energia prodotta [MWh]	1.087.619	966.543	1.092.159	927.570	878.852
Totale CO₂ prodotta [t]	841.812	853.522	866.408	850.501	846.725
Produzione di CO₂ per unità di rifiuto trattata [t CO₂ / t rifiuto]	1,56	1,58	1,60	1,58	1,57
Produzione di CO₂ per unità di energia prodotta [t CO₂ / MWh]	0,77	0,88	0,79	0,92	0,96
Totale CO₂ evitata [t]	365.673	338.773	375.504	322.762	302.749
Produzione di CO₂ per unità di rifiuto trattata* [t CO₂ / t rifiuto]	0,88	0,95	0,91	0,98	1,01
Produzione di CO₂ per unità di energia prodotta* [t CO₂ / MWh]	0,44	0,53	0,45	0,57	0,62

*Il calcolo tiene conto della CO₂ evitata per via della produzione di energia elettrica e termica



Per quanto riguarda gli *aspetti economici* vale la pena confrontare il trattamento meccanico-biologico, in particolare la tecnologia OWS, che tra le 4 analizzate è risultata essere la più adeguata agli obiettivi dello studio, con ciascuno dei 3 scenari termici. Il costo di investimento, calcolato come costo aggiuntivo di ciascuno scenario rispetto all'inceneritore del Gerbido, risulta più contenuto per lo scenario che prevede l'ampliamento del termovalorizzatore del Gerbido (scenario C) com'era peraltro facilmente intuibile. La realizzazione di due gassificatori da 60.000 t/anno ciascuno (scenario B) è più conveniente rispetto alla costruzione di un inceneritore di piccola taglia (120.000 t/anno - scenario A) in linea con quanto già emerso dallo Studio condotto da ATO-R e Politecnico di Torino [84]. Lo scenario D (trattamento meccanico di 470.000 t/anno di rifiuto urbano residuo e digestione anaerobica della frazione organica selezionata dal rifiuto tramite tecnologia OWS) ha un costo di investimento grosso modo confrontabile con quello dei due gassificatori.

Sul fronte dei costi di esercizio (calcolati tenendo conto di consumo materiali, servizi, smaltimento residui, consumi energetici, costo del personale, spese generali e al netto dell'utile di impresa, delle compensazioni ambientali e del contributo agli enti) valgono considerazioni analoghe a quelle fatte per i costi di investimento relativamente agli scenari termici: l'effetto scala risulta premiante per il termovalorizzatore del Gerbido ampliato fino a 540.000 t/anno (Scenario C) e tra i due scenari termici A e B quello dei due gassificatori sembrerebbe preferibile. Per lo scenario D l'aggiunta, a monte della termovalorizzazione, di un'ulteriore step di trattamento comporta inevitabilmente un sensibile incremento dei costi operativi rispetto agli scenari solo termici.

Occorre infine considerare che dal punto di vista del ricavo energetico questo potrà essere maggiore negli scenari termici di incenerimento per effetto anche dei certificati verdi.

Il costo esterno della CO₂ per i 4 scenari riflette esattamente l'andamento delle emissioni di CO₂ al netto della CO₂ evitata.

Tab. 9.5-Valutazione di massima di costi e ricavi relativamente ai 4 scenari di piano

	SCENARIO A	SCENARIO B	SCENARIO C	SCENARIO D- OWS
costo investimento integrazione Gerbido [ML €]	120	100	50	105
costo unitario esercizio [€/t]	95,1	83,0	76,3	112,7
Ricavo energia - assetto solo elettrico [€/t]	54,8	52,1	54,8	57,7
Ricavo energia da CV- assetto solo elettrico [€/t]	47,9	45,6	47,9	39,5
Totale ricavi [€/t]	102,7	97,8	102,7	97,2
Ricavi-costi	7,6	14,7	26,4	-15,5
Costi esterni CO₂ [€/t]	16,75	17,05	16,75	17,27

La valutazione finale sui quattro scenari proposti nei documenti di riferimento della revisione del Programma Provinciale di gestione dei rifiuti dovrà tener conto in modo bilanciato dei criteri sopra esposti. Si ritiene che ognuno dei criteri porti ad una quantizzazione singolarmente affidabile, mentre la loro combinazione ed il peso da attribuire ad ognuno di essi non può che discendere da scelte di ordine programmatico.



BIBLIOGRAFIA

1. **Osservatorio Rifiuti Provincia Torino.** Rapporto sullo stato del sistema di gestione dei rifiuti, *luglio 2009.*
2. **Provincia di Torino.** Programma Provinciale Gestione Rifiuti 2000, *gennaio 2000.*
3. **Provincia di Torino.** Programma Provinciale Gestione Rifiuti 2006, *novembre 2006.*
4. **ATO Rifiuti Torinese.** Piano d'Ambito 2008-2014 - Prima attivazione, *dicembre 2008.*
5. **ATO Rifiuti Torinese.** Piano d'Ambito 2008-2014 - 1°Aggiornamento 2009/2010, *novembre 2009.*
6. **A. Tornavacca, P. Fontanella, O. Paladino, O. Risso, M. Solari, C. Sacco.** Relazione conclusiva dei lavori della Commissione per il supporto tecnico scientifico nelle valutazioni connesse alla realizzazione di un impianto per il trattamento dei rifiuti organici e di un impianto per il trattamento della frazione finale residua post raccolta differenziata dei rifiuti (DGC di Genova n°288/2008), *giugno 2009.*
7. **R. Laraia, F. Chiampo, J. Krüger.** Analisi e comparazione delle tecnologie più idonee per il secondo impianto di trattamento area nord dei rifiuti urbani, assimilati e fanghi della Provincia di Torino, *giugno 2006.*
8. **ATO Rifiuti Torinese.** Il termovalorizzatore della Zona Nord della Provincia di Torino, *novembre 2006.*
9. **Juniper.** Mechanical – Biological – Treatment: A guide for decision makers. Processes, Policies & Markets, *2005.*
10. D.M. 29-01-2007 - Linee Guida Ministeriali - Rifiuti VII - Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC: 5 Gestione rifiuti (Impianti di trattamento meccanico biologico e Impianti di selezione e produzione di C.D.R.)
11. Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, *agosto 2006.*
12. **D. Dotti.** Trattamento Meccanico Biologico dei rifiuti residui da R.D. : tecnologie, evoluzione del contesto e caso pratico, Tesi di Laurea in Ingegneria per L'ambiente e il Territorio Università di Bologna, *Anno Accademico 2007/08 Sessione III*
13. **ENEA.** ENEA e le tecnologie per la gestione sostenibile dei rifiuti, Workshop 18 giugno 2008 Roma
14. **U. Ghezzi, M. Grosso.** Trattamenti termici e meccanico-biologici (TMB) del rifiuto residuo: aspetti generali e considerazioni sull'applicabilità al contesto della Provincia di Novara, *settembre 2009*
15. **E. Favoino, E. Confalonieri.** Il trattamento meccanico-biologico, quadro strategico e prospettive, *ARPA Rivista N. 2 marzo-aprile 2007*
16. **E. Favoino.** I trattamenti biologici: tecnologie, tendenze e prospettive, *63° Corso di Aggiornamento di Ingegneria Sanitaria Ambientale – Milano 28-31 gennaio 2008*
17. **M. Ragazzi, E. C. Rada.** Il ruolo della bioessiccazione dei rifiuti urbani residui, *63° Corso di Aggiornamento di Ingegneria Sanitaria Ambientale – Milano 28-31 gennaio 2008*
18. **G. Lippo, S. Bonari.** Analisi delle esperienze più virtuose di raccolta differenziata, recupero e riduzione di rifiuti in Italia – Individuazione e verifica funzionale di tecnologie alternative alla termovalorizzazione (per il Comune di Campi Bisenzio) , *ottobre 2008*
19. **G. Banchi e R. Ercolini.** Relazione tecnica per la verifica delle buone pratiche di prevenzione e gestione dei rifiuti e delle alternative all'inceneritore della piana fiorentina, *ottobre 2008*
20. **C. Poli.** Centro Riciclo Vedelago Srl: dalla raccolta differenziata al riciclo
21. **New York City Economic Development Corporation and New York City Department of Sanitation.** Evaluation of new and emerging solid waste management technologies, *16 Settembre 2004*



22. **Regione Piemonte.** Indagine sui rifiuti urbani prodotti nel 2008, *ottobre 2009*
23. **Douglas Partners.** Arrowbio solid waste treatment process results of soil analysis, *8 ottobre 2004*
24. **APAT.** Caratterizzazione chimico-fisica del biostabilizzato proveniente da impianti di trattamento meccanico biologico dei rifiuti, *2007*
25. **ENEA, Federambiente.** Rapporto sulle tecniche di trattamento dei rifiuti urbani in Italia, *maggio 2010*
26. **L. Ziviani, G. Genon.** Studio comparativo fra i sistemi di trattamento e smaltimento dei rifiuti in Valle d'Aosta, *febbraio 2009*
27. **A. Confalonieri.** La digestione anaerobica dei rifiuti urbani, *Convegno "Tecnologie sostenibili per il trattamento finale dei rifiuti", Palermo 25 marzo 2010*
28. Website BTA: <http://bta-international.de/home.html?&lang=3>
29. DGR del Veneto n. 1234 del 08 maggio 2007 (Allegato A e Allegato B)
30. **Sigea, Agsm.** Relazione divulgativa Impianto di trattamento rifiuti e cogenerazione Cà del Bue (Verona), *Anno 2006*
31. **A. Confalonieri.** "La digestione anaerobica dei rifiuti urbani: un mercato in crescita", *Ecotecnologie gen-feb 2010*
32. **Politecnico di Torino.** Indagine conoscitiva sugli impianti del Cuneese, *2006*
33. **F. Barbone, F. Brevi, U. Ghezzi, M. Ragazzi, A. Ventura.** "Trattamento dei rifiuti urbani residuali a valle di raccolte differenziate finalizzate a recupero di materia – studio di fattibilità – B – Studio del processo proposto e progetto di massima", *agosto 2009*
34. Biomass – Using anaerobic digestion, http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info8.html
35. Website Valorga: <http://www.valorgainternational.fr>
36. Website ISTAT: <http://istat.it>
37. **Greig Smith Council District12 Città di Los Angeles.** Report sulla visita ad Ecoparc/Montcada- Valorga, *2008*
http://cd12.lacity.org/pdf/Landfilling_Resources_Valorga_Anaerobic_Digestion_Facility.pdf
38. **G.A. Blengini, G. Genon.** LCA del sistema integrato dei RSU nella Provincia di Torino – Analisi energetico ambientale con metodologia LCA ed analisi economica dell'attuazione del Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti alla luce dei nuovi obiettivi di Raccolta Differenziata introdotti dal D.Lgs. 152/06, *luglio 2008*.
39. Website NovAmbiente:
http://www.novambiente.it/index.php?option=com_content&view=article&id=677%3Alca-rifiuti&Itemid=71
40. **C. Conill Vergés,** The experience of the Barcelona metropolitan area – The cost of water supply, wastewater and municipal solid waste treatment, *ISSAERE 2010 XIII Edition, Torino 10 settembre 2010*.
41. Trattamento e riciclaggio dei rifiuti solidi urbani senza emissioni nocive, brochure Arrow Ecology
42. **CST SpA,** Arrow Bio, Il processo per il trattamento ecologico dei rifiuti solidi urbani
43. **Provincia del Medio Campidano Assessorato all'Ambiente.** Rapporto Sulla Gestione Dei Rifiuti Urbani nel Medio Campidano 2006
44. **Provincia del Medio Campidano Assessorato all'Ambiente.** Rapporto Sulla Gestione Dei Rifiuti Urbani nel Medio Campidano 2007
45. **Provincia del Medio Campidano Assessorato all'Ambiente.** Rapporto Sulla Gestione Dei Rifiuti Urbani nel Medio Campidano 2008



46. **August Bonmatí (Agenzia Rifiuti Catalana)**. Anaerobic Digestion in Catalonia. An Overview, 22 ottobre 2008
47. Website compostnetwork: <http://www.compostnetwork.info/index.php?id=44>
48. Website Agenzia Rifiuti Catalana:
http://www.amb.cat/web/emma/residus/instalacions_equipaments/ECOPARCS/ECOPARC_Montcada
49. **Sigea, Agsm**. Relazione divulgativa Impianto di trattamento rifiuti e cogenerazione Cà del Bue (Verona), Anno 2007
50. Website Centro Riciclo Vedelago <http://www.centroriciclo.com>
51. Website Consorzio Priula: <http://www.consorziopriula.it>
52. Website ArrowBio: <http://www.arrowbio.com>
53. Website Bedminster: <http://www.bedminster.com/>
54. Website Gestore Servizi Energetici: <http://www.gse.it>
55. Website VM Press: <http://www.vmpress.it>
56. Website BTA: <http://bta-international.de/home.html?&lang=3>
57. Website Provincia di Verona: <http://portale.provincia.vr.it/>
58. **M.Cruccu**. Biogas dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani: l'esperienza di Villacidro, 12 marzo 2007
59. **Sigea, Agsm**. Relazione divulgativa Impianto di trattamento rifiuti e cogenerazione Cà del Bue (Verona), Anno 2008
60. Website OWS: <http://www.ows.be;>
61. **Sigea, Agsm**. Relazione divulgativa Impianto di trattamento rifiuti e cogenerazione Cà del Bue (Verona), Anno 2009
62. **L. De Baere, J. Boelens**. Rest or mixed waste sorting – digestion – separation for the recovery of recyclables and energy
63. **N. J. Themelis**. Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes, Shefali Verma, maggio 2002.
64. **A. Rizzoli, M. Cerani**. Piattaforma per la selezione delle frazioni differenziate secche domestiche e assimilate, con riciclo dei rifiuti residuali decadenti dalle lavorazioni spunti per la strategia “rifiuti zero”, 2008
65. **Consorzio Priula**. Dati raccolta differenziata, anno 2008
66. **J. R Burton, A. J. Poll, M. Wabb, L. Whalley**. “Waste sorting and RDF – Production in Europe”, Elsevier Applied Science Publishers, 1985.
67. Website Gedesma: http://www.gedesma.es/r_organicos_planta.html
68. **A. Boldrin, K.J.Andersen, J.Moller, T.H.Christensen**. “Composting and compost utilization accounting of greenhouse gases and global warming contributions”, Waste Management and Research, 2009:27, 800-812;
69. **J. Moller, A.Boldrin, T.H.Christensen**. “Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contribution”, Waste Management and Research, 2009:27, 813-824;
70. Gestione de los residuos en la comunidad de Madrid
(http://www.rcir.es/pdf/folleto/folleto_rcir_gestion200708.pdf)
71. **Agència de Residus del Catalunya**. Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures de Gestió de residus municipals de Catalunya – Annex 3 Part A – Estudi de Tecnologies
72. **L. De Baere and J. Boelens (OWS)**. Rest or mixed waste sorting – digestion – separation for the recovery of recyclables and energy, disponibile sul sito: <http://www.ows.be>



73. **Golder Associates**. Planning Study for the assessment of mixed solid waste processing technology and siting options city of Toronto, *maggio 2009*
74. **E Archer**. Solid Waste Technology Options: Mechanical Biological Treatment (MBT), *Metro Vancouver: Solid Waste Management, 19 Aprile 2008*
75. Website International Energy Agency: <http://www.iea-biogas.net>
76. **D.I.I.A.R. – Sezione Ambientale Politecnico di Milano**. “Analisi elementare delle singole classi merceologiche” (http://www.cremona.polimi.it/dispense/ISA1/Rifiuti_prod_caratt.pdf)
77. **TRM SpA**. Impianto di termovalorizzazione dei rifiuti della provincia di Torino . Bilanci termici e di massa, *2006*
78. **A. Canovai**. Biomasse, potenzialità di sviluppo al 2020. Il ruolo del compostaggio, *18 marzo 2009*
79. Website GME – Gestore Mercati Energetici: <http://www.mercatoelettrico.org/It/Default.aspx>
80. **L. Ziviani, G. Genon**. Studio comparativo fra i sistemi di trattamento e smaltimento dei rifiuti in Valle d’Aosta – Impatti sul territorio – Documento D, *ottobre 2006*
81. **T. Astrup, J. Moller, T. Energoard**. Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions, *Waste management & Research, 2009:27:789-799*;
82. Legge 244/2007 (Finanziaria 2008).
83. **TRM**. Piano economico finanziario TRM – Gerbido, *4 dicembre 2009*
84. **G. Genon, V. Tedesco, P. Urso**. Verifica della fattibilità di un impianto di trattamento termico dei rifiuti a tecnologia innovativa nella provincia di Torino, *Ingegneria Ambientale, Quaderno 51 (2010)*;
85. Website Autorità per l’Energia Elettrica e il Gas (AEEG)
<http://www.autorita.energia.it>
86. **W. Bidlingmaier, J. Sidaine, E.K. Papadimitriou**. Separate collection and biological waste treatment in the European Community, *Reviews in Environmental Science & Bio/Technology, 2004*
87. Estrategia de RESIDUOS de la Comunidad de Madrid (2006-2016)
http://www.fida.es/pdf/estrategia_residuos_cm_2006_16.pdf
88. Website Ecodeco, <http://www.ecodeco.it/gruppo/cms/ecodeco/>
89. **R. Vismara, M. Grosso, M. Centemero**. Compost ed energia da biorifiuti, *2009*
90. **ENEA**, Valutazione del costo di investimento del termovalorizzatore di Acerra, *gennaio 2010*;
91. IEFÉ – Centre for Research an Energy and Environmental Economics and Policy – “La gestione integrata dei rifiuti urbani: analisi economica di scenari alternativi”, *Research Report n. 4, marzo 2010*;
92. Website ExterneE – Externalities of Energy A Research Project of the European Commission
<http://www.externe.info>.
93. **A. Andretta**. Analisi prezzi medi impianti Anno 2009. Le Tariffe per il recupero e lo smaltimento dei rifiuti urbani per tipologia e caratteristiche degli impianti, *gennaio 2010*.
94. Website Biotec sistemi, <http://www.biotecsistemi.it/biotec.htm>
95. Report Eurostat 43/2010 del 19/03/2010 “40% of municipal waste recycled or composted in 2008 - Half a tonne of waste generated per person”
96. **ISPRA**. Rapporto Rifiuti Urbani, *2009*.
97. **D. Cout**. Individuazione delle migliori tecnologie innovative per la realizzazione di impianti di pretrattamento finalizzati alla produzione di CDR di qualità ad oggi esistenti, *24 novembre 2009*



*Valutazioni sull'applicabilità dei trattamenti
meccanico-biologici nel ciclo integrato dei rifiuti
urbani della Provincia di Torino*

ALLEGATO

Settembre 2010



INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	ARROWBIO	4
3	BEDMINSTER	5
4	BIODEGMA	6
5	BTA.....	7
6	CIVIC	9
7	ECODECO	10
8	GRONTMIJ.....	11
9	HERHOF.....	13
10	HORSTMANN	14
11	KOMPTECH	16
12	LINDE.....	16
13	NEHLSSEN	19
14	OWS.....	20
15	ROS ROCA.....	22
16	SBI FRIESLAND	24
17	SRS	25
18	SUTCO.....	26
19	VALORGA	28
20	VKW	29
21	VM PRESS.....	30
22	CENTRO RICICLO VEDELAGO	32



1 INTRODUZIONE

Il documento di riferimento per la selezione delle tecnologie da esaminare nel presente studio è stato il report "Mechanical-Biological-Treatment: a guide for decision makers processes, policies and markets" del marzo 2005, realizzato dalla Juniper Consultancy Services, accreditata società inglese che offre consulenza a privati e pubbliche amministrazioni in settori quali rifiuti, ambiente, energia rinnovabile. Il report realizza una descrizione approfondita di 27 processi di trattamento meccanico-biologico che vengono classificati in base al loro grado di maturità commerciale in:

- fully commercial: la tecnologia conta due o più impianti commerciali entrambi operativi da più di un anno;
- commercial: esiste un impianto commerciale operativo da almeno un anno;
- demonstrated: la tecnologia presenta un impianto di prova operativo;
- market entrant: la società ha ricevuto incarico di realizzare un primo impianto commerciale ma tale impianto non è ancora stato completato;
- conceptual: la società propone un processo TMB ma non ha ancora realizzato impianti.

Nel presente studio sono state prese in esame 21 tecnologie cioè le 19 che il report Juniper definisce come "pienamente commerciali", "commerciali" e "dimstrate" ed altri 2 processi noti agli autori in quanto presenti nella realtà impiantistica del Nord Italia (Tab. 1).

Tab. 1 –Tecnologie considerate nello Studio

Classificazione della tecnologia [Juniper]	Descrizione	Processi
Pienamente commerciale	Due o più impianti commerciali entrambi operativi da più di un anno	BEDMINSTER, BIODEGMA, BTA, ECODECO, GRONTMIJ, HERHOF, HORSTMANN, LINDE, OWS, SRS, VALORGA, VKW
Commerciale	Un impianto commerciale operativo da almeno un anno	NEHLSSEN, ROS ROCA, SBI Friesland, SUTCO
Dimostrata	Un impianto di prova operativo per un certo periodo di tempo	ARROW BIO, CIVIC, KOMPTECH
Altre tecnologie non analizzate in report Juniper		VM Press, Centro Riciclo Vedelago

Di seguito si riporta una breve descrizione dei processi considerati e, per ciascuna Azienda, l'elenco degli impianti di riferimento e le principali caratteristiche di questi.

2 ARROWBIO

La società israeliana Arrow Ecology Ltd, sul mercato dal 1975, ha sviluppato un processo che utilizza una combinazione di pretrattamenti a umido e di separazione meccanica per trattare il rifiuto solido urbano indifferenziato al fine di rimuovere le frazioni riciclabili e i materiali inerti e portare in sospensione la frazione organica per il successivo trattamento biologico (ArrowBio®). La sospensione ottenuta è trattata in un processo costituito da due stadi di digestione anaerobica. I prodotti in uscita dal digestore sono:

- il biogas, inviato a motori endotermici per la produzione di energia elettrica;
- il digestato che viene utilizzato, in Israele, come fertilizzante.

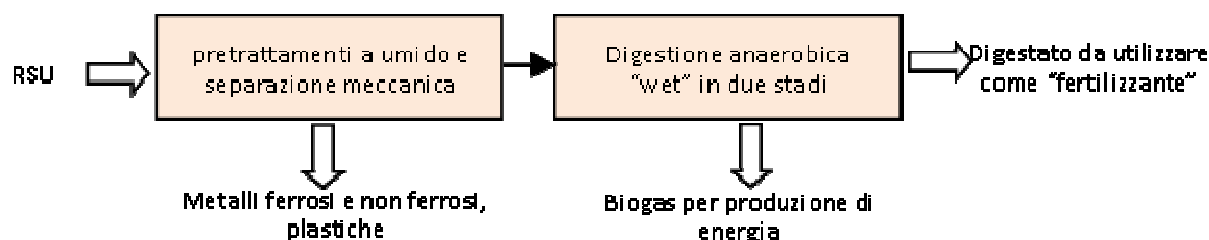


Fig. 1 – Schema del processo ArrowBio.



Fig. 2 – A sinistra l'impianto Arrow Bio a Tel Aviv (Israele), a destra l'impianto di Sidney (Australia)[4]

Il primo impianto su scala commerciale è stato realizzato a Tel Aviv ed è entrato in funzione nel 2003, un secondo della potenzialità di 90.000 t/anno è stato inaugurato a Sidney nel luglio 2008.

Tab. 2 – Impianti Arrow Bio in esercizio [4]

Località	Potenzialità [t/ anno]	Tipologia di rifiuti trattata	Inizio attività
Tel Aviv (Israele)	70.000	RSU	2003
Sidney (Australia)	90.000	RSU	2008

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- ha una buona flessibilità per ciò che concerne i rifiuti in ingresso;
- il processo produce energia utilizzabile mediante l'impiego del biogas.

Tra gli svantaggi:

- negli stati dell'Unione Europea è richiesta un'ulteriore stabilizzazione del digestato e non è certo che esso possa essere impiegato in agricoltura;
- gli impianti esistenti sono operativi solo a media scala;
- il processo necessita di grossi quantitativi di acqua e genera un cospicuo flusso di scarichi liquidi.

Per ulteriori dettagli sul processo e per le valutazioni sull'applicabilità al contesto torinese si rimanda al capitolo 6 della Relazione Tecnica.

3 BEDMINSTER

Il processo di compostaggio Bedminster, utilizzato sia per i rifiuti indifferenziati sia per i rifiuti residuali alla raccolta differenziata, fu sviluppato circa 30 anni fa da uno scienziato svedese, Eric Eweson, dal quale prende il nome il digestore rotativo di compostaggio (digestore Eweson).

A valle di un pretrattamento meccanico che prevede anche una fase di selezione manuale al fine di rimuovere dal rifiuto indifferenziato in ingresso materiali indesiderati e di dimensioni grossolane, il processo Bedminster prevede un rapido stadio di degradazione aerobica della durata di tre giorni in un reattore rotativo simile ad un forno da cemento a temperature di 65-71 °C (configurazione A Fig. 3). Il rifiuto viene miscelato con fanghi di depurazione per accelerare il processo di compostaggio e aumentare il livello di nutrienti. Il materiale in uscita dal reattore rotativo è inviato ad un separatore elettromagnetico, ad un separatore a correnti indotte e quindi ad un vaglio; il sottovaglio è inviato a maturazione e successivamente a raffinazione (vagliatura a 10 mm).

La compagnia ha anche sviluppato un processo per la produzione di un combustibile solido (bio-combustibile o bio-fuel); questa configurazione (configurazione B Fig. 3), operativa in un sito in Giappone, non prevede l'aggiunta di fanghi nel reattore di compostaggio; il prodotto in uscita è sottoposto a vari stadi di separazione, a seconda della qualità del combustibile richiesta e non viene mandato a maturazione.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo del 15,2% circa del materiale in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione solo dei residui) ad un massimo del 61,2 % circa (in caso di collocazione in discarica dei residui e del biostabilizzato).

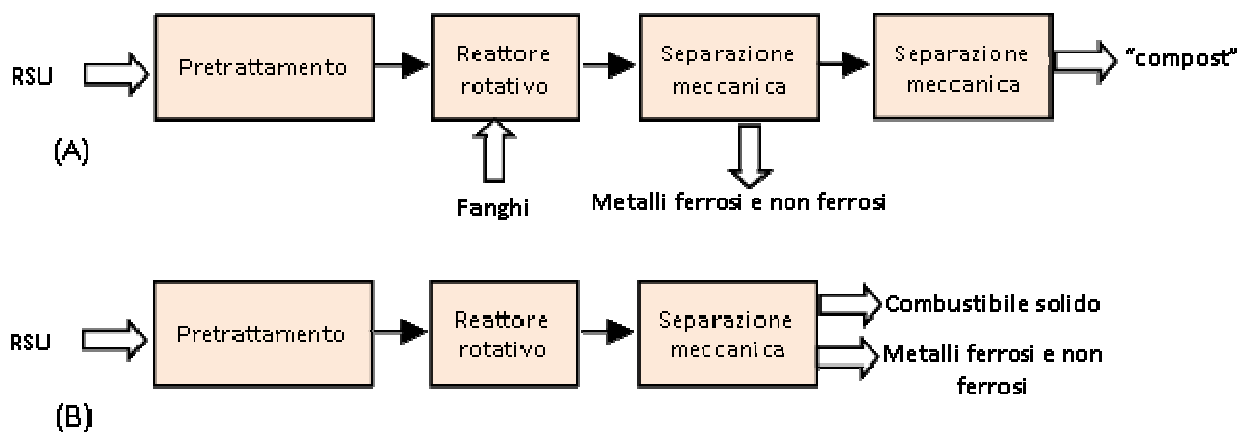


Fig. 3 – Schema dei processi Bedminster

La tecnologia Bedminster è operativa su base commerciale in numerosi stati (Tab. 3) con taglie che vanno da qualche migliaia di t/anno fino a 200.000 t/anno di rifiuti trattati (impianto di Edmonton in Canada). Tutti gli impianti (ad eccezione dell'impianto Saitama in Giappone) realizzano un co-compostaggio dei rifiuti con i fanghi di depurazione.



Fig. 4 - Impianto Bedminster, Cairns, Australia [5]

Tab. 3 – Impianti di trattamento meccanico biologico Bedminster in esercizio [5]

Località	Potenzialità [t/anno]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Pinetop, AR (USA)	40.000	RSU+ fanghi	1991
Sevierville, TN (USA)	150.000	RSU+ fanghi	1992
Cobb County, GA (USA)	166.000	RSU+ fanghi	1997
Sumter County, FL (USA)	42.000	RSU+ fanghi	1999
Marlboro, MA (USA)	100.000	RSU+ fanghi	1999
Nantucket, MA (USA)	40.000	RSU+ fanghi	1999
Edmonton (Canada)	365.000	RSU+ fanghi	2000
Saitama (Giappone)	20.000	RSU	2001
Port Stephens (Australia)	50.000	RSU+ fanghi	1999
Cairns (Australia)	133.000	RSU+ fanghi	2002
Perth (Australia)	150.000	RSU+ fanghi	2003

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- il processo è pienamente commerciale;
- la degradazione dei rifiuti avviene rapidamente

Tra gli svantaggi:

- il processo è operativo solo nella modalità co-compostaggio con fanghi di depurazione;
- gli impianti di riferimento presentano bassi livelli di materiali riciclabili;
- permangono incertezze sulla commercializzazione del compost.

4 BIODEGMA

Il processo di trattamento meccanico biologico Biodegma, sviluppato dalla compagnia Biodegma, attiva in Germania dagli inizi del 1990, si basa, per ciò che concerne lo step biologico, sulla tecnica del compostaggio.

I reattori di compostaggio sono realizzati in acciaio con un tetto costituito da una membrana semipermeabile in grado di impedire l'ingresso dell'acqua e al tempo stesso permettere la fuoriuscita di finissime particelle di vapor acqueo. La membrana consente, inoltre, di diminuire la fuoriuscita di odori e bio-aerosols (Biowaste Composting "New developments and solutions for the reduction of odour emissions", HLUg).

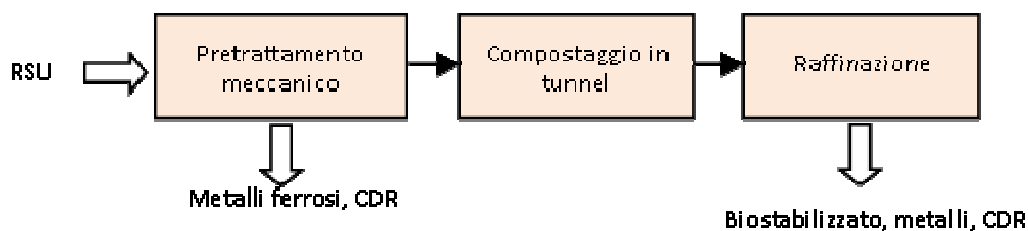


Fig. 5 – Schema del processo Biodegma

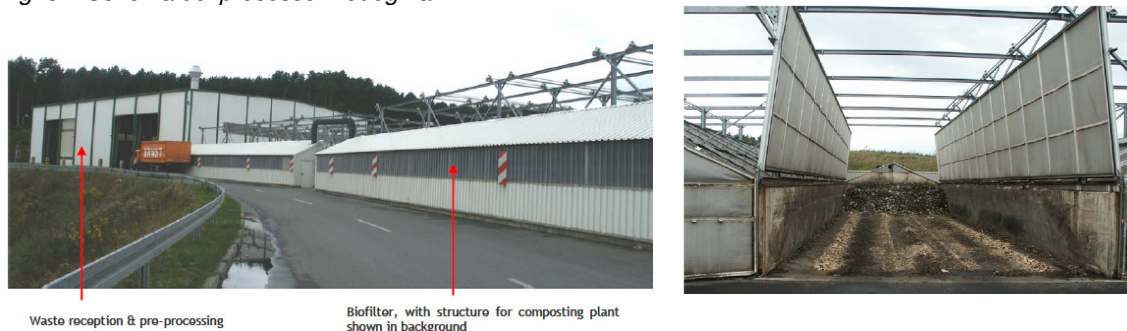


Fig. 6- Impianto biodegma a Pößneck, Germania [1]

Nel processo Biodegma la frazione fine del rifiuto in ingresso separata attraverso un trommel (dimensione inferiore a 80 mm) è miscelata con acqua e alimentata ad un tunnel di compostaggio dove permane 4 – 5 settimane. Il biostabilizzato in uscita dall'impianto di compostaggio di Pößneck, non rispettando gli standard di stabilità tedeschi, è inviato in discarica .

L'impianto TMB può essere configurato in maniera tale che lo scopo principale sia la produzione di un combustibile derivato da rifiuto (impianto di Neumünster): vengono recuperati i metalli e rimossi alcuni contaminanti dalla frazione biostabilizzata da utilizzare come CDR.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo del 15% circa del materiale in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione in discarica degli inerti e degli scarti) ad un massimo del 27% circa, ipotizzando di smaltire in discarica anche il biostabilizzato.

Il processo di trattamento meccanico biologico Biodegma è oggi operativo in tre impianti in Germania (Tab. 4) che trattano rifiuti urbani residuali alla raccolta differenziata.

Tab. 4 – Impianti di trattamento meccanico biologico che utilizzano la tecnologia Biodegma [6]

Località	Potenzialità [t/anno]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Biberach (Germania)	37.000	RSU	1997
Pößneck (Germania)	85.000	RSU	1999
Neumünster (Germania)	200.000	RSU	2005

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- il processo è pienamente commerciale;
- le unità di compostaggio sono relativamente semplici e possono essere implementate senza maggiori opere civili;
- il processo è caratterizzato da una certa flessibilità di configurazione per cui è adattabile a richieste differenti.

Tra gli svantaggi:

- il processo è operativo solo nella modalità co-compostaggio con fanghi di depurazione;
- gli impianti di riferimento presentano bassi livelli di materiali riciclabili;
- permangono incertezze sulla commercializzazione del compost.

5 BTA

La Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co (BTA), società tedesca nata nel 1984, promuove una tecnologia di digestione anaerobica a umido utilizzata per il trattamento biologico di varie tipologie di rifiuti in impianti di trattamento meccanico biologico.

Licenziatario esclusivo della tecnologia in Italia è la Società Biotec Sistemi S.r.l. con sede legale a Serra Riccò (GE).

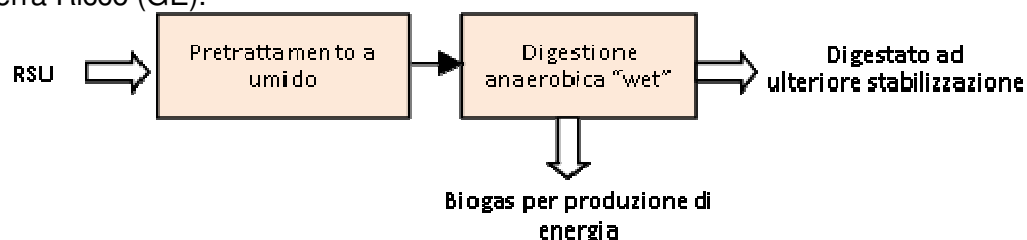


Fig. 7 – Schema del processo BTA

Il processo è costituito essenzialmente da due fasi:

- il pre-trattamento a umido: ha lo scopo di separare la sostanza organica digeribile da quella non degradabile biologicamente. I rifiuti sono alimentati nel *BTA® Waste Pulper* dove vengono miscelati con acqua per ottenere una sospensione organica omogenea con un tenore di solidi intorno al 10%. I materiali inquinanti (plastica, tessili, inerti e metalli) sono eliminati tramite uno

scarico posto sul fondo del pulper e tramite un rastrello che rimuove la frazione leggera. Per liberare la sospensione così ottenuta anche dagli inerti fini la si invia al *BTA Grit Removal System*, una particolare stazione di ciclonatura.

- la digestione anaerobica: la BTA fornisce processi con tecnologia di digestione anaerobica a umido a singolo o doppio stadio.

I principali prodotti del processo BTA sono il biogas, che è generalmente utilizzato nei motori a gas per la produzione di energia elettrica, ed un digestato che viene successivamente biostabilizzato mediante compostaggio.



Fig. 8 – Impianto BTA a Villacidro (CA), Italia [8]

La tecnologia ha impianti di riferimento nel Nord America ed in Europa, di cui due in Italia, uno a Villacidro (Cagliari) e l'altro a Ca' del Bue (Verona), attualmente non operativo.

Tab. 5 – Impianti basati su tecnologia BTA in esercizio [7]

Località	Potenzialità [t/anno]	Tipologia rifiuto	Descrizione processo	Inizio attività
Kaufbeuren, Germania	2.500	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	Feb. 1992
Baden-Baden Germania	5.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA integrato con compostaggio preesistente	Apr. 1993
Dietrichsdorf, Germania	18.000	Rifiuti organici, da macelli, mense, ecc.	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	Ag. 1995
Schwabach, Germania	12.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	Ag. 1996
Karlsruhe, Germania	8.000	Rifiuti organici	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	Sett. 1996
Münster, Germania	20.000	Rifiuti organici, da macelli, mense, ecc.	Pretrattamento a umido BTA	1997
Monaco, Germania	20.000	Rifiuti organici	Impianto BTA bifasico	Apr. 1997
Erkheim, Germania	11.500	Rifiuti organici urbani e industriali	Impianto BTA monofasico	Nov.1997
Wels, Austria	15.000	Rifiuti organici	Pretrattamento a umido BTA	1997
Wadern-Lockweiler, Germania	20.000	Rifiuti organici urbani e industriali	Impianto BTA monofasico	Gen. 1998
Newmarket, Canada	150.000	RSU, RSA, fanghi	Impianto BTA monofasico	Lug. 2000
Mertingen, Germania	12.000	Rifiuti agricoli e organici	Pretrattamento a umido BTA	2001
Pulawy, Polonia	22.000	RSU	Pretrattamento a umido BTA	Mar.2001
Villacidro (CA), Italia	55.000	RSU, FORSU	Impianto BTA bifasico	2002
Kushima City, Giappone	1.000	Rifiuti commerciali	Pretrattamento a umido BTA	Mar.2001
Ieper, Belgio	50.000	Rifiuti organici	Impianto BTA monofasico+ compostaggio	2003

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- il processo consente di produrre energia;
- la configurazione processistica è flessibile e consente di ottimizzare il rendimento energetico.

Tra gli svantaggi:

- il processo di pre-trattamento dei rifiuti risulta complesso;
- il processo richiede grossi quantitativi di acqua;
- l'esperienza degli impianti italiani non è risultata positiva.

Per ulteriori dettagli sul processo e per le valutazioni sull'applicabilità al contesto torinese si rimanda al capitolo 6 della Relazione Tecnica.

6 CIVIC

Civic Environmental System (CES), ha sviluppato un impianto di trattamento meccanico biologico che utilizza un processo di compostaggio in bioreattore, un sistema semi-continuo operante a 60-65 °C, attualmente in esercizio in un impianto dimostrativo alimentato mediante rifiuti indifferenziati a Thornley in County Durham, Gran Bretagna. La massima capacità del processo, al momento della partenza, nel 2002, era di 8.000 t/anno; in seguito il processo è stato ottimizzato riducendo il tempo di compostaggio ed aumentando il quantitativo di rifiuti trattati fino a 15.000- 22.000 t/anno. Il processo si compone di due fasi principali, la prima comprende la preparazione del rifiuto ed il compostaggio e la seconda il trattamento meccanico di separazione.

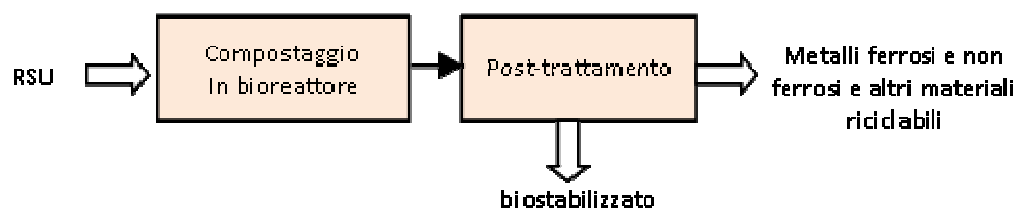


Fig. 9 – Schema del processo CIVIC

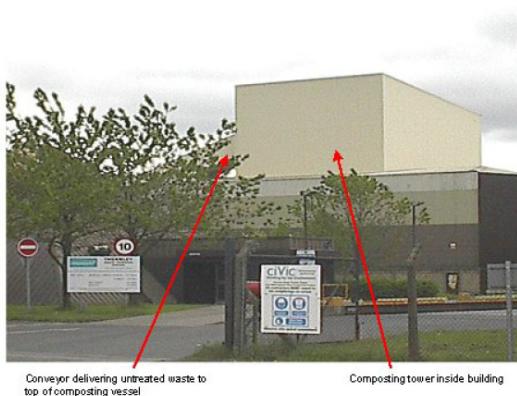


Fig. 10 – Impianto Civic a Thornley, Gran Bretagna [1]

L'alimentazione in ingresso all'impianto è costituita da rifiuti indifferenziati. Un tritatore rotante ne riduce le dimensioni fino a circa 60 mm; i rifiuti sono quindi inviati su un nastro trasportatore fino in testa della torre di compostaggio con funzionamento batch. L'umidità contenuta nel rifiuto in ingresso alla torre è monitorata e, se necessario, il rifiuto viene ulteriormente inumidito con dell'acqua di processo ricircolata, il rifiuto è periodicamente rimescolato e, se necessario, introdotta dell'aria per mantenere la temperatura all'interno del range desiderato.

La torre di compostaggio è costituita da tre comparti: il rifiuto rimane nel comparto superiore per tre giorni ed è trasferito al comparto sottostante mediante l'apertura automatica di una porta posta alla base del comparto; nel comparto centrale è trattenuto per altri tre giorni e inviato quindi al terzo comparto dove permane per altri tre giorni. Il rifiuto trattato è quindi trasferito dal fondo della torre di compostaggio allo stadio di separazione meccanica del processo: separatore elettromagnetico per la rimozione dei metalli ferrosi, separatore a correnti indotte per la separazione dei metalli non ferrosi e trommel con separatore densimetrico ad aria per la separazione delle plastiche pesanti, leggere, del vetro.

Il principale prodotto in uscita dal processo è costituito da un materiale biostabilizzato utilizzato per la ricopertura di discariche: il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo del 31% circa rispetto al materiale in ingresso all'impianto nel caso di collocazione solo dei residui (plastiche, tessili, gomme, etc) e del vetro, ad un massimo del 66 % circa in caso di collocazione in discarica dei residui, del vetro e del biostabilizzato).

Tra gli svantaggi [1]:

- l'insufficienza di dati relativi al grado di biostabilizzazione del materiale organico;
- il bilancio energetico netto negativo.

7 ECODECO

Ecodeco, società italiana attiva nel settore della gestione di discariche, dello stoccaggio e del trattamento meccanico biologico dei rifiuti, ha sviluppato e costruito impianti di trattamento meccanico biologico utilizzando la bioessiccazione aerobica per trattare i rifiuti solidi urbani. Il processo elimina l'umidità dai rifiuti utilizzando la loro attività biologica.

Negli anni novanta Ecodeco ha sviluppato il *Processo Biocubi* che consiste nella bioessiccazione della frazione residua dei rifiuti urbani dopo la raccolta differenziata al fine di ottenere un rifiuto secco a maggior contenuto energetico che può essere utilizzato tal quale o successivamente raffinato attraverso un sistema a complessità variabile (vagliatura, separazione aeraulica, deferrizzazione, triturazione secondaria) in funzione delle esigenze dell'utente finale.

Il CDR prodotto è attualmente utilizzato in Italia come co-combustibile nei cementifici e come combustibile nelle caldaie a letto fluido.

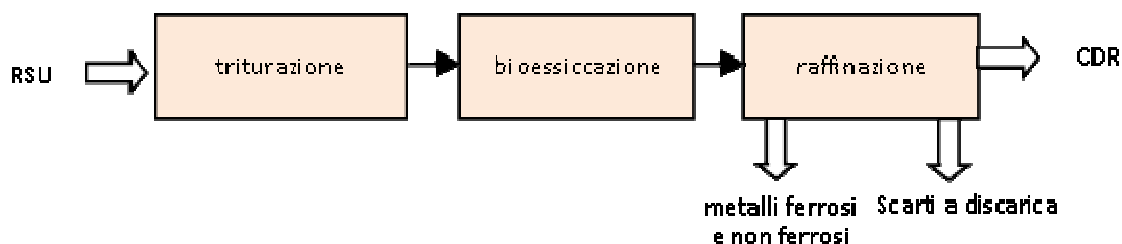


Fig. 11 – Schema del processo ECODECO.



Fig. 12 – A sinistra l'impianto di Cedrasco (SO), a destra l'impianto di Villafalletto (CN) [9]



Ecodeco conta 12 impianti operativi in Europa, la maggior parte dei quali in Italia (Tab. 6). Gli impianti Ecodeco presentano una configurazione impiantistica relativamente semplice e costruzioni molto simili tra di loro (Fig. 12).

Tab. 6 – Impianti Ecodeco in esercizio [9]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Giussago (Pavia, Italia)	80.000	RSU e RSA	1996
Corteolona (Pavia, Italia)	160.000	RSU e RSA	1996
Montanaso Lombardo (Lodi, Italia)	75.000	RSU e RSA	2000
Lacchiarella (Milano, Italia)	115.000	RSU e FORSU	2002
Cavaglià (Biella, Italia)	125.000	RSU, RSA e FORSU	2003
Villafalletto (Cuneo, Italia)	80.000	RSU e RSA	2004
Frog Island (Londra, Gran Bretagna)	180.000	RSU	2006
Jenkins Lane (Londra, Gran Bretagna)	180.000	RSU	2007
Dumfries & Galloway (Gran Bretagna)	65.000	RSU	2006
Castellon (Spagna)	103.000	RSU e FORSU	2008
Cedrasco (Italia)	44.000	RSU	2010
Heraklion (Grecia)	75.000	RSU	2010

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- esistono un gran numero di impianti operativi su scala commerciale;
- il sistema è relativamente semplice.

Tra gli svantaggi:

- incertezze relative alla capacità di assorbimento del CDR da parte di impianti adeguati;
- cospicuo ricorso alla discarica (43% del rifiuto in ingresso).

Per ulteriori approfondimenti e per le valutazioni sull'applicabilità del processo al contesto torinese si rimanda al capitolo 6 della Relazione Tecnica.

8 GRONTMIJ

La Grontmij ha sviluppato il processo di trattamento meccanico biologico Vagron che utilizza la digestione anaerobica ad umido della frazione organica dei rifiuti solidi urbani consentendo nel contempo il recupero di vari materiali riciclabili e la produzione di CDR.

Il processo, che risulta piuttosto complesso, si compone di tre parti:

- un pre-trattamento meccanico: il rifiuto residuo dalla raccolta differenziata è inviato a due vagli a tamburo in serie (dimensione dei fori pari a 180 mm per il primo, 50 mm per il secondo). Il sopravaglio di entrambi i vagli è inviato in un classificatore ad aria per rimuovere le plastiche leggere e la carta e quindi ad un separatore a correnti indotte ed elettromagnetico per il recupero dei metalli. Si ottiene così un CDR con PCI di circa 12 – 14 MJ/kg. Il flusso costituito dalle plastiche leggere e dalla carta raccolta viene anch'esso utilizzato come combustibile secondario nei cementifici in Germania e negli impianti di teleriscaldamento in Scandinavia.
- la preparazione del rifiuto alla digestione anaerobica: il sottovaglio in uscita dal secondo vaglio a tamburo viene inviato ad un separatore elettromagnetico e a correnti indotte; il materiale rimanente viene lavato in un separatore di inerti: i materiali leggeri sono trascinati dall'acqua che esce dalla parte superiore e viene pompata in un separatore a tamburo ad umido che asporta la sabbia fine e il vetro dal materiale biodegradabile. Tale materiale è triturato e ulteriormente vagliato per rimuovere le particelle grossolane, come ad esempio le plastiche dure, che vengono addizionate al flusso di CDR; la frazione organica, con un contenuto in solido secco di circa il 30–

40%, è miscelata con l'acqua riciclata proveniente dalla fase di disidratazione del digestato, riscaldato a circa 80°C e pompata al digestore. I materiali fini che passano attraverso il setaccio a tamburo sono successivamente separati in un idrociclone che permette di separare la sabbia e recuperare l'organico fine. I liquidi rimanenti sono inviati ad un impianto di trattamento delle acque reflue on-site dal quale parte dell'acqua è riciclata al processo.

- la fase di digestione anaerobica che interessa la solo la frazione organica umida e avviene in digestori miscelati meccanicamente.

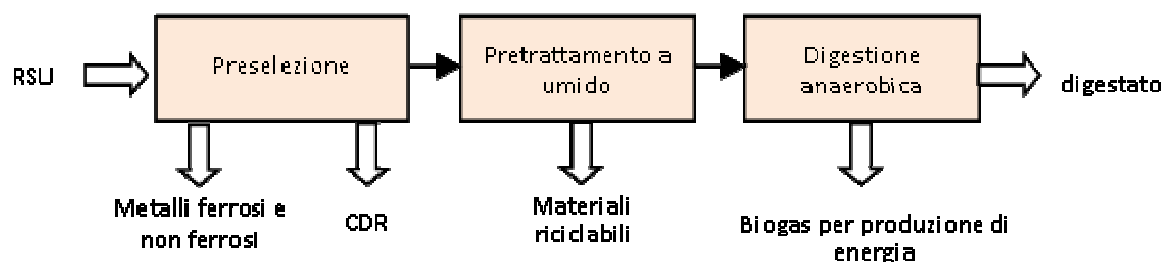


Fig. 13 - Schema del processo Grontmij

Il digestato viene utilizzato come copertura per le discariche. Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo del 12 % circa del materiale in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione solo del flusso di inerti e della sabbia) ad un massimo del 37% (in caso di collocazione in discarica degli inerti, della sabbia, del digestato, del flusso costituito da plastiche leggere e carta).

Il processo Grontmij è applicato in due impianti in Olanda: Groningen e Heerenveen (Tab. 7). L'impianto di Groningen iniziò ad operare nel 1987 ma fino al 1996 i rifiuti venivano solo separati meccanicamente, nel 1999 fu realizzata l'integrazione di questa struttura in una tecnologia di TMB.



Fig. 14 - Impianto Grontmij a Groningen, Olanda

Tab. 7 – Impianti di trattamento meccanico biologico che utilizzano la tecnologia Grontmij [Juniper]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Groningen (Olanda)	230.000	RSU	1999
Heerenveen (Olanda)	220.000	RSU	2002

Alcuni vantaggi della tecnologia:

- operatività su scala relativamente grande;
- produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo del biogas

Tra gli svantaggi:

- consumo elevato di acqua;
- complessità del sistema.

9 HERHOF

La tecnologia Herhof – Ladurner è stata sviluppata da Herhof GmbH, azienda tedesca attiva nel settore della gestione dei rifiuti dal 1986, e commercializzata in Italia dalla Ladurner Srl.

Il processo di TMB basato sulla tecnologia Herhof, prevede tre fasi (impianto di Dresda):

- pretrattamento del rifiuto: il rifiuto prelevato dalla fossa attraverso un ragno viene tritato fino a dimensioni inferiori a 200 mm, vengono separati i metalli ferrosi ed il materiale è trasferito in una seconda fossa e da qui, attraverso un altro ragno, ad un bioessiccatore;
- bioessiccazione: il rifiuto permane per sette giorni in condizioni aerobiche; il flusso di aria viene introdotto attraverso dei fori ubicati nel pavimento ed è regolato in funzione del quantitativo di anidride carbonica e della temperatura misurata; la maggior parte dell'aria è riciclata finché il livello di anidride carbonica raggiunge un certo valore;
- produzione del CDR: il materiale bioessiccato viene raffinato attraverso due stadi di separazione densimetrica e demetallizzato.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica è pari a circa il 15 % circa del materiale in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione solo del flusso di inerti).

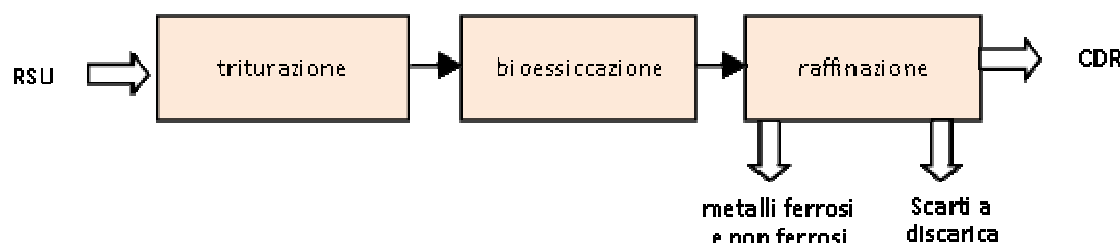


Fig. 15 - Schema del processo Herhof



Fig. 16 –Impianto di Osnabrück (Germania) [10]

Si riporta di seguito l'elenco degli impianti di trattamento meccanico-biologico Herhof – Ladurner.

Tab. 8 – Impianti di trattamento meccanico biologico basati su tecnologia Herhof - Ladurner ([1], [10], [11])

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Aßlar (Giessen, Germania)	120.000	RSU	1997
Rennerod (Germania)	85.000	RSU, RSA	2000
Fusina, Venezia (Italia)	250.000	RSU e FORSU	2001
Dresda (Germania)	85.000	RSU	2001
Geel (Belgio)	180.000	RSU	2004
Osthessen (Fulda, Germania)	220.000	RSU	2005/2006
Osnabrück (Germania)	90.000	RSU	2006
Oberes Elbtal (Germania)	100.000	RSU	2006
Niederlehme (Berlin, Germany)	150.000 RSU	RSU	2006
Mersterdorf (Trier, Germania)	180.000	RSU	2007

Larnaka (Cipro)	196.000	RSU (160.000), verde (16.000), imballaggi (20.000)	2009
Atene (Grecia)	40.000	RSA e rifiuti industriali	2009

La tecnologia presenta il vantaggio di aver trovato applicazione in numerosi impianti operativi su scala commerciale

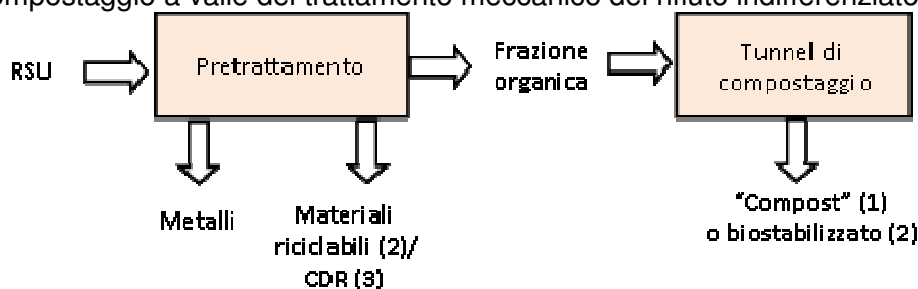
Tra gli svantaggi:

- la non completa stabilizzazione del bioessiccato che potrebbe essere causa di rilasci/emissioni nel caso in cui il CDR fosse stoccato o inviato in discarica;
- l'incertezza del mercato del CDR.

10 HORSTMANN

La Horstmann fornisce impianti per il trattamento meccanico biologico dei rifiuti solidi urbani e componenti meccaniche e biologiche per varie tipologie di processi TMB. I primi impianti costruiti utilizzano ancora la tecnica del compostaggio in cumuli, tuttavia la società ha sviluppato e fornito ad alcuni impianti la sezione di digestione anaerobica ad umido.

Ha inoltre costruito varie tipologie di impianti TMB in Europa che utilizzano il processo del tunnel di compostaggio a valle del trattamento meccanico del rifiuto indifferenziato.



(1) Spagna

(2) Germania

(3) Regno Unito e Italia

Fig. 17 - Schema del processo Horstmann con tunnel di compostaggio.

I rifiuti solidi residuali alla raccolta differenziata, a valle di un'ispezione finalizzata alla rimozione di materiali grossolani, vengono tritati e vagliati a 200 mm. Il sopravaglio viene rimandato alla sezione di ricevimento per essere riprocessato mentre il sottovaglio passa in un trommel che divide il flusso in tre frazioni: una fine (dimensioni inferiori a 50 mm), una media (tra 50 e 120 mm) ed una grossolana (tra 120 e 200 mm).

La frazione fine passa in un separatore elettromagnetico e a correnti indotte ed è stoccata per essere alimentata all'impianto di digestione; la frazione media attraversa un separatore ad aria che separa una frazione leggera (da cui vengono recuperate attraverso un separatore ad infrarossi le plastiche e la carta) ed una pesante. La frazione leggera passa in un vicino separatore ad infrarossi al fine di recuperare le plastiche e la carta mentre la frazione rimanente di questo flusso viene inviata in discarica. Dalla frazione pesante vengono recuperati i metalli e le plastiche mentre il resto è inviato in discarica. La frazione grossolana viene anch'essa vagliata per recuperare plastiche e carta mentre il flusso restante viene inviato in discarica.

La frazione fine derivante dallo stadio di pre-trattamento è inviata al compostaggio per 4-7 settimane. Durante questo periodo il rifiuto è rivoltato due volte per accelerare il processo di degradazione e raggiunge una temperatura massima di circa 70 °C. Il prodotto biostabilizzato in uscita dal tunnel viene raffinato per rimuovere contaminanti quali vetro, pietre e particelle grossolane e viene poi stoccato in attesa di utilizzo.

I dati, sia pure incompleti, relativi all'impianto di Valladolid, evidenziano una necessità di discarica pari al 20% senza conteggiare il compost (10-20%) il cui destino non è noto [1].



Fig. 18 - Impianto Horstmann a Valladolid, Spagna [1].

La Tab. 9 riporta l'elenco degli impianti che utilizzano la tecnologia Horstmann per trattare i rifiuti urbani; Horstmann conta inoltre diversi impianti di compostaggio che operano su FORSU.

Tab. 9 – Elenco degli impianti che trattano rifiuti urbani basati su tecnologia Horstmann ([1], [2])

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Minden (Germania)	100.000	RSU	1998
Oldenburg (Germania)	80.000	RSU	1998
Neuss (Germania)	55.000	RSU	2000
Madrid (Spagna)	480.000	RSU	2001
Valladolid (Spagna)	210.000	RSU	2001
Munster (Germania)	70.000	RSU	2002
Neath Port Talbot (Regno Unito)	54000	RSU	2002
Osterholz (Germania)	60.000	RSU	2004
Léon (Spagna)	217.000	RSU	2004
Frohnleiten (Austria)	65.000	RSU	2004
Ennigerloh (Germania)	160.000	RSU	2004
Rosenow (Germania)	125.000	RSU, RSA, RI	2005
Pohlsche Heide (Germania)	80.000	RSU	2005
Vorketzin (Germania)	190.000	RSU, RSA, RI	2005
Rostock (Germania)	80.000	RSU, RSA, RI	2005
Kahlenberg (Germania)	100.000	RSU	2005
Rhein Erbkreis (Germania)	57.000	RSU	2005

La tecnologia presenta i seguenti vantaggi:

- il processo è pienamente commerciale sui rifiuti solidi urbani;
- la compagnia è stata riconosciuta come leader del mercato europeo in grado di fornire soluzioni complete (interi impianti) e parziali (parti di impianti).

Tra gli svantaggi:

- la complessità della configurazione impiantistica che si traduce con un alto costo economico;
- il consumo di energia;
- l'incertezza del mercato del CDR.



11 KOMPTECH

La Komptech GmbH, fondata nel 1999, è principalmente un costruttore di macchine di processo (tritutori, miscelatori, separatori e macchinari per il rivoltamento dei cumuli) che ha fornito sistemi di pretrattamento e di raffinazione del materiale biostabilizzato ad un gran numero di impianti di trattamento meccanico biologico sviluppati da altre società in Austria e Germania. La compagnia non ha una propria tecnologia per il trattamento biologico dei rifiuti ed utilizza le tecnologie di altre compagnie implementandole nei propri progetti.

Tab. 10 – Forniture della Komptech per alcuni impianti di trattamento meccanico biologico di rifiuti solidi urbani [1]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività	Fornitore unità biologica
Linz (Austria)	60.000	RSU	1997	Linde
Minden (Germania)	100.000	RSU	1998	Horstmann
Frohnleiten (Austria)	65.000	RSU	1998	Horstmann
Oldenburg (Germania)	80.000	RSU	2000	Horstmann

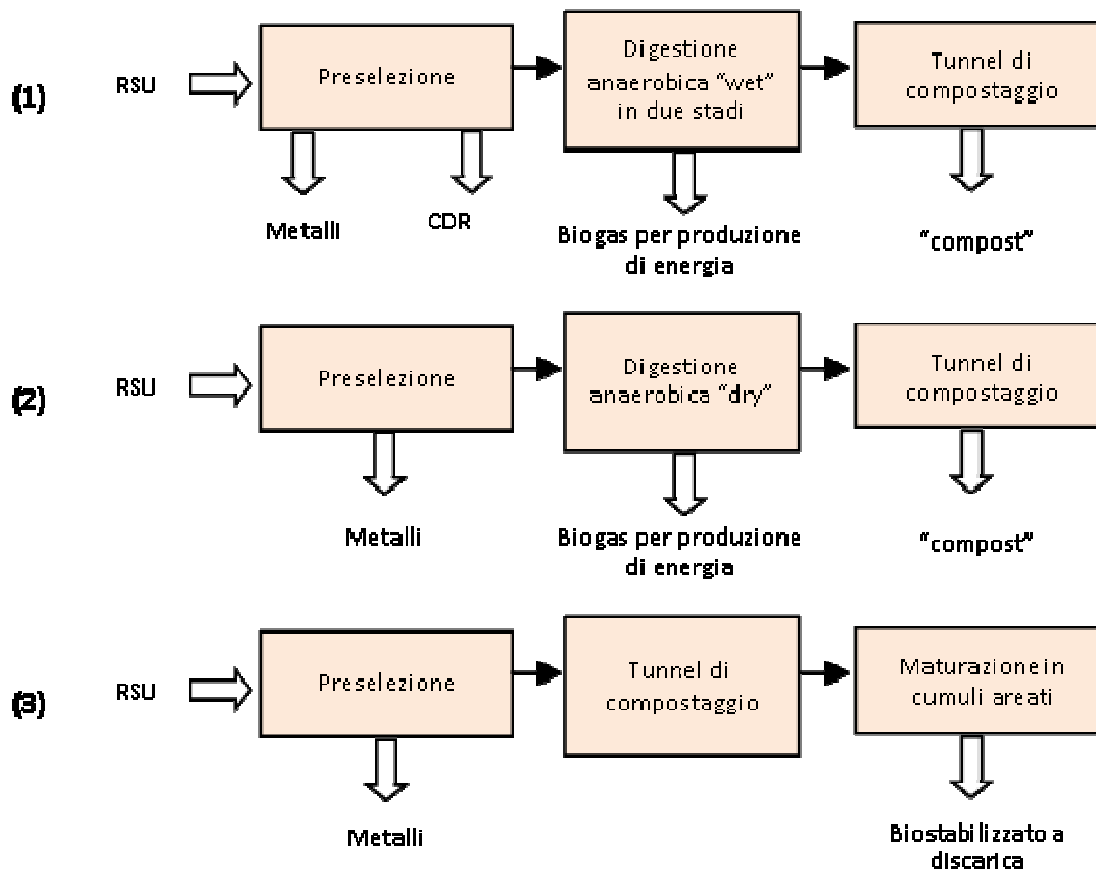
Tra i vantaggi si segnala il fatto che l'Azienda sia leader per la fornitura di attrezzatura necessaria alla realizzazione del processo meccanico.

Come svantaggio va segnalato il fatto che l'Azienda non fornisce un intero impianto di trattamento meccanico biologico ma solo la parte meccanica.

12 LINDE

Linde-KCA Dresden GmbH, fondata nel 1990, ha iniziato ad operare nel campo del TMB grazie all'acquisizione nel 1998 della Mechanical Biological Waste Systems dell'Austrian Energy con una lunga esperienza nel settore degli impianti di trattamento biologico delle acque di scarico e dei fanghi di depurazione. La società acquistò anche la BRV – Biowaste Technologies AG una compagnia svizzera specializzata nella digestione anaerobica a secco dei rifiuti.

Lo step di trattamento biologico prevede la digestione anaerobica (a secco o a umido) o il compostaggio (mediante tunnel o mediante cumuli aerati). La maggior parte degli impianti TMB forniti dalla Linde tra il 1980 e il 1990 utilizzano processi di separazione meccanica seguita da compostaggio in cumuli aerati; in seguito sono stati forniti impianti che operavano digestione anaerobica a umido o compostaggio in tunnel.



- (1) Barcellona Ecoparc1 (Spagna)
- (2) Valladolid (Spagna)
- (3) Linz (Austria)

Fig. 19 - Schemi dei processi Linde.

La Linde ha proposto sul mercato un gran numero di processi che utilizzano, relativamente allo step biologico, differenti tecnologie: digestione anaerobica a umido, digestione anaerobica a secco, tunnel di compostaggio e compostaggio in cumuli aerati. La tecnologia del compostaggio in cumuli aerati della frazione di rifiuto solido urbano separata meccanicamente non è più realizzata negli impianti Linde dal 1994. I processi proposti possono essere ottimizzati al fine di produrre energia elettrica dal biogas, CDR o materiali biostabilizzati.

Digestione anaerobica a umido

Il processo di digestione anaerobica ad umido (schema 1 Fig. 19) è progettato per trattare principalmente i rifiuti organici e i rifiuti pre-trattati meccanicamente, ovvero la frazione separata per vagliatura dei rifiuti indifferenziati (vi sono alcuni impianti di riferimento in Spagna).

Dopo aver rimosso la frazione grossolana dal flusso di rifiuti mediante un trommel ed aver recuperato i metalli, la frazione fine è sospesa in acqua, in modo da ottenere una percentuale di solidi totali del 10%, prima di essere idrolizzata e quindi digerita in due reattori separati (digestione anaerobica in due stadi in condizioni mesofile). Nello stadio di pulping è rimossa la maggior parte degli inerti pesanti e della sabbia.

Una parte del biogas prodotto è ricircolato nel digestore per favorire il rimescolamento. Il resto del biogas è depurato e inviato a motori endotermici. L'acqua calda che viene prodotta dal raffreddamento del motore a gas è utilizzata per riscaldare il contenuto del digestore.

Il digestato viene disidratato ed inviato all'impianto di compostaggio per la biostabilizzazione. Una parte dell'acqua derivante dalla disidratazione è ricircolata nello stadio di pre-trattamento del rifiuto e la rimanente viene inviata al trattamento.

Digestione anaerobica a secco

Per ciò che riguarda la digestione anaerobica a secco (schema 2 Fig. 19) si fa può far riferimento all'impianto a Valladolid, Spagna.

Il rifiuto viene idrolizzato (durata circa 2 giorni) utilizzando l'acqua recuperata dal digestato e inviato al digestore (reattore a flusso orizzontale) che opera in modalità termofila (circa 55°C) con tempi di permanenza dei solidi di circa 25 giorni. Il digestato disidratato meccanicamente è inviato a maturazione. Una parte del biogas prodotto è bruciato ed il calore generato è utilizzato per riscaldare il contenuto del digestore.

Tunnel di compostaggio

Il processo biologico basato sul tunnel di compostaggio (schema 3 Fig. 19) è stato implementato da solo o in combinazione con il processo di digestione anaerobica a umido: nel primo caso ha lo scopo di trattare la frazione grossolana del rifiuto urbano per ottenere un prodotto biostabilizzato da smaltire in discarica, nel secondo è utilizzato per la biostabilizzazione del digestato.

Il processo di compostaggio, generalmente, richiede 4 settimane per essere completato più altre 2 settimane di maturazione prima che il materiale sia pienamente bio-stabilizzato.

Il processo del compostaggio in tunnel è stata la soluzione più utilizzata negli ultimi anni per la produzione di biostabilizzato.

L'Azienda ha realizzato diversi impianti TMB in Germania, Francia, Lussemburgo e Spagna.

La Tab. 11 riporta l'elenco delle referenze Linde per il trattamento dei rifiuti urbani: si tratta di impianti per cui Linde ha fornito sia le unità meccaniche che quelle biologiche (Tab. 11) o impianti per cui ha fornito solo le biologiche (Tab. 12).

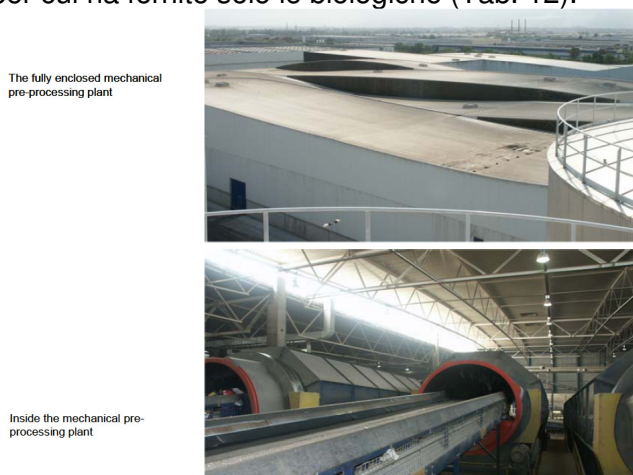


Fig. 20 - Impianto Linde di Barcellona Ecopark 1, Spagna [1].

Tab. 11 – Impianti TMB Linde in esercizio [2].

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Zell am See, Austria	30.000	RSU	1978
Allerheiligen, Austria	18.500	RSU	1979
Stromstad, Svezia	22.500	RSU	1980
Liezen, Austria	12.500	RSU	1981
Pontives, Italia	32.000	RSU	1982

Aspach le Haut, Francia	50.000	RSU	1985
Al Ain, Emirati Arabi	270.000	RSU	1986
Lomnice, Repubblica Ceca	30.000	RSU	1993
Linz, Austria	60.000	RSU	2002
Lorient, Francia	65.000	RSU/ingombranti	2005
Leipzig, Germania	300.000	RSU/ rifiuti industriali/ ingombranti	2005
Schoneiche (Berlino), Germania	180.000	RSU/RI	2005
Lille, Francia	200.000	RSU	2007
Erfurt, Germania	90.000	RSU/ rifiuti industriali / ingombranti	2006

Tab. 12 – Impianti per cui Linde ha fornito l'unità di trattamento biologico [2].

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Salzburg – Bergheim (Siggerwiesen), Austria	150.000	FORSU	1987
Oberpullendorf, Austria	36.500	-	1988
Bangkok, Thailandia	300.000	RSU	1993
Setubal, Portogallo	46.000	Rifiuti organici	1994
Gesher, Germania	85.000	RSU	2000
Barcellona, Spagna	50.000	RSU	2001

Il principale vantaggio che la tecnologia presenta è l'esistenza di un gran numero di impianti testati sia su frazioni selezionate sia sui rifiuti indifferenziati.

13 NEHLESEN

La Società Karl Nehlsen GmbH & Co. KG, ubicata in Brema, opera nel settore dello smaltimento dei rifiuti da oltre 75 anni. Propone un processo chiamato "Stabilizzazione Meccanico Biologica" (MBS); in effetti utilizza il calore prodotto dall'attività biologica che si sviluppa in condizioni aerobiche per eliminare l'umidità ed altri composti volatili al fine di produrre CDR, che viene utilizzato nei cementifici tedeschi sotto il marchio "Calobren". Il processo offerto dalla Nehlsen è molto simile a quello commercializzato dalla Herhof.



Fig. 21 - Schema del processo Nehlsen.

Il rifiuto urbano residuo alla raccolta differenziata, rimossi i materiali di grosse dimensioni, viene tritato (300 mm) e inviato al reattore di bioessiccazione aerobica dove permane per circa sette giorni ad una temperatura di 70 °C. I container sono aerati con una miscela di aria fresca e aria riciclata e depolverizzata proveniente dallo stadio di raffinazione. L'aria in uscita dalla bioessiccazione è aspirata e mandata al biofiltro per l'abbattimento degli odori.

Il materiale bioessiccato (pari a circa il 25-30 % in peso rispetto al rifiuto in ingresso) è inviato ad uno stadio di raffinazione dove, attraverso un trommel, vengono separate tre frazioni:

- una frazione fine (dimensioni inferiori a 40 mm): è inviata ad un separatore magnetico e a correnti indotte per il recupero rispettivamente dei metalli ferrosi e non ferrosi e quindi ad uno

stadio di rimozione del fine (dimensione inferiore a 10 mm). Il materiale rimanente viene miscelato con il CDR prodotto o inviato in discarica.

- una frazione media (dimensioni comprese tra 40 e 200 mm): è inviata ad un separatore ad aria per estrarre i materiali pesanti che sono inviati in discarica. I materiali leggeri sono granulati e combinati con la frazione di dimensione inferiore a 10 mm recuperata dal trommel avente dimensione di taglio inferiore a 40 mm. Il flusso combinato passa in un altro separatore ad aria e viene quindi pellettizzato. Il CDR prodotto presenta un contenuto di umidità inferiore al 20% ed un potere calorifico inferiore compreso nel range 12 – 17 MJ/kg.
- una frazione grossolana (dimensioni superiori a 200 mm) che è frantumata in maniera tale da ottenere un flusso di dimensioni comprese tra 40 e 200 mm.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica è pari a circa il 15% circa rispetto al materiale in ingresso all'impianto (considerando di dover smaltire solo il flusso di inerti).



Newer container design attached to the process Bio-drying container
Fig. 22 – Impianto di Rügen (Germania) [1]

La Tab. 13 riporta alcune informazioni relative agli impianti Nehlsen segnalati da Juniper [1].

Tab. 13 – Impianti di trattamento dei rifiuti solidi urbani basati su tecnologia Nehlsen

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Rügen (Germania)	20.000	RSU	1999
Lübben, Brandeburg (Germania)	28.000	RSU	2005
Stralsund, Mecklenburg-Vorpommern (Germania)	70.000	RSU	2005

Il sistema presenta i seguenti vantaggi:

- esistenza di impianti operativi che trattano rifiuti su scala commerciale;
- semplicità impiantistica;

Tra gli svantaggi:

- la non completa stabilizzazione del prodotto in uscita;
- la richiesta di energia per la bioessiccazione;
- l'incertezza del mercato del CDR.

14 OWS

Organic Waste System (OWS), nata nel 1988, è una delle compagnie più conosciute in Europa nel campo della fornitura di sistemi di digestione anaerobica. Il processo Dranco (digestione anaerobica a secco), sviluppato a partire dal 1983, rappresenta lo step biologico degli impianti di trattamento meccanico biologico commercializzati dalla OWS: si tratta di un processo di digestione anaerobica termofila cui in genere segue un step di compostaggio per stabilizzare il digestato.

La configurazione A, sotto riportata, ha per lo più lo scopo di produrre biogas da utilizzare in motori a gas, CDR e residuo biostabilizzato.

La configurazione B è finalizzata a massimizzare il riciclaggio.

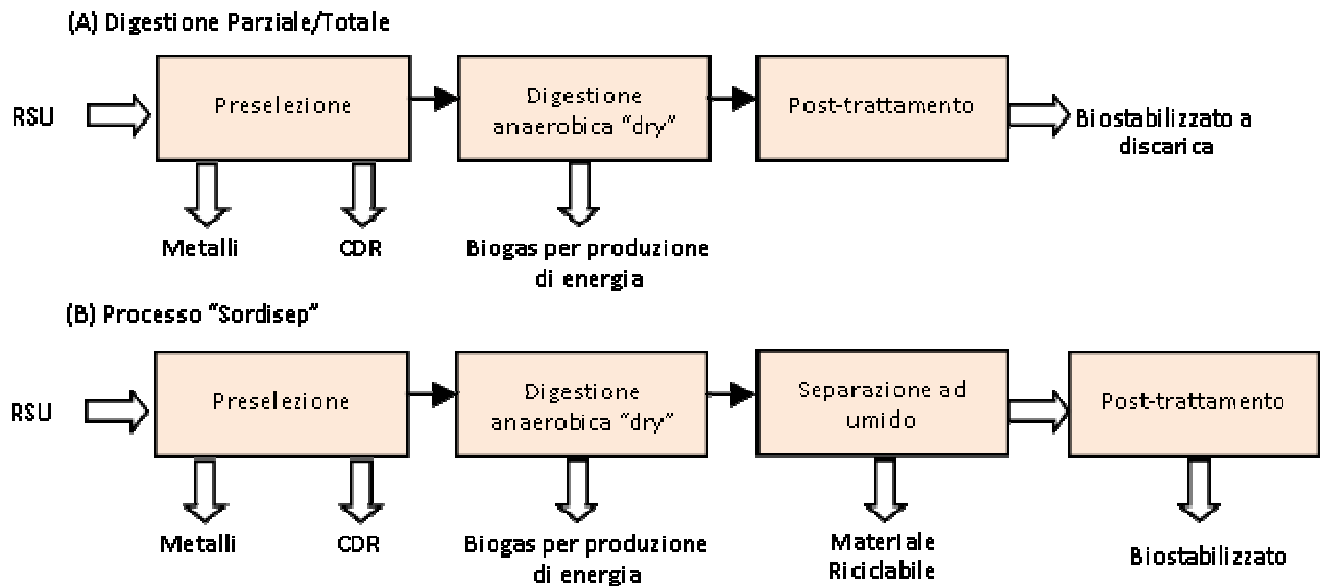


Fig. 23 - Schema del processo OWS.



Fig. 24 – A sinistra l'impianto OWS a Bassum (Germania), a destra l'impianto di Hille (Germania)[12]

OWS conta 6 impianti operativi tra Germania, Spagna e recentemente anche Francia con capacità comprese tra 25.000 e 180.000 t/anno che trattano rifiuti urbani e diversi impianti in tutto il mondo che trattano rifiuti organici (Tab. 14).

Tab. 14 - Elenco degli impianti con tecnologia OWS esistenti a livello mondiale [12]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Brecht I (Belgio)	20.000	Rifiuti organici	1992
Bergheim-Siggerwiesen (Austria)	20.000	Rifiuti organici	1993
Bassum (Germania)	105.000	RSU	1997
Aarberg (Svizzera)	11.000	Rifiuti organici	1998
Villeneuve (Svizzera)	10.000	Rifiuti organici	1999
Kaiserslauten (Germania)	25.000	RSU	1999
Brecht II (Belgio)	50.000	Rifiuti organici	2000
Roma (Italia)	40.000	Rifiuti organici	2003
Leonberg (Germania)	30.000	Rifiuti organici	2004
Münster (Germania)	80.000	RSU	2005
Hille (Germania)	100.000	RSU	2005
Pusan (Corea)	70.000	Rifiuti organici	2005
Vitoria (Spagna)	120.000	RSU	2006

Terrassa (Spagna)	25.000	Rifiuti organici	2006
Hotaka (Giappone)	3.000	Rifiuti organici	2007-2008
Tenneville (Belgio)	39.000	Rifiuti organici	2008
Alicante (Spagna)	180.000	RSU	2008
Kempeten (Germania)	18.000	Rifiuti organici	2008
Seoul	30.000	Rifiuti organici	2009
Bourg-en-Bress (Francia)	105.000	RSU + rifiuti organici	2010

La tecnologia presenta i seguenti vantaggi:

- esistenza di impianti operativi su scala commerciale e di varie configurazioni testate che possono essere adattate alle diverse richieste del mercato;
- produzione di energia grazie all'utilizzo del biogas prodotto;

Tra gli svantaggi va segnalata l'incertezza sull'impiego del digestato.

Per ulteriori dettagli sul processo e per le valutazioni sull'applicabilità al contesto torinese si rimanda al capitolo 6 della Relazione Tecnica.

15 ROS ROCA

La compagnia spagnola Ros Roca Internacional fu fondata nel 1998 per sviluppare e commercializzare impianti per il trattamento meccanico biologico ma la Ros Roca Group, cui la società fa capo, esiste da più di 50 anni. I processi biologici forniti dalla Ros Roca sono:

- la digestione anaerobica ad umido;
- la tecnologia del tunnel di compostaggio.

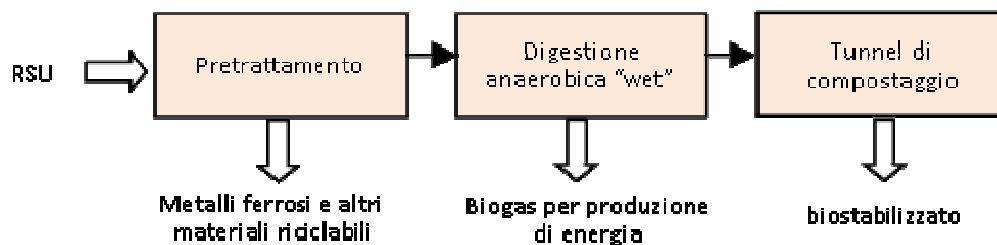


Fig. 25 - Schema del processo Ros Roca.

Digestione anaerobica

Il processo di digestione anaerobica fornito da Ros Roca è effettuato in un singolo step in condizioni mesofile su un rifiuto urbano pretrattato, ossia sottoposto a vagliatura (taglio pari a 80 mm), a deferrizzazione e a miscelazione con acqua in un turbodissolvente chiamato Pulper al fine di portare la sostanza organica al 93% di umidità. Il pulper è un contenitore cilindrico in cui è installato un agitatore che sminuzza la sostanza organica. Il fango è inviato al digestore dove permane mediamente 2 – 3 settimane; nel digestore viene rimescolato mediante del biogas compresso mantenuto e ad una temperatura di circa 37 °C attraverso uno scambiatore di calore esterno. Il biogas prodotto è utilizzato nei motori a gas per generare energia elettrica.



Gas buffer

Flare

Gas engine sets

Fig. 26 - Digestori dell'impianto Ros Roca di Avila (Spagna) [1].

Nell'impianto ubicato ad Avila (Fig. 26) il sottovaglio viene inviato alla digestione anaerobica previa miscelazione con l'acqua di processo per ottenere un fango con un contenuto in solidi totali del 10–12% che è sottoposto ad uno stadio di vagliatura ad umido per rimuovere le plastiche leggere e ad uno stadio di sedimentazione aerata che rimuove gli inerti e i materiali pesanti. Il materiale restante, ricco di sostanze biodegradabili, è processato nell'impianto di digestione anaerobica.

Il digestato è disidratato utilizzando due centrifughe poste in serie ed è quindi inviato al tunnel di compostaggio per la biostabilizzazione. L'output derivante dal tunnel di compostaggio viene utilizzato come ammendante o come materiale per la ricopertura delle discariche. L'acqua recuperata dalle centrifughe è utilizzata come acqua di processo nel turbo-miscelatore.

Negli impianti dove il rifiuto in ingresso presenta un elevato contenuto di umidità il processo produce un flusso liquido rilevante, che dovrà essere inviato al trattamento.

Sistema del tunnel di compostaggio

La Ros Roca fornisce anche tunnel di compostaggio per il trattamento del digestato in uscita dal sistema di digestione anaerobica (es. nell'impianto EcoParc 2 a Barcellona).

Il rifiuto è generalmente mantenuto nel tunnel (costruito con volume standard di 625 m³) per circa 2 settimane in condizioni aerobiche e ad una temperatura di 40 – 55 °C. Il processo di maturazione del compost dura altre 6 – 8 settimane.

In Tab. 15 si riporta l'elenco degli impianti di riferimento Ros Roca che impiegano la tecnologia della digestione anaerobica ad umido e/o una delle tecniche di compostaggio (in tunnel di compostaggio, in tamburo, in canale di compostaggio).

Tab. 15 – Impianti di riferimento Ros Roca [13]

Località	Potenzialità [t/a]	Inizio attività	Tipologia rifiuto
Digestione anaerobica			
Avila (Spagna)	36.000	2003	RSU
Palma de Majorca (Spagna)	35.250	2003	Fanghi, FORSU/verde
Lanzarote (Spagna)	36.000	2004	RSU
Gescher (Germania)	17.500	2005	Fanghi, FORSU/verde
Deißlingen (Germania)	24.000	2005	FORSU/verde
Valkenschwanal (Germania)	75.000	2005	FORSU/verde
Valjola (Estonia)	40.000	2005	Fanghi, reflui zootecnici
Barcellona (Spagna) EcoParc 3	90.000	2005	RSU
Jaén (Spagna)	20.000	2005	RSU
Tudela (Spagna)	28.000	2005	RSU
Krosno (Polonia)	10.000	2006	RSU
Västeras (Svezia)	23.000	2005	FORSU/verde, rifiuti agro-industriali
Vienna (Austria)	17.000	2008	FORSU/verde



Lommel (Belgio)	150.000	2008	rifiuti agro-industriali
Voghera (Italia)	27.000	2007	FORSU, fanghi
Compostaggio in tamburo			
Calvia (Spagna)	5.000	2003	FORSU/verde
Palma de Majorca (Spagna)	7.500	2004	FORSU/verde
Canale di compostaggio			
Léon (Spagna)	72.000	2002	Reflui zootecnici
Tunnel di compostaggio			
Granollers (Spagna)	29.100	1999	FORSU
Sant Coloma de Forners	11.660	1999	FORSU
Burgos (Spagna)	35.000	2000	FORSU
Los Huertos (Segovia, Spagna)	35.000	2000	FORSU
San Cugat (Spagna)	14.000	2000	FORSU/verde
Sant Pere de Ribas (Spagna)	23.300	2000	FORSU/verde
Mirabel (Spagna)	43.400	2001	FORSU
Villanueva (Spagna)	30.000	2001	Verde, fanghi
Mas de Barberaus (Spagna)	6.090	2001	FORSU/verde
Barbanza (Spagna)	15.000	2003	FORSU
Barcelona (Spagna) Ecoparc 2	60.000	2004	RSU , digestato

La tecnologia Ros Roca presenta i seguenti vantaggi:

- esistenza di impianti di riferimento che trattano rifiuti solidi urbani;
- produzione di energia attraverso il biogas.

Tra gli svantaggi va segnalata l'incertezza nell'utilizzo del digestato.

16 SBI FRIESLAND

La SBI – Friesland opera un processo di TMB che utilizza la digestione anaerobica come step biologico per il trattamento dei rifiuti solidi urbani. Il processo produce biogas, CDR e materiali riciclabili come principali output. La tecnologia si basa sulla configurazione processistica della Grontmij che è stata successivamente ampiamente modificata.

SBI – Friesland (Scheidings en Bewerkings Installatie) è anche il nome dell'impianto di trattamento meccanico biologico operante a Heerenveen nella provincia di Friesland, Paesi Bassi, entrato in funzione nel 2002; a fine 2003 due dei tre digestori andarono fuori servizio per via della flottazione superficiale dei materiali leggeri: si intervenne sui digestori e furono inoltre operati cambiamenti significativi anche nella parte del processo relativa ai pre-trattamenti ad umido [1].

Il rifiuto in ingresso subisce un pretrattamento costituito essenzialmente da vagliatura (55 mm) e rimozione di metalli ferrosi e non; il sopravaglio viene utilizzato per produrre CDR, il sottovaglio ad un separatore ad umido che permette di allontanare gli inerti e il materiale leggero flottato che viene aggiunto al flusso di CDR.

Il materiale fine è inviato in un tamburo ad acqua che separa sabbia e organico fine dall'organico grossolano; quest'ultimo viene tritato ed inviato a digestione, la sabbia e l'organico fine passano attraverso un idrociclone per la separazione. L'organico fine, previa una centrifugazione necessaria per l'eliminazione dell'acqua, viene inviato al digestore, la cui temperatura operativa è di circa 57 °C. Il digestato è disidratato prima di essere mandato all'impianto di inertizzazione.

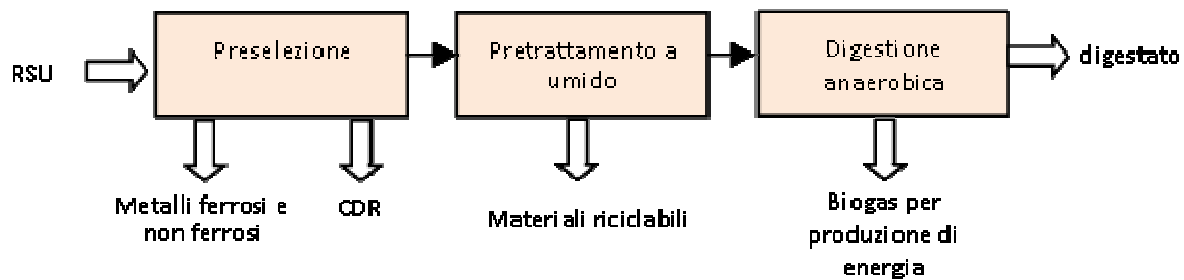


Fig. 27 - Schema del processo SBI FRIESLAND.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo dell'11% circa rispetto al rifiuto in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione solo del flusso di inerti e della sabbia) ad un massimo del 83% circa del rifiuto in ingresso all'impianto (in caso di collocazione in discarica degli inerti, della sabbia, del flusso di plastiche leggere e carta, del digestato e del CDR prodotto).



Fig. 28 - Impianto SBI FRIESLAND Heerenveen, Paesi Bassi [1].

La tecnologia presenta lo svantaggio di dar luogo ad un digestato le cui caratteristiche qualitative ne rendono complessa la destinazione finale.

17 SRS

La Sustainable Recycling Solutions Ireland (SRS) e la Sweeney Environmental propongono un vasto range di tecnologie di trattamento dei rifiuti che include anche una tecnologia di compostaggio in-vessel sviluppata dalla compagnia canadese Wright Environmental.

La compagnia non fornisce impianti di TMB nel loro complesso ma esclusivamente tecnologie di compostaggio il cui principale prodotto è un materiale utilizzato per il ripristino ambientale delle discariche [1].

I due impianti di riferimento esistenti sono operativi dal 2001, sono localizzati a Inverboyndie e Mintlaw, in Scozia, e sono configurati per processare rispettivamente 26.000 t/anno e 32.000 t/anno di rifiuti indifferenziati.

Il processo può essere diviso in due fasi:

- preselezione del rifiuto
- compostaggio.

Il rifiuto in ingresso è ispezionato visivamente per rimuovere i materiali di grosse dimensioni, quindi passa in un tritatore, ad un separatore elettromagnetico e ad un trommel che consente di separare due frazioni: la frazione avente dimensione superiore a 30 mm è inviata direttamente in discarica senza ulteriori trattamenti, quella di dimensione inferiore a 30 mm viene omogeneizzata e disposta su vassoi che sono movimentati meccanicamente attraverso l'unità di compostaggio ad aerazione forzata (simile ad un tunnel di compostaggio). Ciascuna unità di compostaggio è costituita da 30 vassoi e ciascun vassoio ha una capacità di 5 tonnellate.

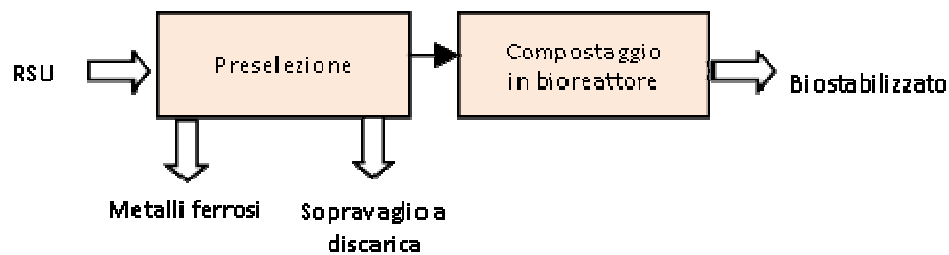


Fig. 29 - Schema del processo SRS.

Il processo di compostaggio in-vessel Wright Environmental necessita di 14 giorni.

In genere è richiesta una successiva maturazione della durata di 4 settimane al fine di ottenere un compost stabilizzato. Questa è la metodologia operativa utilizzata negli impianti Wright Environmental ubicati nel Nord America. Nell'impianto ubicato a Inverboyndie invece non è prevista la fase di maturazione: il rifiuto è miscelato con sabbia e utilizzato per il ripristino ambientale di discariche.

Il materiale che finisce a discarica (escludendo quello che potrebbe essere utilizzato come ricopertura, pari a circa il 12%) è potenzialmente pari al 55-60%.



Fig. 30 - Pretrattamento del rifiuto a Inverboyndie [1].

Tab. 16 – Impianti di riferimento SRS [1]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Inverboyndie (Scozia)	26.000	RSU	2001
Mintlaw (Scozia)	32.000	RSU	2001

Tra i vantaggi della tecnologia va segnalato l'approccio semplice e a basso costo; d'altra parte il processo non massimizza il recupero di risorse e la percentuale di materiale destinato alla discarica è piuttosto alta.

18 SUTCO

La Sutco Maschinenbau GmbH, nata nel 1985, commercializza impianti di trattamento meccanico biologico per il trattamento dei rifiuti solidi urbani basati su un sistema di compostaggio chiamato "Biofix". I prodotti principali del processo sono il CDR e un materiale biostabilizzato che viene smaltito in discarica.

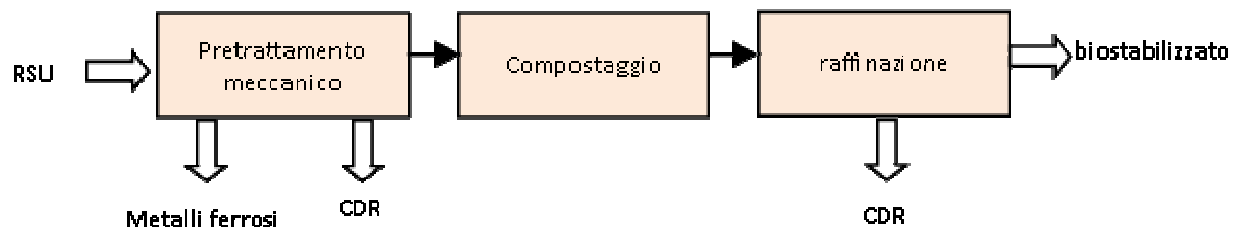


Fig. 31 - Schema del processo Sutco.

Nell'impianto di Erbenschwang, in Bavaria, il rifiuto in ingresso è triturato fino ad una dimensione di circa 300 mm; il materiale triturato è vagliato a 80 mm: la frazione grossolana passa attraverso un separatore elettromagnetico per il recupero dei metalli ferrosi, imballata ed inviata per l'utilizzo, come combustibile, in un impianto di incenerimento; la frazione, dopo il recupero dei metalli è inviata in un tamburo di omogeneizzazione in cui viene aggiunta dell'acqua quindi al compostaggio. Il processo di compostaggio (della durata di 30 - 40 giorni) avviene in vani aerati mediante una combinazione di sistemi di aerazione in pressione (4 - 5 ore al giorno) e sistemi di aspirazione. Alla fase di compostaggio segue quella di maturazione per ulteriori 30 - 40 giorni. Il prodotto stabilizzato viene separato in tre frazioni mediante un separatore a stella: una frazione di dimensione inferiore a 25 mm che viene inviata in discarica senza ulteriori trattamenti; una frazione di dimensione compresa tra 25 e 50 mm che viene inviata in un separatore densimetrico ad aria che separa l'organico leggero ("fluff") dalla maggior parte dei materiali inerti. Il fluff e la frazione di dimensione superiore ai 50 mm vengono commercializzati come CDR, gli inerti sono inviati in discarica.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica è pari a circa il 32,5 % rispetto al rifiuto in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione del biostabilizzato e degli inerti).



Fig. 32 - Impianto di Erbenschwang [15].

In Tab. 17 è riportato l'elenco degli impianti di trattamento meccanico-biologico Sutco.

Tab. 17 - Impianti TMB Sutco in esercizio [14]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Düren-Horm, (North Rhine-Westphalia, Germania)	180.000	RSU	1995
Bassum (Lower Saxony, Germania)	60.000	RSU	1997
Singhofen (Rhineland-Palatinate, Germania)	45 t/h	RSU	2000
Spresiano (Treviso, Italia)	52.200	RSU	2000
Neuss (North Rhine-Westphalia, Germania)	206.000	RSU	2001
Erbenschwang (Bavaria, Germania)	40.000	RSU	2005
Großefen (Olanda)	30 t/h	RSU	2005
Kalisz (Polonia)	80.000	RSU	2006
Radom (Polonia)	34 t/h	RSU	2007

Tra i vantaggi della tecnologia si segnalano:

- l'esistenza di diversi impianti di riferimento che trattano rifiuti solidi urbani
- le esperienze significative relative al pre-trattamento meccanico finalizzato a minimizzare i rischi processistici.

Tra gli svantaggi:

- il consumo di energia;
- l'incertezza del mercato del CDR.

19 VALORGA

Valorga International SA è una compagnia francese che commercializza un sistema a singolo stadio di digestione anaerobica a secco che è utilizzato, come step biologico, in un gran numero di impianti di trattamento meccanico biologico di rifiuti solidi urbani. Il primo impianto di digestione anaerobica su scala pilota è stato realizzato a Montpellier in Francia.

La tecnologia di digestione anaerobica Valorga applicata ai rifiuti indifferenziati comprende uno stadio di pre-trattamento meccanico necessario a separare la frazione organica da inviare alla digestione (Fig. 33). I principali prodotti del processo sono: biogas, utilizzato per generare energia elettrica, un prodotto biostabilizzato e il CDR.

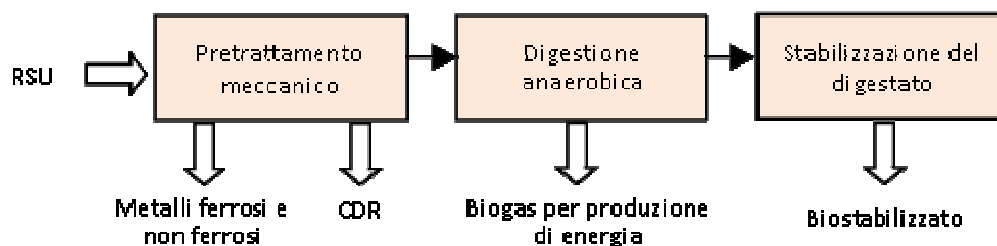


Fig. 33 - Schema del processo Valorga.

Tab. 18 –Elenco degli impianti basati su tecnologia Valorga [16]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Cadiz (Spagna)	115.000	RSU	2001
Tillburg (Olanda)	52.000	FORSU	1994
Amiens (Francia)	85.000	RSU	1988
Engelskirchen (Germania)	35.000	FORSU	1998
Freiburg (Germania)	36.000	FORSU	1999
Ginevra (Svizzera)	10.000	FORSU	2000
La Coruña (Spagna)	182.500	RSU	2001
Mons (Belgio)	58.700	RSU	2002
Varenes-Jarcy (Francia)	100.000	FORSU/RSU	2002
Bassano del Grappa (Italia)	52.400	Riconvertito a sola FORSU	2003
Ecoparc 2 (Barcellona, Spagna)	240.000	FORSU/RSU	2004
Beijing (Cina)	100.000	FORSU	2005
Shangai (Cina)	240.000	FORSU/RSU	2005
Hanover (Germania)	100.000	RSU	2006
Calais (Francia)	27.000	FORSU	2007
Fos sur Mer (Francia)	410.000	FORSU/RSU	2008
Tondela (Portogallo)	30.000	FORSU/RSU	2008
Las Dehesas (Spagna)	195.200	RSU	2008
Saragoza (Spagna)	95.500	RSU	2008

La Paloma (Spagna)	110.000	n. d.	2008
Abrunheira (Portogallo)	160.000	FORSU/RSU	2010

La tecnologia Valorga presenta diversi vantaggi:

- esistenza di un gran numero di impianti di riferimento operativi;
- lunga esperienza relativa la fornitura di processi di digestione anaerobica;
- produzione di energia attraverso la combustione del biogas.

Tra gli svantaggi va segnalata l'incertezza nell'utilizzo del digestato.

Per ulteriori approfondimenti e per le valutazioni sull'applicabilità del processo al contesto torinese si rimanda al capitolo 6.

20 VKW

La compagnia Vogel & Müller fondata nel 1983 ha progettato un processo di compostaggio in cumuli che è ora commercializzato dalla VKW Anlagenbau und Umweltechnik.

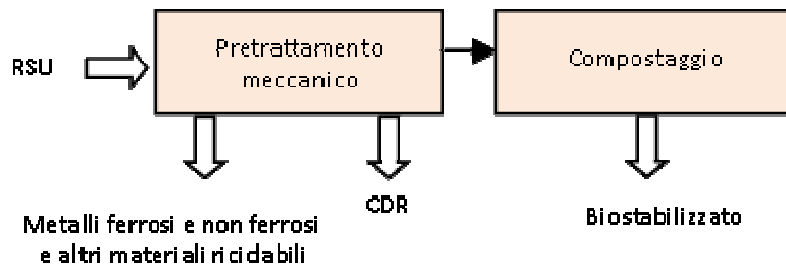


Fig. 34 - Schema del processo VKW

La VKW ha implementato la propria tecnologia di compostaggio in diverse configurazioni finalizzate al trattamento dei rifiuti solidi urbani e del rifiuto organico.

La maggior parte degli impianti di TMB che utilizzano il processo VKW producono come prodotto principale un materiale biostabilizzato utilizzato come ammendante o inviato in discarica; alcuni impianti sono configurati per produrre come prodotto principale il CDR.

Il processo comprende due fasi:

- preparazione del rifiuto: il rifiuto è sottoposto a vagliatura per la separazione del materiale di dimensione superiore ai 100 mm, quindi alle fasi di recupero dei metalli, delle plastiche e degli inerti; il materiale ottenuto potrebbe essere smaltito in discarica o utilizzato per la produzione di CDR. A Tufino (NA) la frazione leggera viene imballata e stoccata temporaneamente presso l'impianto (Fig. 35) [1].
- compostaggio: il rifiuto da compostare è caricato all'interno di vasche aerate dal basso e poste all'interno di fabbricati coperti. Il processo di fermentazione richiede 4-8 settimane; la fase di maturazione ulteriori 3 settimane. Il compost è irrigato e rivoltato con un sistema di rivoltamento e movimentazione brevettato, detto "CTM" (Fig. 35). Il percolato derivante dal processo di compostaggio è raccolto e ricircolato come acqua di processo. L'aria aspirata durante il processo di compostaggio è inviata ad uno scrubber ed un biofiltro prima di essere immessa in atmosfera.

Il quantitativo di rifiuti da collocare in discarica varia da un minimo del 36,3% circa rispetto al rifiuto in ingresso all'impianto (nel caso di collocazione in discarica della frazione di dimensione superiore a 100 mm) ad un massimo dell'86,3% del rifiuto in ingresso all'impianto (in caso di collocazione in discarica del biostabilizzato e della frazione di dimensione maggiore a 100 mm)



Fig. 35 - Impianto di Tufino: macchina rivoltatrice brevettata "CTM" (a sinistra), vista dell'impianto (al centro), CDR in balle (a destra).

La compagnia VKW ha implementato la propria tecnologia di compostaggio in diverse configurazioni di TMB per il trattamento dei rifiuti solidi urbani; si contano 6 impianti su RSU di cui 5 in Italia (Tab. 19) e altri 4 impianti che trattano principalmente frazione organica selezionata. Per gli impianti italiani VKW ha fornito il sistema di rivoltamento brevettato "CTM" (Fig. 35) e il "know-how" aziendale [1].

Tab. 19 – Impianti di trattamento meccanico biologico VKW [1]

Località	Potenzialità [t/a]	Tipologia rifiuto	Inizio attività
Lustenau, Austria	20.000	FORSU	1983
Linz, Austria	22.000	FORSU	1995
Zell am See, Austria	20.000	RSU+FORSU	1996
Hanover	40.000	FORSU	2000
Caivano (Italia)	270.000	RSU	2001
Istanbul (Turchia)	150.000	RSU	2001
Santa Maria (Italia)	135.000	RSU	2001
Giugliano (Italia)	135.000	RSU	2002
Tufino (Italia)	135.000	RSU	2002
Battipaglia (Italia)	135.000	RSU	2003

La tecnologia presenta i seguenti vantaggi:

- è dimostrata sui rifiuti indifferenziati anche per applicazioni di larga scala;
- il processo relativamente semplice.

Tra gli svantaggi si segnala il bilancio energetico netto negativo [1].

21 VM PRESS

La VM Press dal 1998 progetta e costruisce impianti per il trattamento dei rifiuti solidi urbani; fa parte del Gruppo Malaspina, attivo dal 1965 nel campo della trasformazione delle materie plastiche con la produzione di sacchi per alimenti, film, sacchi per la nettezza urbana.

La tecnologia VM Press consiste nella "spremitura" del rifiuto solido urbano mediante un processo di pressoestruzione. Da tale processo si separano due fasi, una frazione umida da inviare alla digestione anaerobica e quindi al compostaggio ed una frazione secca.

Il sistema VM Press è basato sul principio del comportamento differenziato dei materiali che compongono i rifiuti quando siano sottoposti ad elevate pressioni e trafilati in filiere di particolari geometrie.

Il processo avviene mediante un macchinario ad azione combinata di alta pressione (oltre 1 t/cm²) ed estrusione (attraverso filiere-vagli di piccolo diametro) che provvede all'estrusione a freddo della massa da trattare (RSU, FORSU, rifiuti biodegradabili, ecc.); in tali condizioni di lavoro tutti i materiali a debole consistenza (rifiuti organici, cellululosici, vegetali) si concentrano nella frazione "polpa", mentre quelli più duri e resistenti (inerti, metalli, imballaggi, legno) vengono espulsi come frazione "secca". La polpa può essere destinata alla digestione anaerobica, mentre il secco, contenente meno del 25% di umidità e con densità superiore di 4 volte a quella dei rifiuti urbani, può essere avviato alla termodistruzione (PCI pari a 3.000-3.500 Kcal/kg).

Le macchine di pressoestrusione VM Press possono essere inserite in diverse realtà impiantistiche a seconda del risultato che si vuole conseguire:

- Trattamento dei rifiuti urbani indifferenziati con produzione di frazione organica stabilizzata e frazione secca da destinarsi a discarica, a incenerimento o a produzione di CDR-Q;
- Trattamento dei rifiuti urbani indifferenziati con produzione di biogas, mediante digestione anaerobica, e frazione secca da destinarsi a discarica o a incenerimento;
- Trattamento della frazione organica derivante da raccolta differenziata FORSU per la produzione di compost o per la produzione di biogas, mediante digestione anaerobica (anche con l'aggiunta di fanghi di depurazione), e quindi di compost.

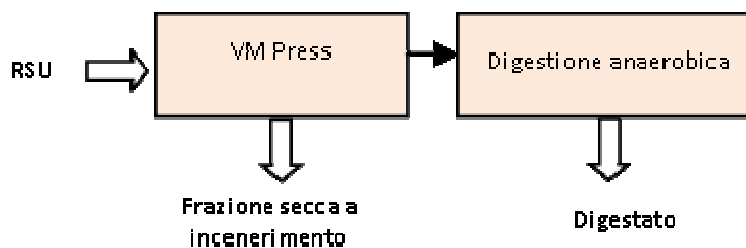


Fig. 36 - Schema del processo VM Press



Fig. 37 - Pressoestrusore VM Press presso l'impianto di Alessandria (a sinistra) e Kaiserslautern (a destra).

In Tab. 20 sono indicati gli impianti ad oggi operativi che utilizzano la tecnologia VM Press [18].

Tab. 20 – Alcuni impianti di riferimento in cui viene utilizzato il pressoestrusore VM Press [18]

Località	Capacità [t/anno]	Tipologia rifiuto	Inizio attività	Processo
Castelceriolo (Italia)	25.000	FORSU	1999	VM Press+compostaggio aerobico: produzione di compost di qualità
Alessandria (Italia)	75.000	RSU	2004	VM Press + biostabilizzazione in cumulo aerato: produzione di CDR e FOS
Kaiserslautern (Germania)	40.000	RSU	2006	VM Press + digestione anaerobica DRANCO; produzione di CDR, e digestato avviato a discarica
Viareggio (Italia)	20.000	FORSU	2009	VM Press+ digestione anaerobica

22 Centro Riciclo Vedelago

L'impianto Centro Riciclo Vedelago (TV) tratta annualmente circa 25.000 tonnellate di rifiuti e conta 57 dipendenti di cui 7 impiegati e i restanti operai divisi su due turni.

L'impianto effettua selezione e lavorazione delle frazioni secche riciclabili provenienti principalmente da raccolta differenziata di utenze industriali, commerciali, artigianali, ed agricole e dalle raccolte differenziate monomateriali o multi materiali (vetro, plastica, metallo-plastica metalli-plastica mista) effettuate dai comuni della Provincia di Treviso, della Provincia di Belluno, Altopiano di Asiago e altri Comuni Vicentini, i Comuni di Faenza, Imola e 17 Comuni limitrofi.

In esito al trattamento si ottengono:

- singoli flussi di materiale (plastica, vetro, metalli, carta e legno) da destinare a impianti di seconda lavorazione (impianto di de-stagnazione, impianti per la preparazione del pronto-forno per le vetrerie, ecc.) o a specifiche aziende che impiegano i materiali nei loro cicli produttivi.
- a partire dal 2007 "sabbia sintetica", un materiale granulato con pezzatura più o meno fine in funzione delle esigenze dell'utilizzatore finale. Il prodotto trova impiego nel settore edile come aggregante nelle malte cementizie (massetti alleggeriti, cordonate stradali, pozzetti, vasche di raccolta acque, ecc.) e nell'industria di stampaggio delle plastiche per la produzione di manufatti quali schienali e sedute per sedie, pavimenti autobloccanti, pallets, arredi urbani, ecc.

Le operazioni di selezione e lavorazione vengono effettuate in due capannoni:

- 1° capannone: avvengono le operazioni di ricevimento frazioni secche riciclabili da raccolta differenziata multimateriale o monomateriale, selezione dei materiali in base alla composizione merceologica, selezione della plastica per colore e polimero, riduzione volumetrica dei vari materiali.
- 2° capannone: sede dell'impianto di produzione della sabbia sintetica a partire dagli imballaggi, dagli scarti conferiti dalle aziende e dagli scarti delle linee di selezione interne.

Il quantitativo di rifiuto da smaltire in discarica a valle del trattamento effettuato nell'impianto si è progressivamente ridotto nel corso degli anni passando dall'11% nel 2003 al 3% nel 2008. I dati relativi all'esercizio 2008 mostrano che per ogni tonnellata di rifiuti in ingresso circa 3 kg vengono destinati ad incenerimento e circa 30 kg vengono smaltiti in discarica [19].

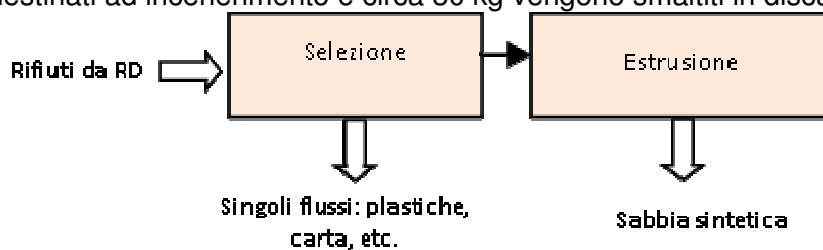


Fig. 38 - Schema del processo Centro Riciclo Vedelago.



Fig. 39 - Centro Riciclo Vedelago: vista dell'impianto (a sinistra), selezione manuale (al centro), sabbia sintetica (a destra) [19].

Per ulteriori approfondimenti e per le valutazioni sull'applicabilità del processo al contesto torinese si rimanda al capitolo 6.



BIBLIOGRAFIA

- [1] **Juniper**. Mechanical – Biological – Treatment: A guide for decision makers. Processes, Policies & Markets, 2005;
- [2] **Golder Associates**. Planning Study for the assessment of mixed solid waste processing technology and siting options city of Toronto, maggio 2009
- [3] **Agència de Residus del Catalunya**. Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures de Gestió de residus municipals de Catalunya – Annex 3 Part A – Estudi de Tecnologies
- [4] Website Arrowbio, <http://www.arrowbio.com/>
- [5] Website Bedminster <http://www.bedminster.com/>
- [6] Website Biodegma http://www.biodegma.de/referenzen/download_en.php
- [7] Website BTA, <http://bta-international.de/home.html?&lang=3>;
- [8] Website Biotec sistemi, <http://www.biotecsistemi.it/biotec.htm>
- [9] Website Ecodeco, <http://www.ecodeco.it/gruppo/cms/ecodeco/>
- [10] Website Herhof, <http://www.herhof.com/en/>
- [11] Website Ladurner, <http://www.ladurnerambiente.it/it-IT/homeit.html>
- [12] Website OWS, <http://www.ows.be/>
- [13] Website Ros Roca, <http://www.rosroca.com/>
- [14] Website Sutco, <http://www.sutco.de/en/home/>
- [15] **E. Archer**. Solid Waste Technology Options: Mechanical Biological Treatment (MBT), Metro Vancouver: Solid Waste Management, 19 Aprile 2008
- [16] Website Valorga, <http://www.valorgainternational.fr/fr/>
- [17] **Federambiente, ENEA**. Rapporto sulle tecniche di trattamento dei rifiuti urbani in Italia, maggio 2010;
- [18] Website VMPress, <http://www.vmpress.it/>
- [19] Website Centro Riciclo Vedelago, <http://www.centroriciclo.com/>
- [20] **D. Cout**. Individuazione delle migliori tecnologie innovative per la realizzazione di impianti di pretrattamento finalizzati alla produzione di CDR di qualità ad oggi esistenti, 24 novembre 2009