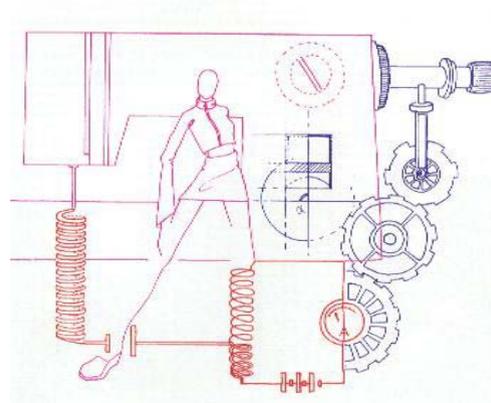


IPIA C.A. DALLA CHIESA – OMEGNA  
PROGETTO ALTERNANZA SCUOLA – LAVORO  
classi 4° e 5° TIEL – TIM a.s. 2011/2012



PRODUZIONE DI ENERGIA DA  
FONTI RINNOVABILI

RISPARMIO ENERGETICO

*prof. Massimo M. Bonini*

# ENERGIA DA BIOMASSE



# ENERGIA DA BIOMASSE

- concetto di biomassa
- biomasse solide
- biocarburanti
- biogas
- impiantistica di settore e relativi componenti

# BIOMASSE

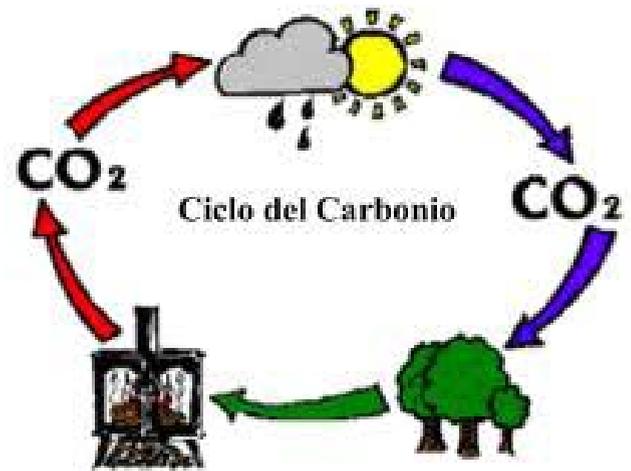
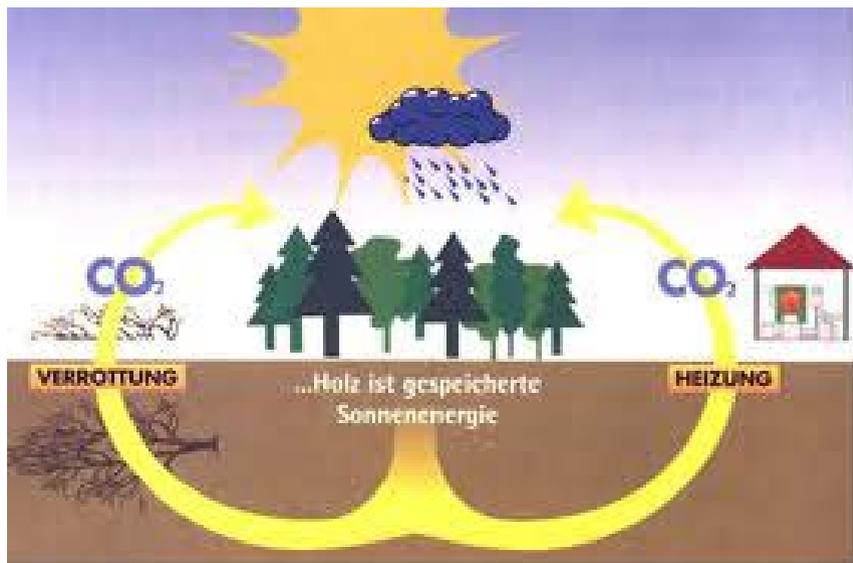
In senso generale definiamo biomasse dei materiali organici derivati da organismi viventi (*bios* in greco significa vita) sia vegetali che animali e che possono essere utilizzate per produrre energia, in genere calore attraverso la combustione.

In modo più preciso si possono definire "biomassa" i prodotti di origine forestale o agricola, includendo i loro residui ed escludendo i rifiuti urbani o zootecnici.

Parlando quindi di biomasse si intendono le sostanze provenienti da colture, energetiche (cioè effettuate a questo preciso scopo) o tradizionali (cioè effettuate a scopo alimentare). Nel secondo caso le biomasse di nostro interesse sono gli scarti.

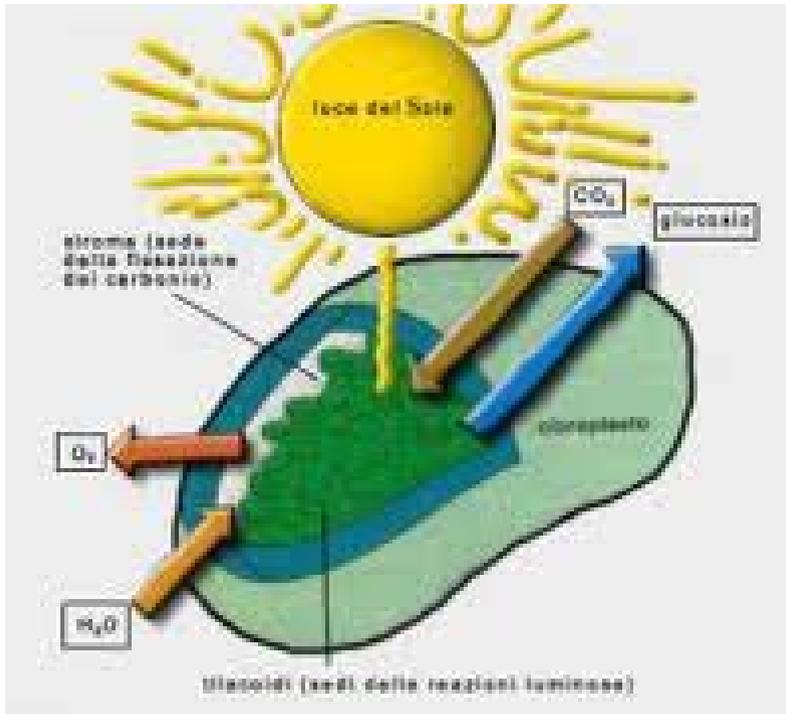
Le biomasse ed i combustibili da esse derivate emettono nell'atmosfera, durante la combustione, una quantità di anidride carbonica più o meno corrispondente a quella che viene assorbita, in precedenza dai vegetali durante il processo di crescita. L'impiego delle biomasse ai fini energetici limita quindi il rilascio di nuova anidride carbonica, principale responsabile dell'effetto serra.





Il ciclo del carbonio

# ORIGINE DELL'ENERGIA BIOLOGICA



La sostanza organica è formata da composti contenenti fondamentalmente carbonio, idrogeno e ossigeno.

Tali elementi vengono assorbiti dai vegetali che li prelevano dall'aria, sotto forma di anidride carbonica, e dal terreno, sotto forma di acqua. Il processo di fotosintesi è una complessa reazione chimica che, sfruttando l'energia apportata dalla radiazione solare, permette ai vegetali di sintetizzare sostanze complesse quali zuccheri, grassi e proteine: i "mattoni" della vita.

L'energia che la sostanza vegetale sviluppa bruciando non è quindi altro che quella proveniente dal sole, precedentemente assorbita e "fissata" (immagazzinata) attraverso il processo di fotosintesi.

Tale energia può essere "liberata" (e quindi utilizzata) attraverso la combustione della materia organica, reazione chimica dalla quale si ottengono calore e residui semplici quali l'anidride carbonica e l'acqua in forma di vapore.



Gli organismi animali si alimentano di sostanza vegetale (o animale) per approvvigionarsi di combustibile da bruciare – con reazioni controllate, molto lente – in modo da produrre l'energia che serve ai loro processi vitali, in particolare al movimento muscolare.

# ENERGIA OTTENIBILE DA UN COMBUSTIBILE

Il calore ottenibile bruciando un combustibile si può valutare attraverso il potere calorico: quantità di energia prodotta dalla combustione di una unità (di peso o di volume) di materiale combustibile.

Esiste un potere calorico superiore che esprime il calore ottenibile dalla combustione completa del materiale, sino ad ottenere quali residui sostanza non più combustibili. Questo tipo di reazione è però ottenibile solo in condizioni molto particolari, attraverso esperimenti di laboratorio (bomba calorimetrica).

Dal punto di vista tecnico si utilizza quindi il potere calorico inferiore: quantità di energia ottenibile bruciando un'unità (in peso o volume) di materiale in condizioni normali, ammettendo cioè perdite di calore e residui ancora combustibili.

# POTERE CALORICO INFERIORE DI ALCUNI COMBUSTIBILI COMUNI

Gas metano	8500 kcal/mc (pressione di rete)
GPL (miscela butano – propano)	6070 kcal/l (liquido, in bombole)
Gasolio	8250 kcal/kg
Carbon fossile (coke)	5000 kcal/kg
Carta	4000 kcal/kg
Legna (essenze miste)	3500 kcal/kg

# RESIDUI DI COMBUSTIONE

Nei combustibili sono presenti, oltre a carbonio, idrogeno e ossigeno, tutta una serie di “sostanze minori” a base di azoto, zolfo e altri elementi.

Durante la combustione si liberano quindi, oltre all’anidride carbonica e al vapore acqueo, composti quali gli ossidi di azoto e di zolfo, idrocarburi insaturi quali il benzene e altri composti organici, quali le diossine.

Tali sostanze finiscono nei fumi e quindi nell’atmosfera sotto forma di gas e di particolati (polveri sottili) particolarmente dannosi se inalati per lunghi periodi.

Alcune vengono sciolte dall’acqua meteorica e tornano al suolo, dando origine al fenomeno delle piogge acide.

# VANTAGGI E SVANTAGGI NELL'USO DELLE BIOMASSE

## Vantaggi ecologici:

- biodegradabilità (in caso di versamenti accidentali di biocombustibile);
- assenza nei fumi di ossidi d'azoto e di particolato;
- stimolazione dell'occupazione in zone rurali economicamente deboli;
- ciclo emissioni anidride carbonica.

## Svantaggi:

- Impiego di grandi aree a causa della bassa densità energetica;
- richiesta di utilizzo di fertilizzanti;
- problemi di logistica per la fornitura della risorsa;
- problemi di condizione ambientale/meteo;
- produzione annua non costante.

# BIOMASSE SOLIDE

Possono essere

- di origine vegetale
- di origine animale
- miste
- improprie (rifiuti urbani)

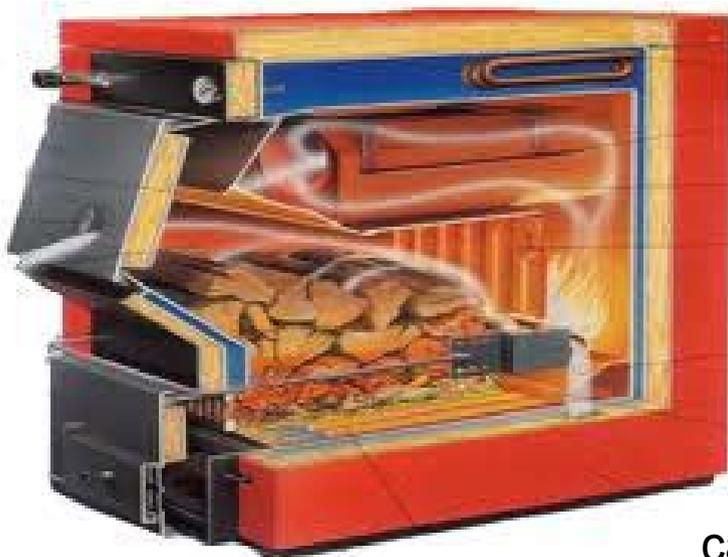


# BIOMASSE SOLIDE DI ORIGINE VEGETALE

## Legna da ardere

Costituisce il materiale organico tradizionalmente utilizzato per produrre calore.

Gli alberi possono essere allevati direttamente per questo scopo (bosco ceduo) oppure il materiale legnoso può derivare dai residui di piante coltivate per il legname da opera (foreste di alto fusto).



caldaia a legna



## Cippato di legna

La cippatura è un'operazione meccanica che consiste nello sminuzzare del legname sino ad ottenere pezzi della dimensione di alcuni centimetri.

Si possono cippare anche tronchi di grande dimensione, ma in genere il materiale di partenza viene recuperato da residui di potatura o di altre lavorazioni, che altrimenti finirebbero in discarica.



Viste le sue dimensioni il cippato essicca in fretta, occupa poco spazio, può essere immagazzinato in silos e movimentato in attraverso coclee o condotti a pressione. Risulta quindi idoneo ad alimentare impianti di combustione a controllo automatico.

Il potere calorico medio è intorno alle 4000 kcal/kg, leggermente superiore quindi a quello della legna.



centrale termica monoblocco a cippato  
o a pellet



caldaia a cippato

## Pellet

E' un materiale che viene prodotto pressando la segatura di legna derivata dalle lavorazioni di segheria o falegnameria. Può essere confezionato in tronchetti, adatti alle normali stufe a legna, o in granuli di pochi centimetri, adatti alla alimentazione automatizzata.



Rispetto al cippato ha un contenuto di umidità inferiore, quindi un potere calorico superiore, pari a circa 4700 kcal/kg.

La consuetudine locale contempla anche le stufe a segatura, tradizionalmente utilizzate in valle Strona con i residui delle tornerie di legno.





stufa a pellet



caldaie a pellet



coclea



# BIOMASSE VEGETALI ERBACEE

Dalla fermentazione dei vegetali ricchi di zuccheri, come canna da zucchero, barbabietole e mais, spesso prodotti in quantità maggiori al fabbisogno, si può ricavare l'etanolo o alcool etilico, che può essere utilizzato come combustibile per i motori endotermici, in sostituzione della benzina.

Dalle biomasse oleaginose (quali ad esempio la colza e la soia) si può ricavare per spremitura e transesterificazione il cosiddetto biodiesel.

Tramite opportuno procedimento è inoltre possibile trasformare le biomasse di qualsiasi natura in BTL (Biomass To Liquid), un biodiesel, ottenuto appunto da materiale organico di scarto o prodotto appositamente con colture dedicate.

Lo sfruttamento di nessuna di queste fonti può comunque prescindere da valutazioni sull'EROEI complessivo (ossia sul rapporto tra energia ottenuta ed energia impiegata nella produzione).

Esistono diversi biocarburanti: il biodiesel, il bioetanolo, il biometanolo, il biodimetilene, gli idrocarburi sintetici, il bioidrogeno, gli olii vegetali.



distributori di biocarburante per autoveicoli



separatore centrifugo per biodiesel



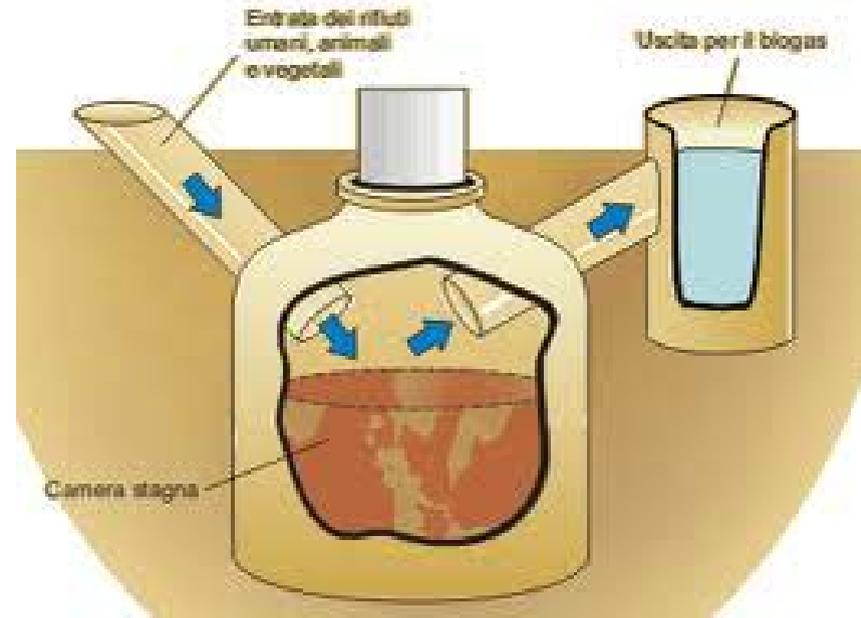
motore 2 tempi a biodiesel

# BIOMASSE DI ORIGINE ANIMALE

Le deiezioni degli animali di allevamento, in particolare suini e bovini, mischiate ai materiali vegetali di lettiera tendono a fermentare sotto l'attacco di microrganismi distruttori (batteri e funghi) sviluppando grandi quantità di idrocarburi volatili, in particolare metano, e di vapore acqueo.

Il processo è particolarmente se avviene in ambiente povero di ossigeno (fermentazione anaerobica).

I vapori prodotti si definiscono biogas.



digestore per biogas



centrale a biogas

L'anidride carbonica prodotta dalla combustione del metano così ricavato permette di pareggiare il bilancio dell'anidride carbonica emessa in atmosfera: infatti la  $\text{CO}_2$  emessa dalla combustione del biogas è la stessa fissata dalle piante (o assunta dagli animali in maniera indiretta tramite le piante), al contrario di quanto avviene per la  $\text{CO}_2$  emessa ex novo dalla combustione dei carburanti fossili.

Ulteriore vantaggio ecologico nell'utilizzo del biogas, è quello di impedire la diffusione nella troposfera del metano emesso naturalmente durante la decomposizione di carcasse e vegetali: il metano è infatti uno dei gas-serra più potenti ed è quindi auspicabile la sua degradazione in  $\text{CO}_2$  e acqua per combustione.

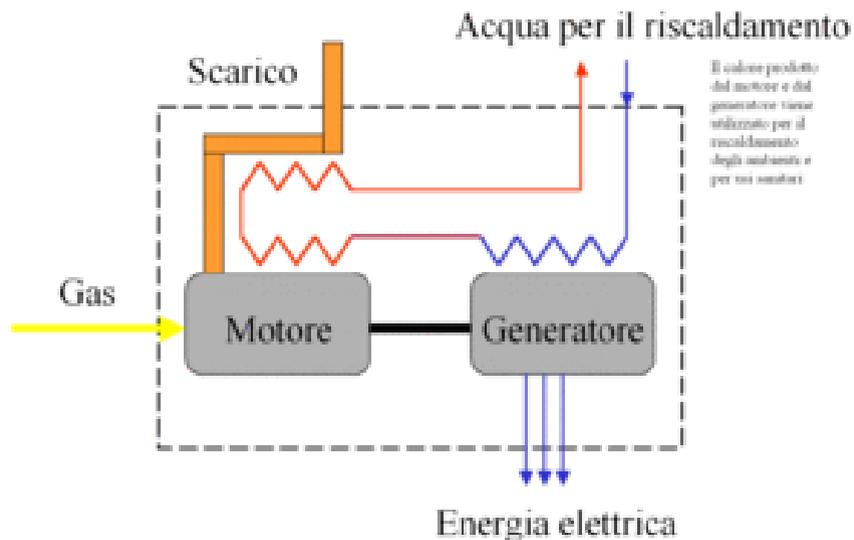
L'emissione di 1 kg di  $\text{CH}_4$  equivale ad emettere 25 kg di  $\text{CO}_2$ .



# COGENERAZIONE A BIOGAS

Il **TOTEM** acronimo di **Total Energy Module** è il primo esempio di cogeneratore ideato in Italia nel 1973 dall'ing. Mario Palazzetti, presso il Centro Ricerche Fiat

Scopo del progetto era quello di ottenere un apparato in grado di generare calore ed energia elettrica ottimizzando il rendimento. Utilizzava il motore di una 127, di 903 cm<sup>3</sup>, modificato per funzionare a gas o biogas. Il motore azionava un alternatore di 15 kW che forniva all'utenza l'energia elettrica..



Il calore generato dal motore del TOTEM, solitamente disperso mediante i gas di scarico ed il corpo del motore stesso, veniva invece utilizzato per scaldare l'acqua usata poi per il riscaldamento degli ambienti e per usi sanitari. La accurata progettazione consentiva un recupero del 90% della energia introdotta con il combustibile, e la sua modularità consentiva la installazione di molteplici unità controllate elettronicamente.

Con 15 kW, la potenza elettrica generata da un singolo modulo poteva bastare a soddisfare il fabbisogno medio di 5 -10 appartamenti, mentre con il calore di 33.500 kcal/h sviluppato dal sistema si potevano riscaldare un paio di appartamenti.

La FIAT produsse il TOTEM in piccole quantità fino al 1985, in alcune versioni destinate al puro parallelo in rete o in versioni Stand Alone, ove alla funzione di cogeneratore si affiancava anche la funzione di generatore di emergenza. La versione a Biogas si diffuse in congiunzione con i primi impianti di produzione dei biogas da rifiuti zootecnici. Le quantità prodotte toccarono qualche migliaio di unità, raggiungendo sostanzialmente tutti i paesi del Nord Europa e con installazioni pilota in USA presso la Brooklyn Union di New York.



- Ingombro e peso paragonabili a una credenza.
- Necessità di una fornitura di gas o di GPL (bombola oppure condotta)
- Rumore molto ridotto (circa 65 dB a un metro) grazie al motore FIRE, a pannelli fonoassorbenti e ammortizzatori.

Il **TANDEM**, acronimo di **Thermal AND Electrical Machine** è una macchina costituita da un motore a combustione interna con la corrispettiva marmitta catalitica dei gas di scarico, collegato ad un generatore elettrico ad alto rendimento e a un sistema di controllo computerizzato del suo funzionamento; ed infine a tubature (scambiatori di calore a quattro fluidi) che collegate al circuito del riscaldamento domestico permettono il prelievo del calore prodotto dal motore. E' un brevetto della società Energia Nova s.r.l. di Torino, registrato nel 2005.

Il TANDEM utilizza diversi motori a seconda della potenza elettrica e termica fornita (20, 35 e 50 kW elettrici)

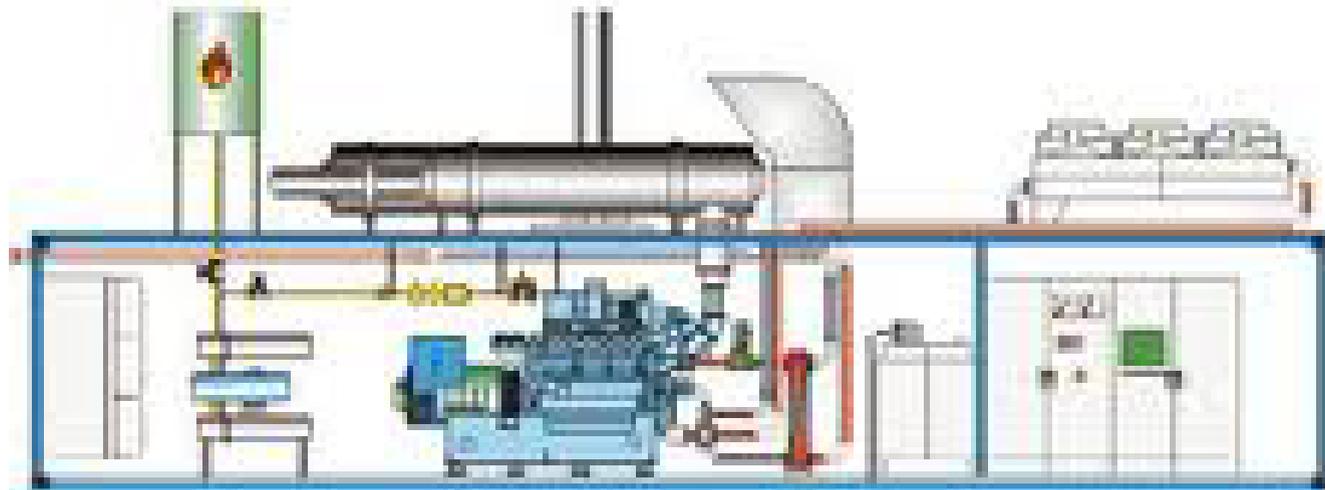
Il modello base (T-20) si serve di un motore FIRE, a quattro cilindri in linea da 1200 cm<sup>3</sup>, modificato per funzionare a metano, GPL oppure biogas.

Il motore aziona un alternatore da 20 kW che fornisce all'utenza energia elettrica sufficiente per 4-10 appartamenti.

Oltre alla potenza elettrica fornisce una potenza termica di più di 40 kW termici, sufficiente per 4 appartamenti non ben coibentati in climi freddi, oppure per 10 appartamenti che utilizzino finestre a doppio vetro e vari tipi di isolante interno o esterno alle pareti.



# MOTORI ENDOTERMICIA BIOGAS



# RIFIUTI SOLIDI URBANI (RSU)

I rifiuti prodotti dalla società moderna presentano grandi problemi di smaltimento.

Oggigiorno si tende alla loro massima differenziazione in modo da recuperarne la maggior quantità possibile (carta, vetro, metallo, legname, parte umida etc.) in forma di materia prima – seconda, da avviare al riutilizzo in quanto tale.

Dalla fermentazione in digestore anaerobico della frazione umida organica (scarti vegetali freschi e animali) si può ottenere compost (fertilizzante per usi agricoli) con la liberazione di biogas.

Dal legname, oltre a segature per pannelli truciolari, si può ottenere cippato e, eventualmente, pellet.

Esiste sempre una frazione residua (indifferenziato) che può essere avviata agli impianti di combustione (termovalorizzatori) che la distruggono producendo calore che può essere utilizzato per impianti di produzione elettrica e/o di teleriscaldamento.

Tale processo impiega un combustibile eterogeneo, nel quale sono presenti moltissimi tipi di sostanze; molte di queste possono produrre emissioni e residui (gassosi, liquidi e solidi) fortemente tossici per l'ambiente e per la popolazione.

Per tali motivi la termodistruzione deve essere condotta in ambienti fortemente controllati e con tecniche appropriate quali, ad esempio, una temperatura di combustione molto elevata, che limita al minimo la produzione di diossine, e l'attenta filtrazione dei fumi di scarico per limitare l'emissione di polveri sottili.

