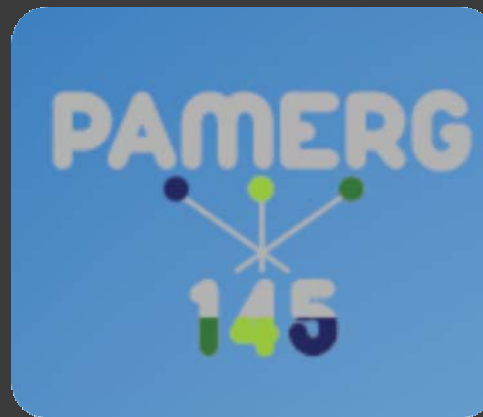


ZERO WASTE  
STRATEGIE DI GESTIONE E  
RIDUZIONE DEI RIFIUTI

DOTT.CHIM. FABIO FERRERI

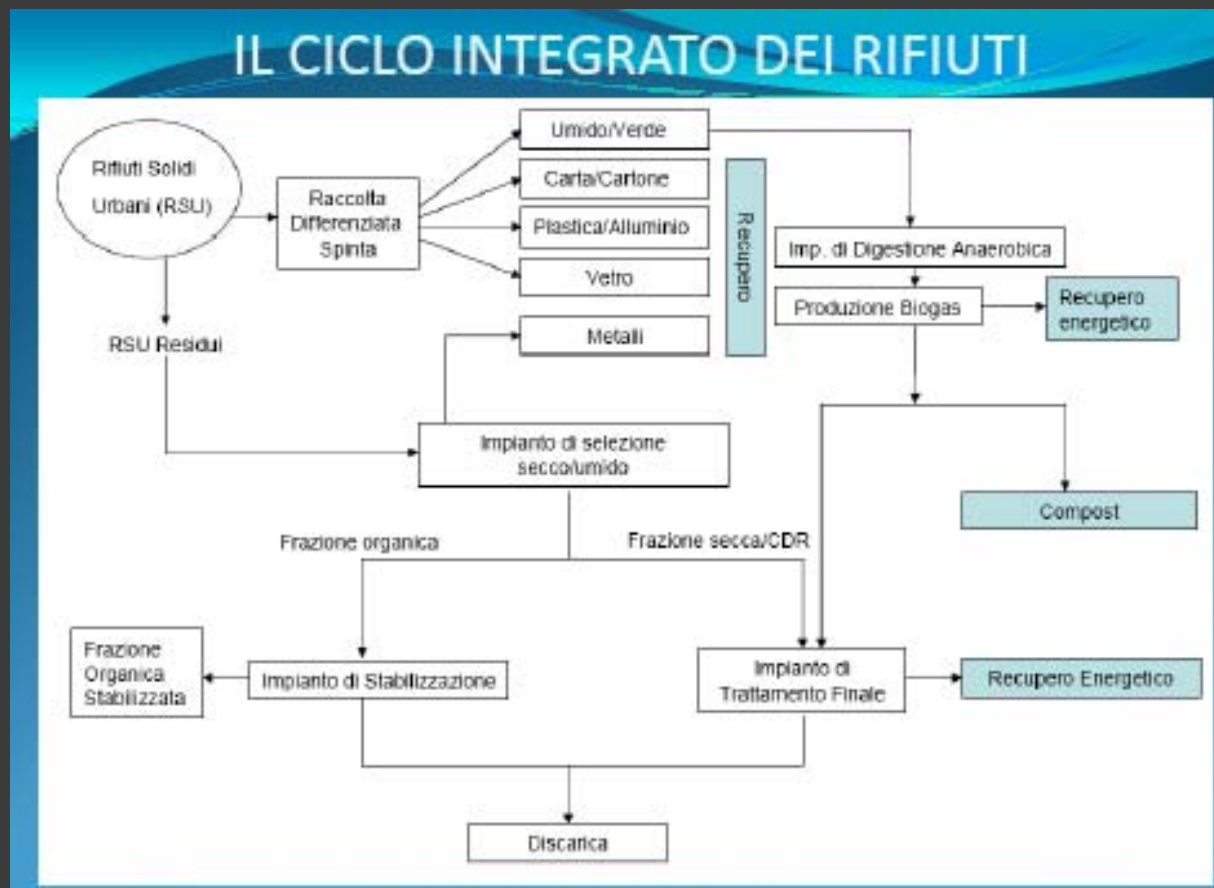
ATO RAGUSA AMBIENTE S.p.A.



- ⦿ Indisponibilita' all'accettazione di nuove discariche
- ⦿ Gestione dei Rifiuti non solidale (campanilismo)
- ⦿ Instabilità del sistema (quote societarie)
- ⦿ Carenza di risorse economiche (trasferimenti)

**STUDIO DI POSSIBILI ALTERNATIVE**

# DIGESTIONE ANAEROBICA – PIROLISI: NUOVE FRONTIERE NEL TRATTAMENTO DEI RIFIUTI ALL'INTERNO DELLA GESTIONE INTEGRATA



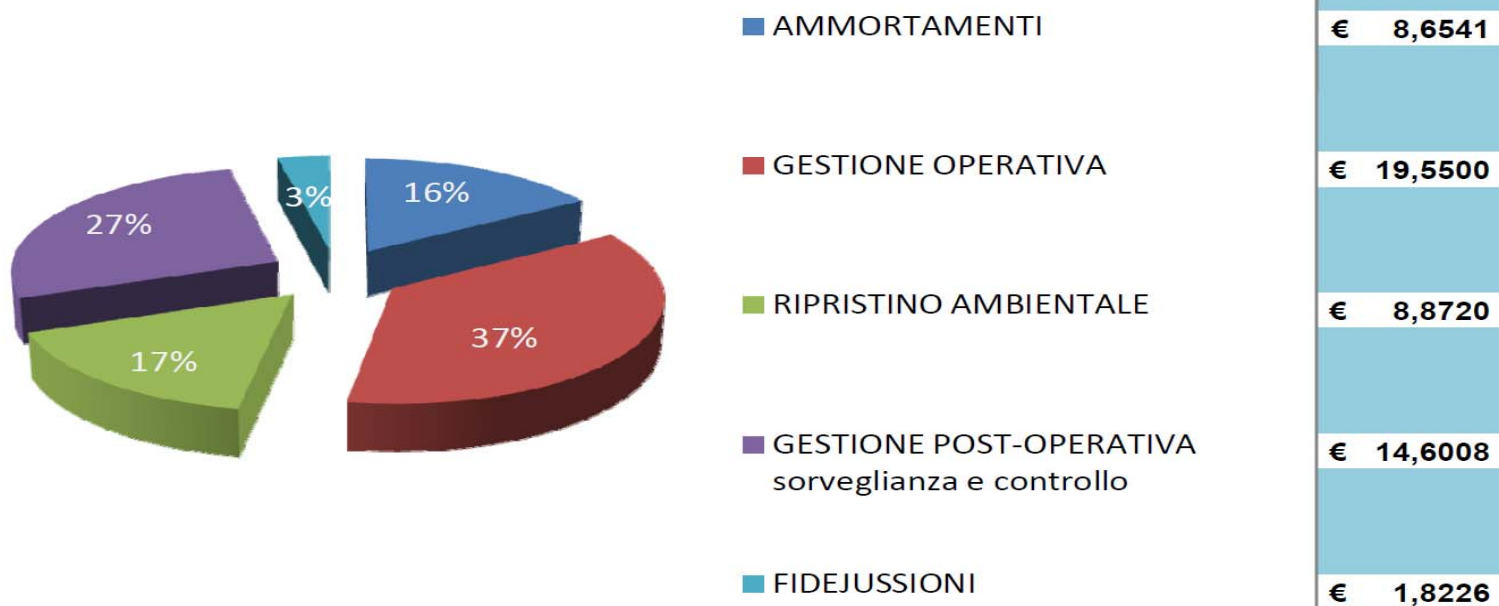
# Smaltimento in discarica



## VOCI DI TARIFFA

	<b>importi</b>	<b>inc. €/ton</b>
AMMORTAMENTI	€ 3.053.924,34	€ 8,6541
GESTIONE OPERATIVA	€ 6.898.970,96	€ 19,5500
RIPRISTINO AMBIENTALE	€ 3.130.811,09	€ 8,8720
GESTIONE POST-OPERATIVA sorveglianza e controllo	€ 5.152.457,73	€ 14,6008
FIDEJUSSIONI	€ 643.191,60	€ 1,8226
<b>TOTALE</b>	<b>€ 18.879.355,72</b>	<b>€ 53,4995</b>

### **PIANO FINANZIARIO** *aliquote per voci*



## I trattamenti termici nel ciclo di gestione dei rifiuti



Fonte ENEA

## PREVISIONE SERVIZIO costi totali in €/anno IVA esclusa Zona A

Servizio	Spese mano d'opera per la racc. dei Rifiuti	Costo mezzi per la raccolta dei Rifiuti	Ammort. annuo contenitori	Costo Sacchi	Tot. raccolta, spazzamento e comunicaz.	Ricavi o costo tratt. annui	Totale costo 1° anno IVA esclusa	Totale costo dal 2° anno IVA esclusa
Rifiuto Urbano Residuo (secco residuo)	€ 1.422.863	€ 437.895	€ 14.508	€ 0	€ 1.875.267	€ 1.762.125	€ 3.637.391	€ 3.637.391
Umido Organico	€ 1.528.225	€ 360.215	€ 54.968	€ 144.988	€ 2.088.395	€ 446.325	€ 2.534.721	€ 2.534.721
Carta e cartoni	€ 802.173	€ 185.359	€ 60.057	€ 0	€ 847.589	-€ 147.470	€ 700.120	€ 700.120
Vetro	€ 28.695	€ 16.258	€ 6.415	€ 0	€ 51.368	-€ 33.243	€ 18.125	€ 18.125
Plast. e Latt.	€ 551.254	€ 125.316	€ 596	€ 56.249	€ 733.415	-€ 366.729	€ 366.686	€ 366.686
Frazione vegetale (verde)	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Costo Centri Comunali di Raccolta	€ 39.758	€ 4.464	€ 29.420		€ 73.642	-€ 19.249	€ 54.393	€ 54.393
Ingombranti su chiamata, olii esausti e servizi vari	€ 0	€ 0			€ 0	€ 81.949	€ 81.949	€ 81.949
Costo distribuzione contenitori e rimozione attuali					€ 24.355		€ 24.355	€ 0
Costo campagna coinvolgimento per abitante					€ 73.064		€ 73.064	€ 0
Costo spazzamento con variaz. del costo del	56%				€ 721.080		€ 721.080	€ 721.080
0								
<b>Totale</b>	<b>€ 4.172.968</b>	<b>€ 1.129.507</b>	<b>€ 165.964</b>	<b>€ 201.237</b>	<b>€ 6.488.175</b>	<b>€ 1.703.708</b>	<b>€ 8.191.883</b>	<b>€ 8.094.465</b>

## NUOVO SERVIZIO costi totali in €/anno IVA esclusa Zona A

Servizio	Spese mano d'opera per la racc. dei Rifiuti	Costo mezzi per la raccolta dei Rifiuti	Ammort. annuo contenitori	Costo Sacchi	Tot. raccolta, spazzamento e comunicaz.	Ricavi o costo tratt. annui	Totale costo 1° anno IVA esclusa	Totale costo dal 2° anno IVA esclusa
Rifiuto Urbano Residuo (secco residuo)	€ 1.422.863	€ 437.895	€ 14.508	€ 0	€ 1.875.267	€ 1.132.794	€ 3.008.061	€ 3.008.061
Umido Organico	€ 1.528.225	€ 360.215	€ 54.968	€ 144.988	€ 2.088.395	€ 240.329	€ 2.328.724	€ 2.328.724
Carta e cartoni	€ 802.173	€ 185.359	€ 60.057	€ 0	€ 847.589	-€ 147.470	€ 700.120	€ 700.120
Vetro	€ 28.695	€ 16.258	€ 6.415	€ 0	€ 51.368	-€ 33.243	€ 18.125	€ 18.125
Plast. e Latt.	€ 551.254	€ 125.316	€ 596	€ 56.249	€ 733.415	-€ 366.729	€ 366.686	€ 366.686
Frazione vegetale (verde)	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Costo Centri Comunali di Raccolta	€ 39.758	€ 4.464	€ 29.420		€ 73.642	-€ 19.249	€ 54.393	€ 54.393
Ingombranti su chiamata, olii esausti e servizi vari	€ 0	€ 0			€ 0	€ 39.824	€ 39.824	€ 39.824
Costo distribuzione contenitori e rimozione attuali					€ 24.355		€ 24.355	€ 0
Costo campagna coinvolgimento per abitante					€ 73.064		€ 73.064	€ 0
Costo spazzamento con variaz. del costo del	56%				€ 721.080		€ 721.080	€ 721.080
0								
<b>Totale</b>	<b>€ 4.172.968</b>	<b>€ 1.129.507</b>	<b>€ 165.964</b>	<b>€ 201.237</b>	<b>€ 6.488.175</b>	<b>€ 846.257</b>	<b>€ 7.334.432</b>	<b>€ 7.237.014</b>



# Le caratteristiche chimico - fisico - biologiche dei rifiuti

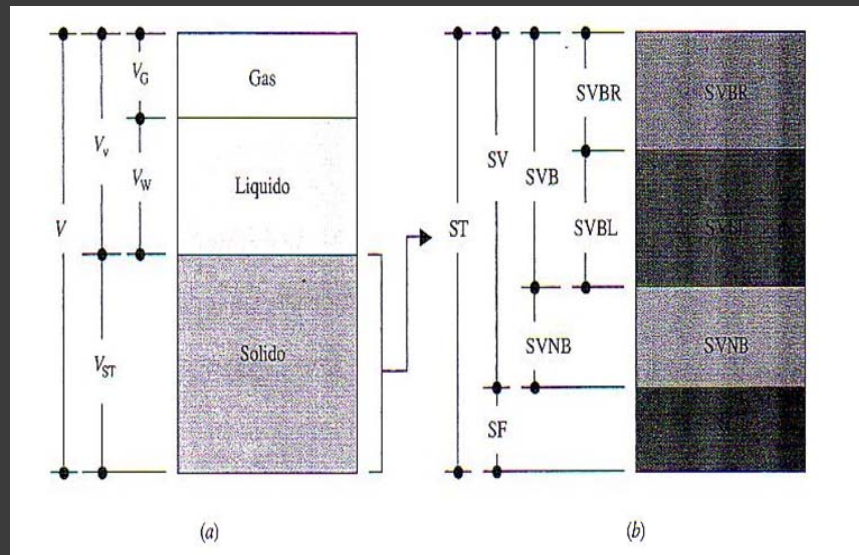
La caratterizzazione qualitativa dei rifiuti solidi è di fondamentale importanza ai fini della progettazione dei sistemi integrati di gestione; le proprietà dei rifiuti, infatti, influenzano sia le attività di raccolta e trasporto, sia le tecnologie da porre in essere al fine della loro valorizzazione — in termini energetici o di recupero di materiali — sia ancora la scelta dei sistemi di trattamento e smaltimento finale.

## Proprietà fisiche dei rifiuti

- i rapporti tra le fasi costituenti un rifiuto;
- il peso dell'unità di volume e il contenuto d'acqua;
- la distribuzione dimensionale;
- la capacità di campo;
- la permeabilità.

## ◉ i rapporti tra le fasi costituenti un rifiuto;

Per giungere a una tale schematizzazione occorre immaginare che la totalità degli elementi solidi costituenti un campione di rifiuti venga dapprima privata dell'acqua di costituzione (mediante essiccamento a 105 °C e fino a costanza di peso) e successivamente addensata in modo da non lasciare alcuno spazio vuoto tra i diversi elementi; il volume occupato dalla fase solida risulta in tal modo quello realmente corrispondente al solo *solido secco* (*solidi totali*, ST).



La fase liquida risulta costituita in generale sia da acqua libera o adesa sui singoli elementi solidi del rifiuto, sia da acqua di costituzione, rimossa per riscaldamento a 105 °C durante la suddetta determinazione degli ST. La fase liquida schematizzata sopra contiene dunque anche la quota parte di acqua intrinsecamente interna ai singoli elementi di rifiuto; questa precisazione appare importante per la corretta comprensione di parametri quali umidità e contenuto d'acqua che verranno definiti successivamente.

Il volume occupato dalla fase gassosa, costituita prevalentemente da aria o dai gas derivanti dalle trasformazioni biologiche della sostanza organica, può essere considerato potenzialmente disponibile anche a ulteriori quantitativi d'acqua aggiunti al campione di rifiuto.

- il peso dell'unità di volume e il contenuto d'acqua;

Il peso dell'unità di volume di un rifiuto è dato dal rapporto tra il suo peso umido  $P$  e il volume occupato dallo stesso; più correttamente andrebbe dapprima definita la densità  $\rho$ , ovvero il rapporto tra la massa  $m$  di rifiuto umida relativa all'unità di volume  $V$ , che risulta:

$$\rho_{ru} = \frac{m}{V}$$

Nella pratica ingegneristica è più spesso utilizzato il peso dell'unità di volume (indicato di frequente come peso specifico) in luogo della densità.

Risultando la densità di una sostanza dipendente dalla temperatura, anche il peso specifico risulta funzione di questa. Si osserva, inoltre, come la densità risulti una caratteristica della sostanza in quanto la massa risulta una grandezza invariante rispetto al campo di forze applicato, cosa questa che non può dirsi per il peso specifico.

- la distribuzione dimensionale;

La conoscenza delle dimensioni e delle distribuzioni dimensionali delle frazioni merceologiche dei rifiuti solidi è di fondamentale importanza ai fini dello sviluppo dei processi di separazione e recupero di dette frazioni, soprattutto nel caso in cui vengano utilizzate operazioni di natura meccanica.

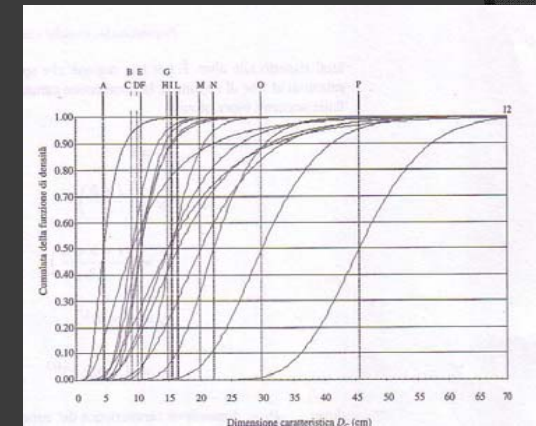
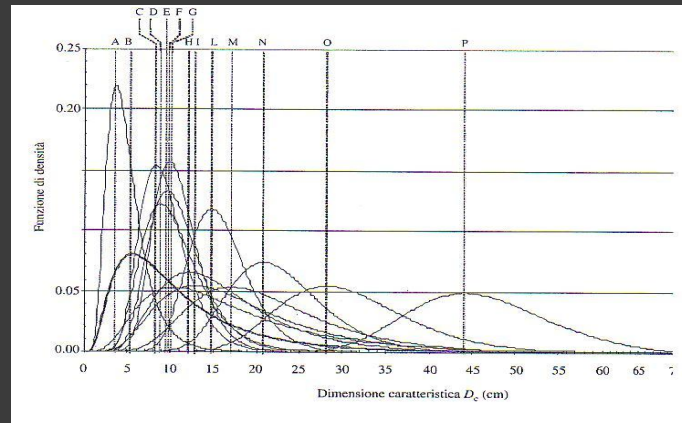
$$D_c = l$$

$$D_c = \left( \frac{l+b}{2} \right)$$

$$D_c = \left( \frac{l+b+h}{3} \right)$$

$$D_c = (l \times b)^{1/2}$$

$$D_c = (l \times b \times h)^{1/3}$$



- la capacità di campo;

La massima quantità di acqua che può trattenere un rifiuto senza che l'azione della gravità ne produca il moto è definita come capacità di campo.

La definizione di questa grandezza ha grande rilevanza nella stima delle quantità di percolato prodotto da un rifiuto abbancato in discarica, poiché appunto solo la quantità di acqua presente

nel rifiuto e in eccesso rispetto alla capacità di campo dà luogo alla produzione di percolato.

La capacità di campo varia con il grado di addensamento del rifiuto e con il livello di decomposizione di questo; in particolare, essendo il grado di addensamento dipendente dall'azione di compattazione esercitata sul rifiuto - che per un rifiuto in discarica varia con la progressiva sovrapposizione degli strati durante la coltivazione - ne consegue che la capacità di campo varia sia in relazione alla pressione applicata che al tempo.

$$FC = 0.6 - 0.55 \left( \frac{W}{5424.92 + W} \right)$$

FC = capacità di campo. espressa come rapporto percentuale tra il peso d'acqua contenuto nel rifiuto e il peso secco del rifiuto (ovvero come contenuto d'acqua), [ % ]

W = pressione indotta sul rifiuto [ Kg/m<sup>2</sup> ]

- ◉ la permeabilità

La permeabilità di un rifiuto è una grandezza fisica fondamentale poiché governa il moto dei liquidi e dei gas attraverso questo; il moto dei liquidi di filtrazione attraverso i rifiuti in discarica, quello del biogas che si viene a formare per effetto dei fenomeni di degradazione biologica, o il moto dell'aria attraverso la frazione organica sottoposta a processi biologici e meccanici di stabilizzazione, sono solo alcuni degli esempi che richiedono la conoscenza di questo importante parametro.

$$K = C \cdot d^2 \frac{\gamma_f}{\mu_f} = k \frac{\gamma_f}{\mu_f}$$

$K$  = coefficiente di permeabilità, m/s,  
 $C$  = costante, adimensionale,  
 $d$  = dimensione caratteristica, m  
 $\gamma_f$  = peso specifico del fluido, N/m<sup>3</sup>  
 $\mu_f$  = viscosità dinamica del fluido, N · s/m<sup>2</sup>  
 $k$  = permeabilità intrinseca o specifica, m<sup>2</sup>

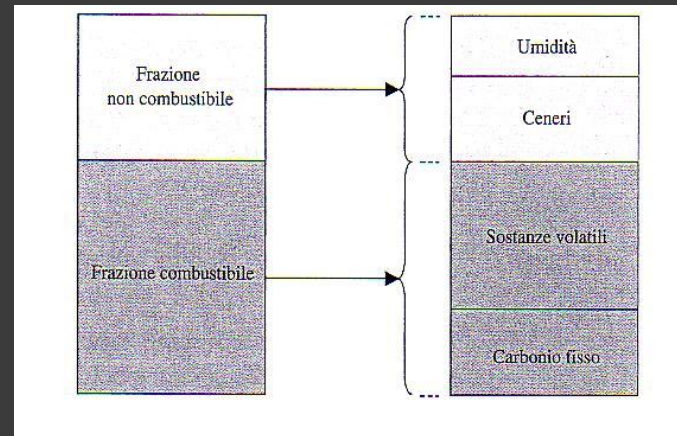
# Proprietà chimiche dei rifiuti

Nel caso sia previsto un riutilizzo della frazione organica, per esempio per la produzione di compost, non saranno necessarie solo le informazioni riguardanti i componenti presenti in percentuale maggiore, ma anche quelle riguardanti gli elementi presenti in traccia.

Inoltre, nel caso di smaltimento in discarica del rifiuto, è importante conoscere non solo la sua composizione qualitativa, ma anche poter valutare l'entità del rilascio di sostanze pericolose per effetto del contatto del rifiuto con le acque di percolazione, ovvero la sua lisciviabilità.

- analisi immediata;
- punto di fusione delle ceneri;
- analisi ultima;
- contenuto energetico;
- lisciviabilità.

## analisi immediata



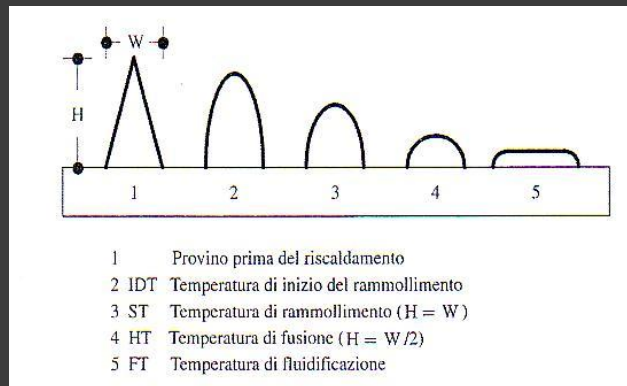
L'analisi immediata comprende dunque le seguenti determinazioni:

- *umidità*: perdita in peso di acqua per riscaldamento del rifiuto a  $105 \pm 5$  °C per 1 ora;
- *sostanze volatili*: perdita in peso di un campione preventivamente essiccato, per riscaldamento a 950 °C in crogiolo chiuso;
- *carbonio fisso*: residuo combustibile a seguito della rimozione delle sostanze volatili;
- *ceneri*: residuo inorganico dopo combustione a circa 600 °C in crogiolo aperto; durante la calcinazione, infatti, le sostanze organiche e il carbonio libero bruciano mentre le sostanze minerali non combustibili rimangono come residuo.



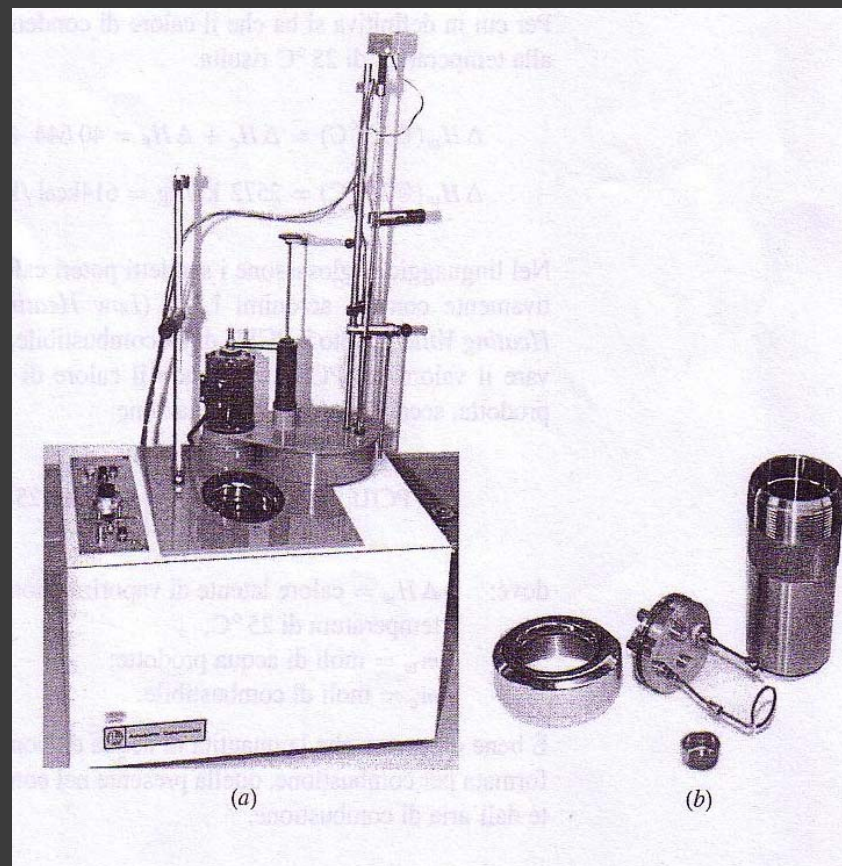
## punto di fusione delle ceneri

Il punto di fusione delle ceneri è una proprietà dei rifiuti, che spesso costituisce un fattore limitante per il processo di combustione. In particolare, esso evidenzia una problematica di primaria importanza nella conduzione di forni a letto fluido, dove la continuità di funzionamento dipende essenzialmente dalla possibilità di evitare la sinterizzazione delle particelle e quindi la perdita di fluidizzazione. Un altro problema operativo legato a tale fenomeno è dato dall'accumularsi delle ceneri stesse sulle tubazioni della caldaia e nelle condutture: si parla di *slagging* (quando si ha la formazione di scorie fuse o viscosi) oppure di *fouling* se il deposito è costituito da specie che sono state precedentemente vaporizzate e poi ricondensate. Lo *slagging* avviene normalmente nelle parti più calde della camera di combustione in cui si ha trasmissione del calore per irraggiamento, come le superfici direttamente esposte alla fiamma, mentre il *fouling* si verifica nelle parti più fredde, in cui invece la trasmissione del calore avviene per convezione.



- *temperatura di inizio del rammollimento (Initial Deformation Temperature, IDT)*: in corrispondenza della quale si osserva il primo arrotondamento dell'apice del cono;
- *temperatura di rammollimento (Softening Temperature, ST)*: dove il cono si deforma fino a che altezza e larghezza della massa di ceneri risultano uguali;
- *temperatura di fusione (Hemispherical Temperature, HT)*: in cui la massa di cenere è fluida ma, a causa della tensione superficiale, assume forma emisferica con altezza pari a metà della larghezza;
- *temperatura di fluidificazione (Fluid Temperature, FT)*: dove la viscosità delle ceneri liquefatte è molto bassa e il materiale si distende in uno strato piatto con uno spessore non superiore a 0.15 cm.

## contenuto energetico



Quantità iniziale	250	Tara	2,4	Peso autocompattatore					3000	Somma		%
Passante 20 mm	23,5	12,9								36,4	31,6	12,6
Organico	17,2	15,8	17	11,2	14,2	12	16	10	11	124,4	102,8	41,1
Carta	4,9	3,4	4,7	4,2	3,2					20,4	8,4	3,4
Cartone	5,4	7	9	6,5	8	4	4,8	6		50,7	31,5	12,6
Contenitori in Plastica	5	5,4	4,1							14,5	7,3	2,9
Plastica in film	4,4	5	6,2	3,7	4,2	12,2	7,3	3,4	3,2	49,6	28	11,2
Altra Plastica	4,3	4	4	6,4						18,7	9,1	3,6
Contenitori sostanze tossiche/infiammabili	3,2									3,2	0,8	0,3
Vetro	4,8	4								8,8	4	1,6
Inerti Pesanti	3									3	0,6	0,2
Alluminio	2,9	3								5,9	1,1	0,4
Metalli	3,1	3,2								6,3	1,5	0,6
Tessili	8,9	3,2								12,1	11,7	4,7
Pelle, Cuoio										0		0,0
Legno	4									4	1,6	0,6
Altri rifiuti pericolosi										0		0,0
Pile/Batterie										0		0,0
Farmaci										0		0,0
Pannolini	12									12	9,6	3,8
Altro												0,0

249,6

99,8

Parametro	U.d. m.	Risultato
TOC	%	42,7
TOC (Frazione < 20 mm)	%	16
Potere Calorifico Superiore	Kcal/ Kg	4.898
Potere Calorifico Superiore (Frazione < 20 mm)	Kcal/ Kg	1.687

**ANALISI COMPOSIZIONALE ED ENERGETICA DEL RIFIUTO SOLIDO URBANO**

**Composizione originaria RSU**

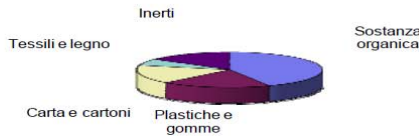
destinato a raccolta differenziata	[%]	PCI [kJ/kg]
Sostanza organica-	43	4200
Plastiche e gomme-	19	30500
Carta e cartoni-	17	12100
Tessili e legno-	6	5400
Inerti (metalli, vetri, ecc.)	15	0
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>9982</b>

**Raccolta differenziata (RD)**

	[% rec.rel.]	[% rec.ass.]
Sostanza organica-	50	21,50
Plastiche e gomme-	50	9,50
Carta e cartoni-	50	8,50
Tessili e legno-	50	3,00
Inerti (metalli, vetri, ecc.)	50	7,50
<b>Totale</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>

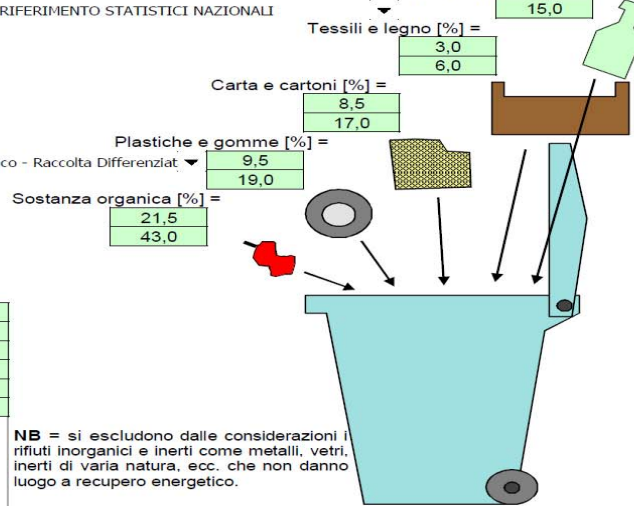
**Composizione residua RSU**

destinato a termodistruzione	[% res.rel.]	[% res.ass.]	[%]
Sostanza organica	78,50	21,50	43,00
Plastiche e gomme	90,50	9,50	19,00
Carta e cartoni	91,50	8,50	17,00
Tessili e legno	97,00	3,00	6,00
Inerti (metalli, vetri, ecc.)	92,50	7,50	15,00
<b>Totale</b>	<b>50,00</b>	<b>100,00</b>	



**Composizione RSU residuo sull'originale [% residuo assoluto]**  
**Composizione RSU residuo sul residuo [%]**

VALORI DI RIFERIMENTO STATISTICI NAZIONALI



NB = si escludono dalle considerazioni i rifiuti inorganici e inerti come metalli, vetri, inerti di varia natura, ecc. che non danno luogo a recupero energetico.

Dato statistico nazionale RD = 15 % PCI = 2400 [kJ/kg]

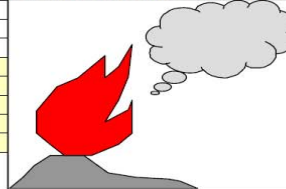
**PCI del rifiuto in uscita dalla raccolta differenziata**

PCI - ingresso [kJ/kg] =	9982	2385	[kJ/kg]
PCI - uscita [kJ/kg] =	9982	2385	[kJ/kg]
Variazione PCI per RD [kJ/kg] =	0,00		
Variazione PCI per RD [%] =	0,00		

**ANALISI COMPOSIZIONALE DEL RIFIUTO SOLIDO URBANO DIFFERENZIATO**

**VALORI DI RIFERIMENTO STATISTICI**

Composiz. rifiuto differenziato	Ceneri %	U [%]	Per il calcolo	
			Ceneri %	U [%]
Sostanza organica-	24,1	63,3	24,1	63,3
Plastiche e gomme-	1,5	4	1,5	4
Carta e cartoni-	18,6	15,8	18,6	15,8
Tessili e legno-	12,4	21	12,4	21
Inerti (metalli, vetri, ecc.)	85	3,75	85	3,75



**Calcolo umidità e scorie**

(percentuale in massa)

Umidità dei rifiuti [%] = 35,1

Ceneri e scorie [%] = 27,3

**VALORI DI RIFERIMENTO STATISTICI**

Composiz. rifiuto differenziato	C [%]	H [%]	O [%]	S [%]
Sostanza organica-	38,8	4,2	28,3	0,9
Plastiche e gomme-	65,6	9,3	17	0,2
Carta e cartoni-	39,2	2,8	37,9	0,9
Tessili e legno-	44,7	5	37	0,1
Inerti (metalli, vetri, ecc.)	9,1	1,1	2,7	0,1

**Composizione per elementi**

	C <sub>2</sub> [%]	H <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	S <sub>2</sub> [%]
RSU differenziato	39,9	4,5	24,5	0,6
<b>totale</b>	<b>69,4</b>			

**VALORI DI RIFERIMENTO STATISTICI**

Composizione chimica RSU	[% massa]	Valori calcolati (utilizzati nel calcolo) [% massa]
U - Umidità	33,0	35,1
Inerti - Ceneri e scorie	24,0	27,3
C - Carbonio	22,7	39,9
H - Idrogeno	3,0	4,5
O - Ossigeno	16,0	24,5
S - Zolfo	0,1	0,6

**PCI dalla composizione chimica**  
(alternativa al calcolo diretto dalle classi merceologiche del rifiuto)

Formula degli ingegneri tedeschi [kJ/kg<sub>r</sub>] = 2392 [kJ/kg<sub>r</sub>] 10015

Calcolo del rapporto teorico o stechiometrico [kg<sub>o</sub>/kg<sub>r</sub>] = 1,185

Calcolo dell'indice d'aria o dosatura stechiometrica [kg<sub>a</sub>/kg<sub>r</sub>] a<sub>1</sub> =

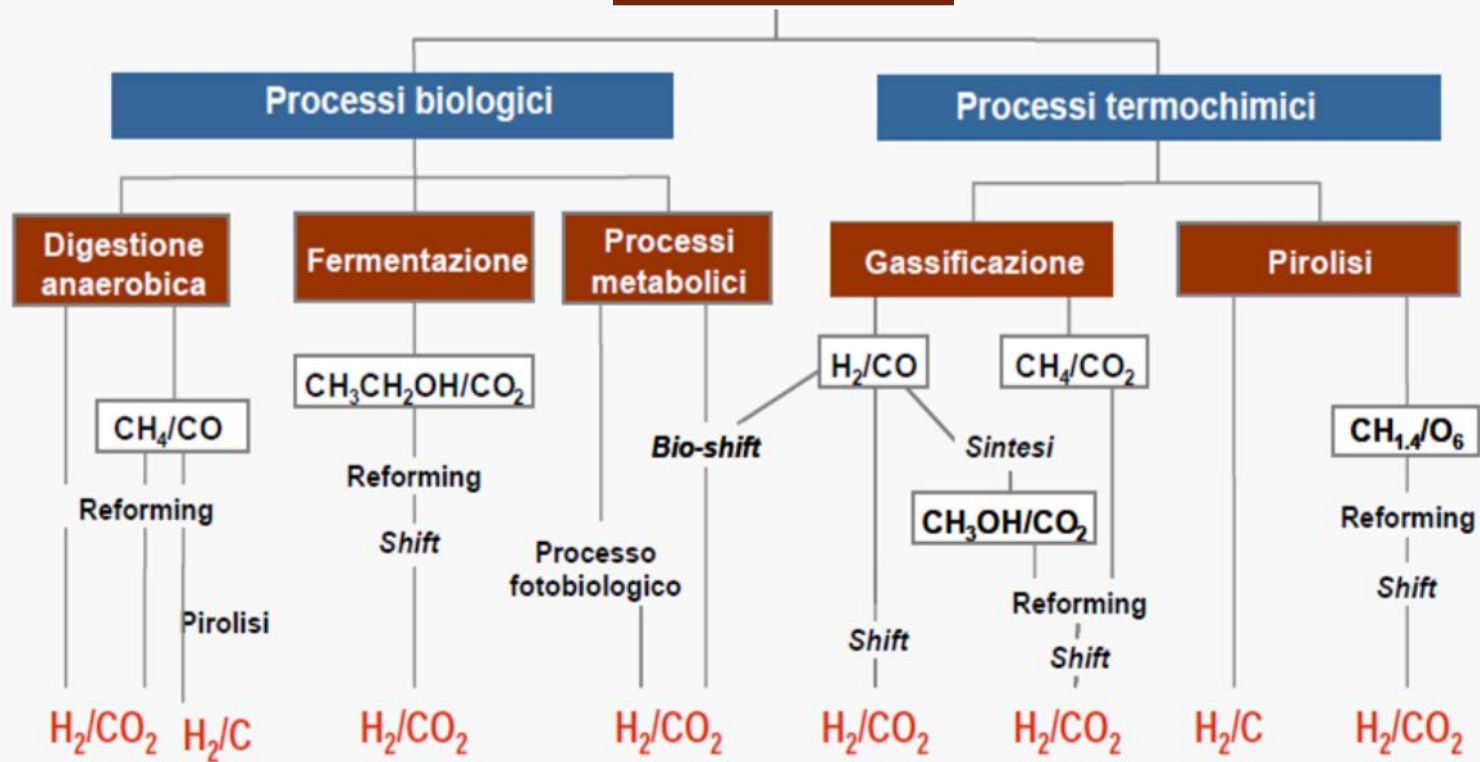
Formula del Cornetti 5,109

Formula dell'Anglesio 7,221

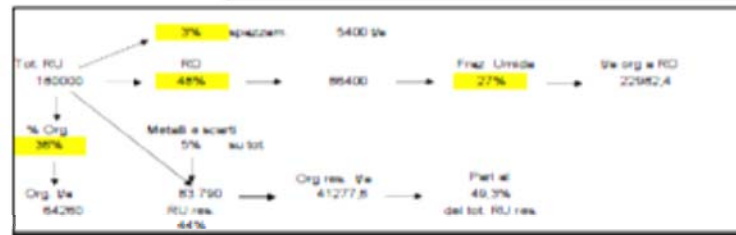
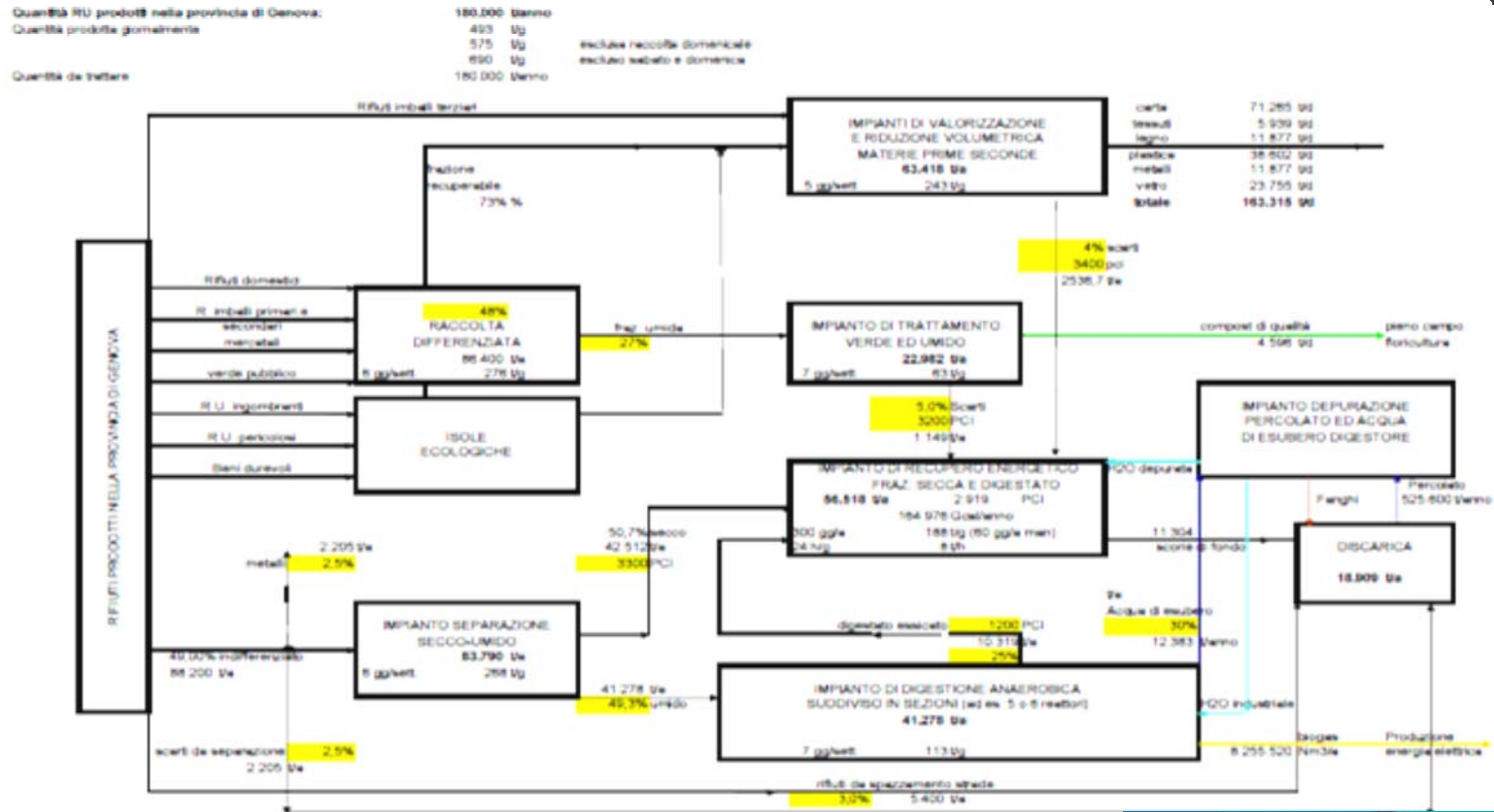
Valore medio 6,165

NB = la discordanza tra i valori calcolati del PCI dalle classi merceologiche di rifiuto e dalle componenti elementari deriva dai valori statistici inseriti per questi ultimi. Diverse considerazioni possono farsi per il calcolo dell'aria teorica ricavata dalle due diverse formule.

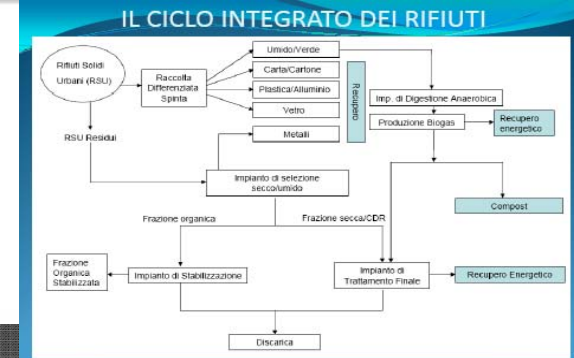
# RIFIUTO



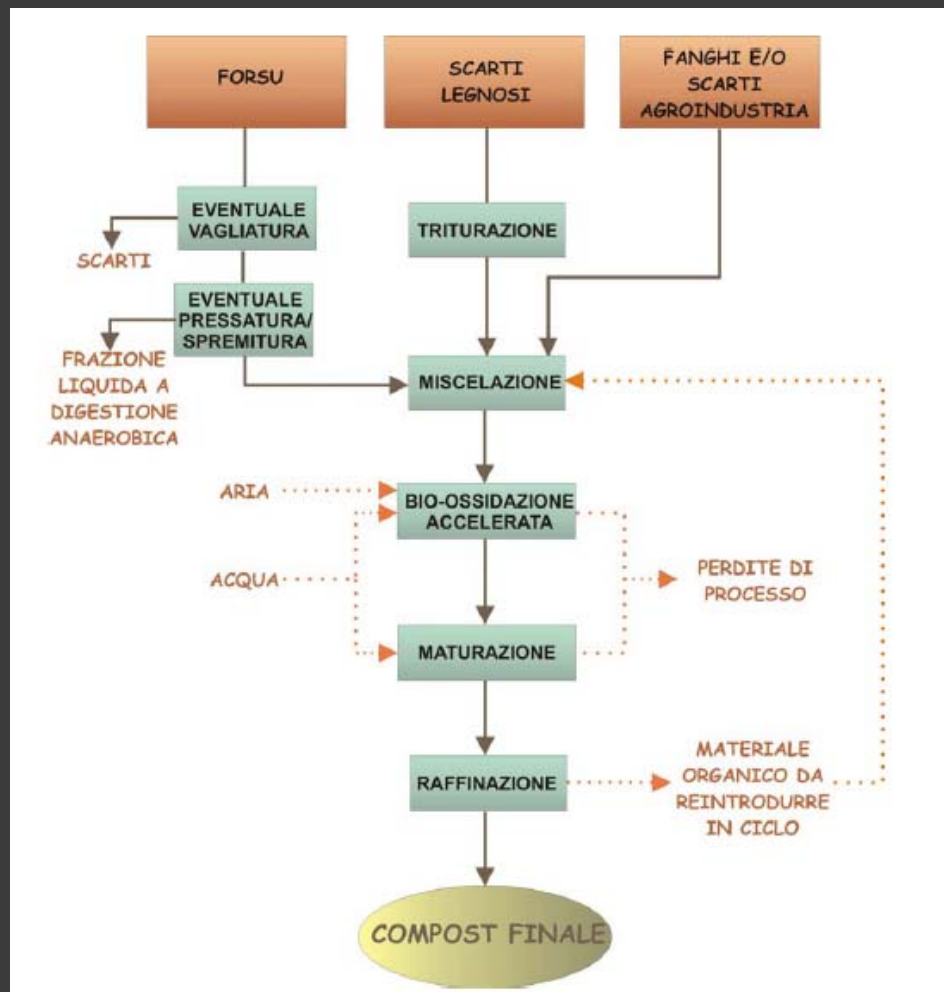
# Schema del flusso di massa per sistema di gestione integrata



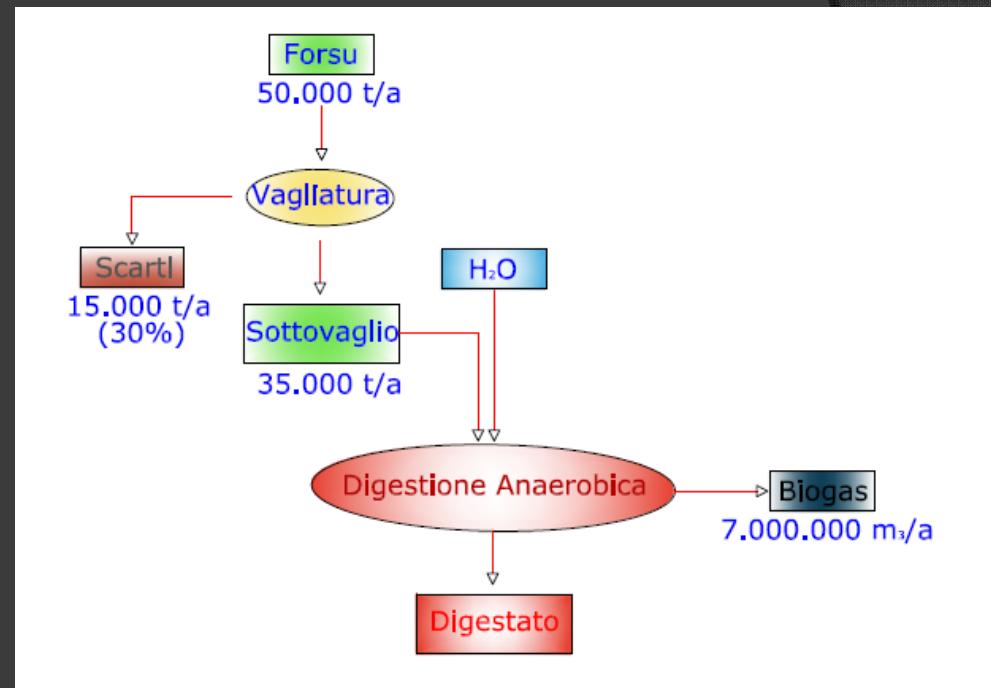
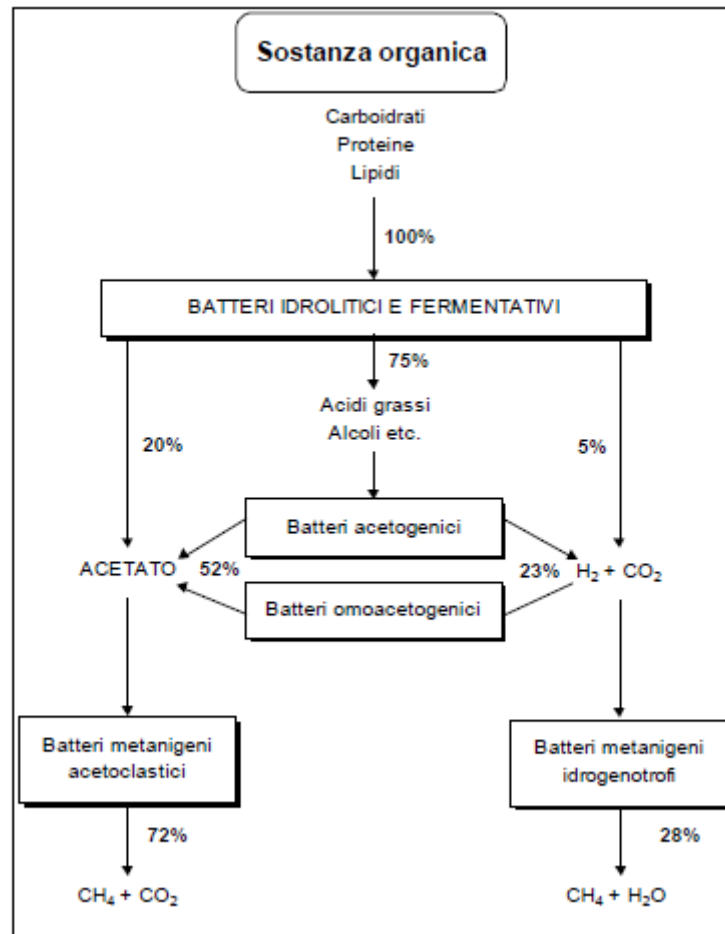
Schema trattamento rifiuti per porto spe: secco umido 45% RD



## Diagramma a blocchi processo compostaggio

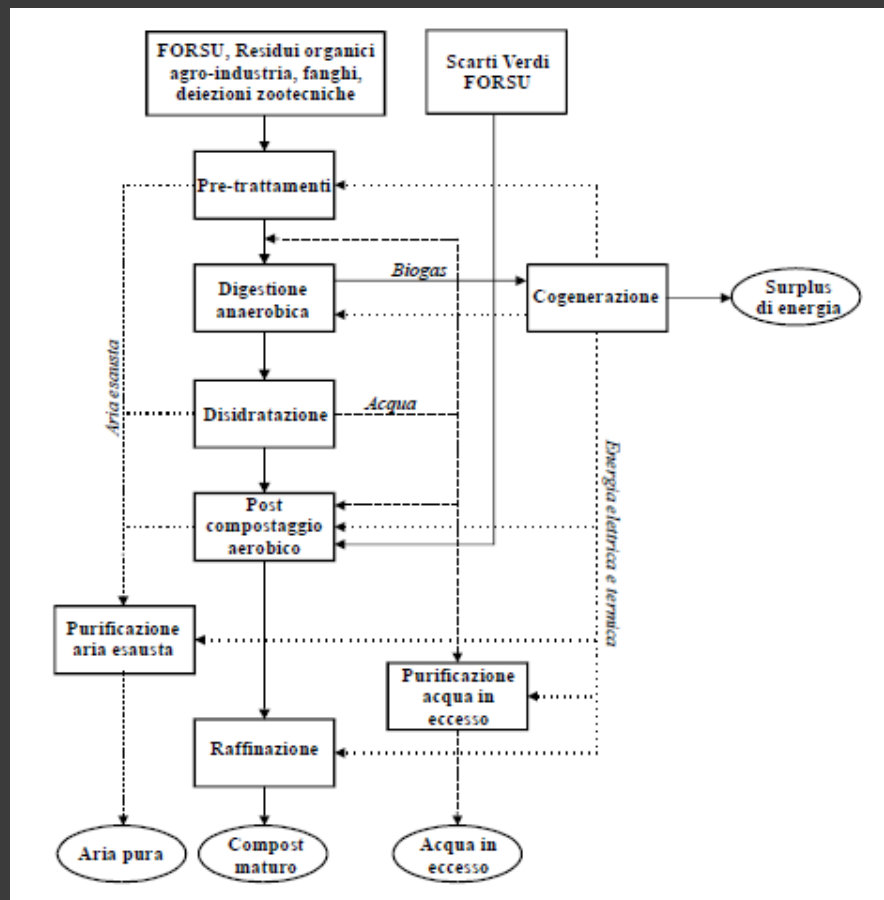


# Schema di flusso impianto di digestione anaerobica

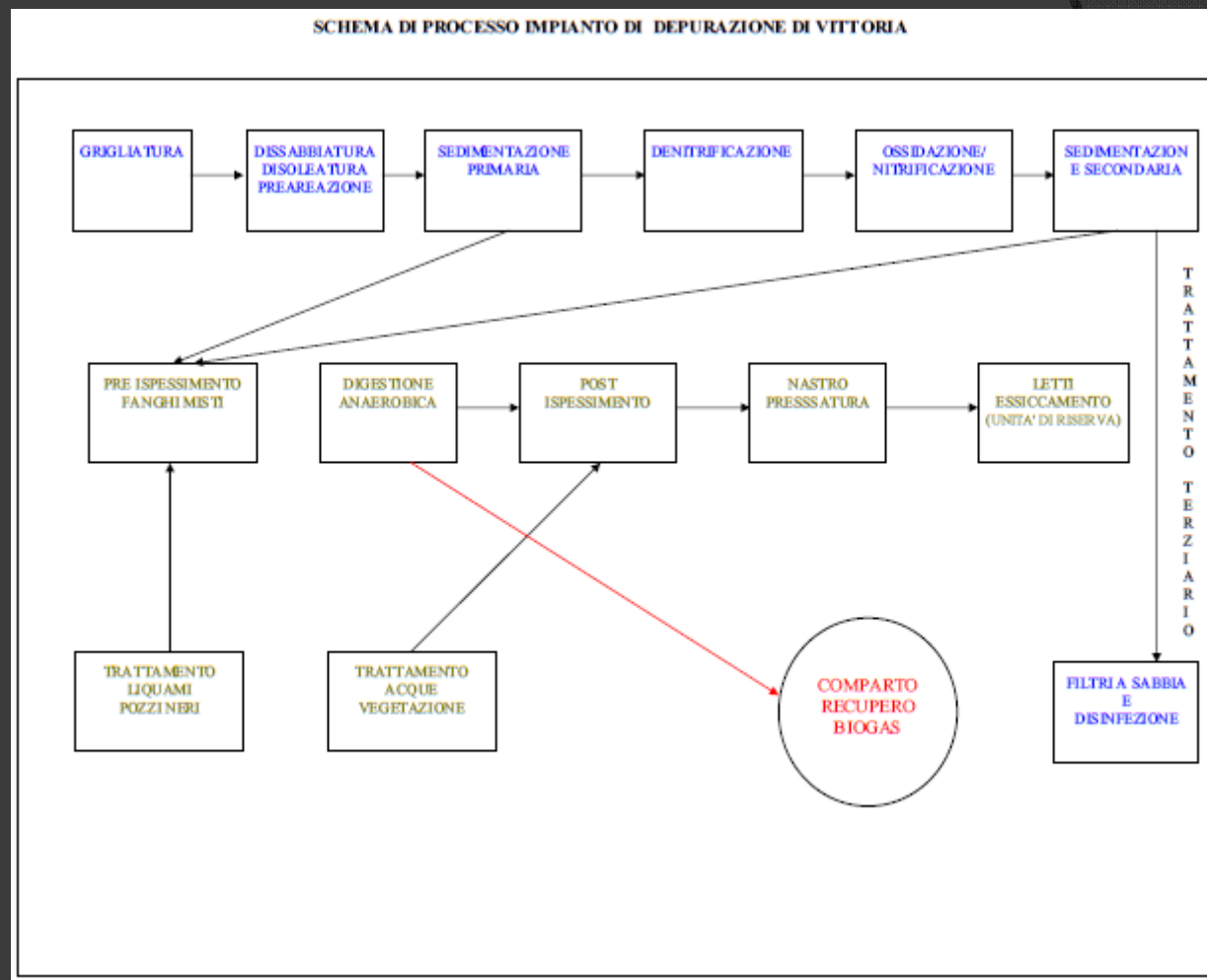




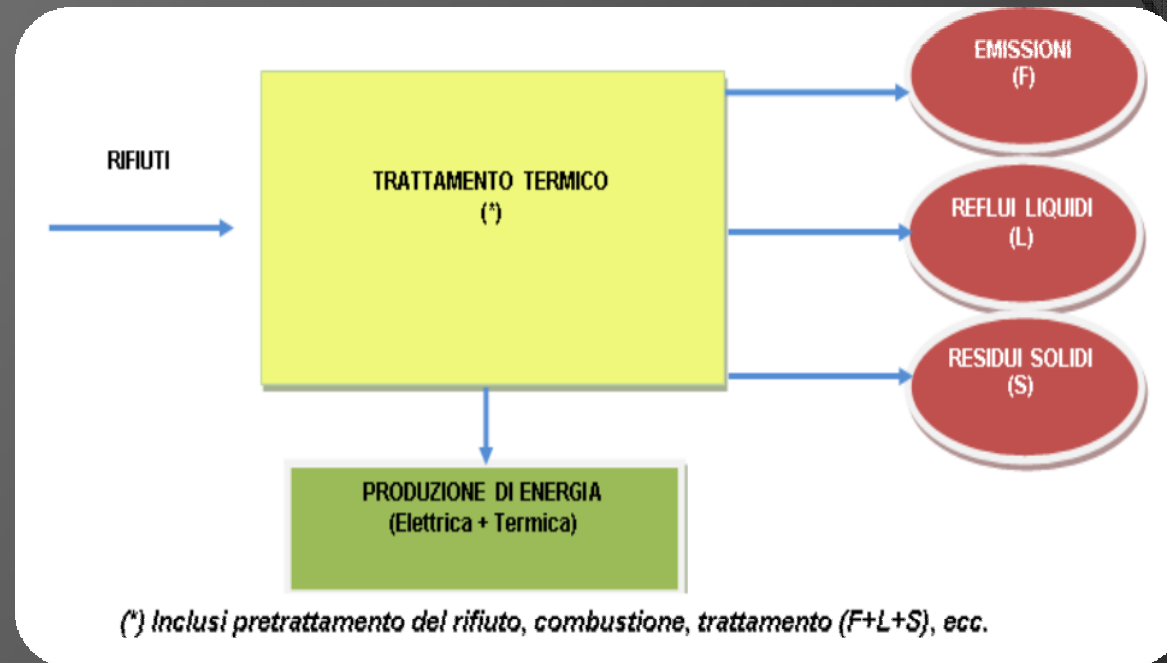
## Schema a blocchi trattamento integrato anaerobico/aerobico



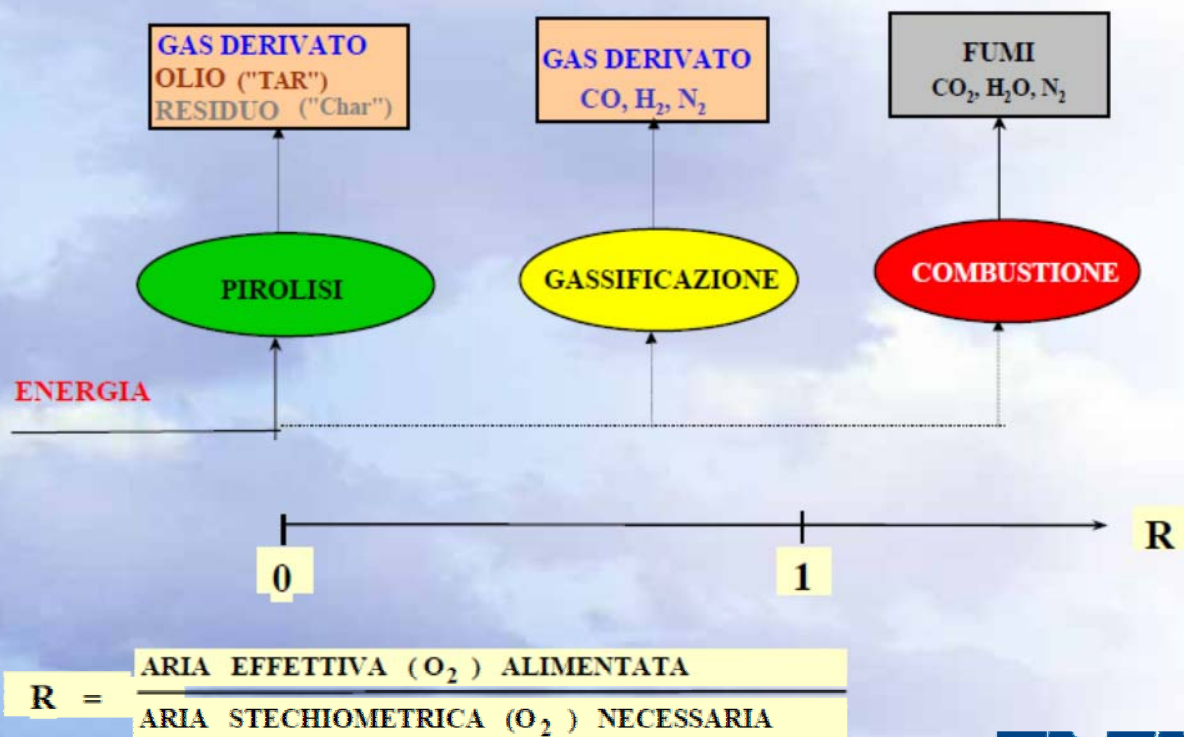
# ADEGUAMENTO DELLE LINEE DI TRATTAMENTO FANGHI (CON DIGESTIONE ANAEROBICA) IN IMPIANTI DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE



# TRATTAMENTI TERMICI NON OSSIDATIVI



## I processi di trattamento termico



Fonte ENEA

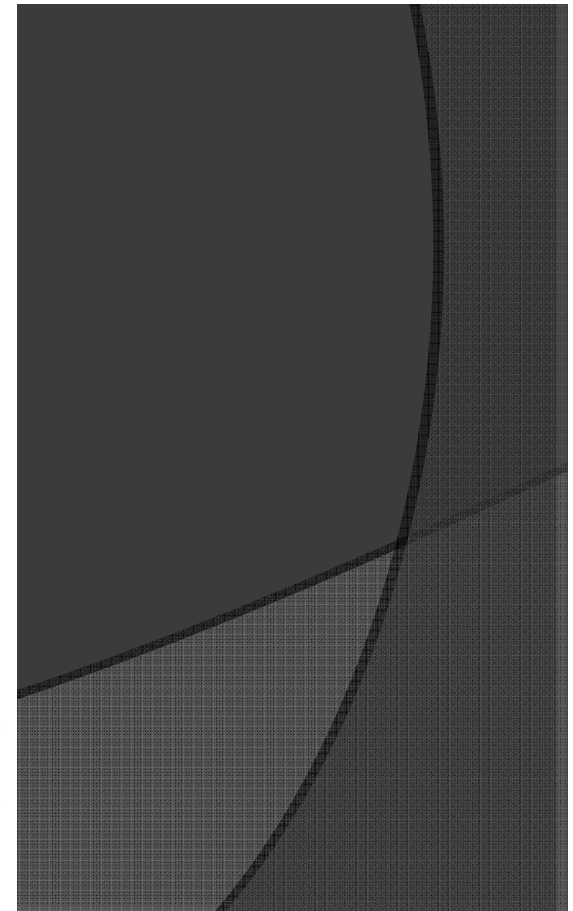
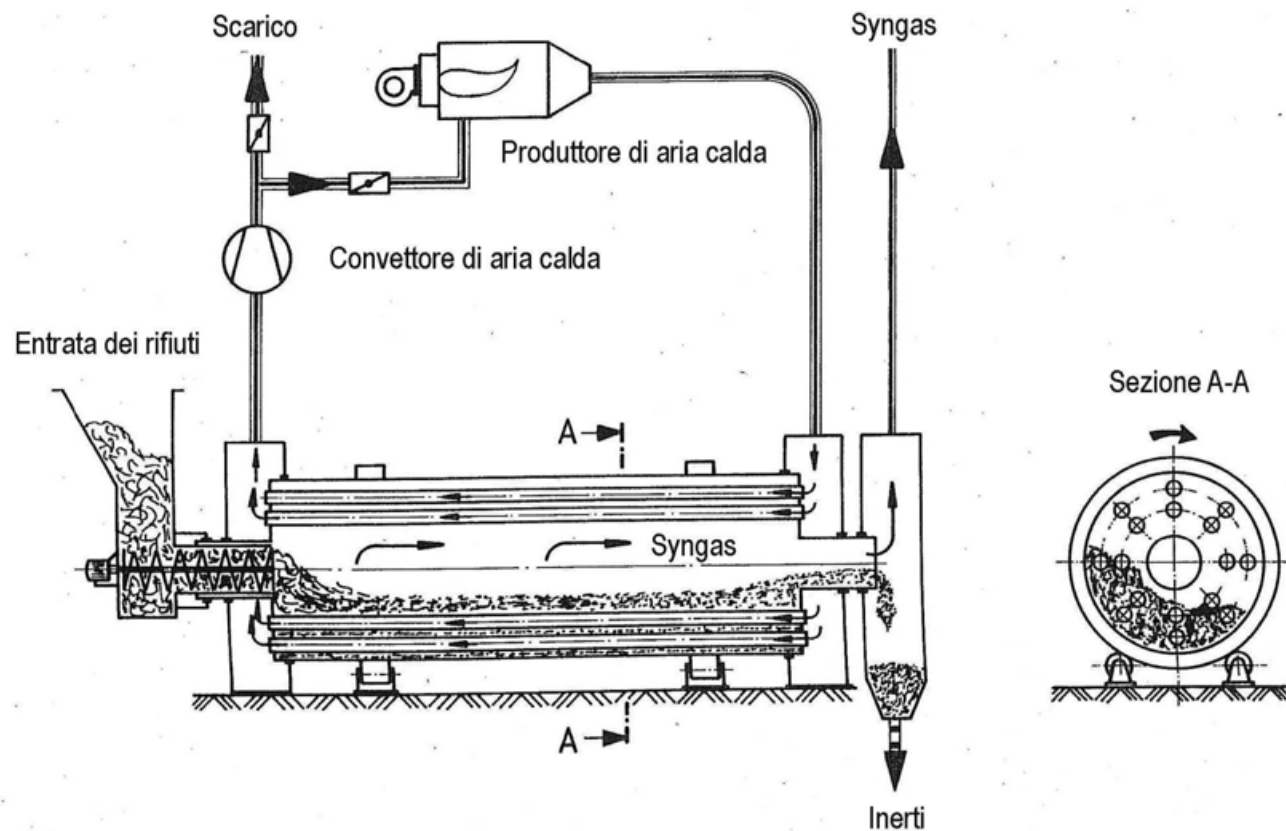
	<b>Combustione</b>	<b>Gassificazione</b>	<b>Pirolisi</b>
<b>Scopo del processo</b>	Massimizzare la conversione del rifiuto a CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O (produrre gas effluenti ad alta temperatura)	Massimizzare la conversione del rifiuto a CO e H <sub>2</sub> (produrre gas combustibile ad alto potere calorifico)	Massimizzare la degradazione termica del rifiuto a gas e fasi condensate
<b>Condizioni di esercizio</b>			
Ambiente di reazione	Ambiente fortemente ossidante (elevati eccessi d'aria)	Ambiente riducente (quantità di ossigeno inferiore a quella stechiometrica)	Assenza di ossigeno
Temperatura	Tra 850°C e 1200°C	Generalmente superiore agli 800°C	Tra 500°C e 800°C
Pressione	Generalmente atmosferica	Generalmente atmosferica ma può essere anche elevata	Leggera sovrappressione
Gas reagente	Aria	Aria, ossigeno, anidride carbonica, vapor d'acqua	Nessuno (si usa azoto o parte del gas prodotto)
<b>Output del processo</b>			
Gas prodotti	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>	CO, H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e in genere C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>
Inquinanti	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , HCl	H <sub>2</sub> S, HCl, COS, NH <sub>3</sub> , HCN, tar	H <sub>2</sub> S, HCl, NH <sub>3</sub> , HCN, tar
Ceneri	Generalmente secche (materiale minerale convertito a ceneri di fondo e ceneri volanti) Trattate e smaltite come rifiuti speciali	Ceneri di fondo, se vetrose, adatte per utilizzo nei materiali di costruzione Ceneri volanti trattate e smaltite come rifiuti speciali	Spesso con contenuto di carbonio non trascurabile Trattate e smaltite come rifiuti speciali
<b>Trattamento del gas</b>			
	Gas effluenti trattati e poi emessi in atmosfera	Gas di sintesi trattati e poi usati per produzione di chemicals o di energia (con successiva emissione in atmosfera)	Gas trattati e poi usati per produzione di chemicals o di energia (con successiva emissione in atmosfera)

# Proposta PAMERG per ATO Ragusa Ambiente

- ⦿ Realizzazione Impianto Pirolisi (Vittoria e Termini Imerese)
- ⦿ Landifil Mining discarica di Vittoria
- ⦿ Recupero Energetico Syngas con Celle a Combustibile

**Steinbeis-Transferzentrum,  
Verfahrens-, Energie- und  
Umwelttechnik, Heilbronn**  
Robert-Bosch-Straße 32  
D-74081 Heilbronn

Direttore: Prof. Dr.-Ing. E. Pruckner



## SPINOFF SRL

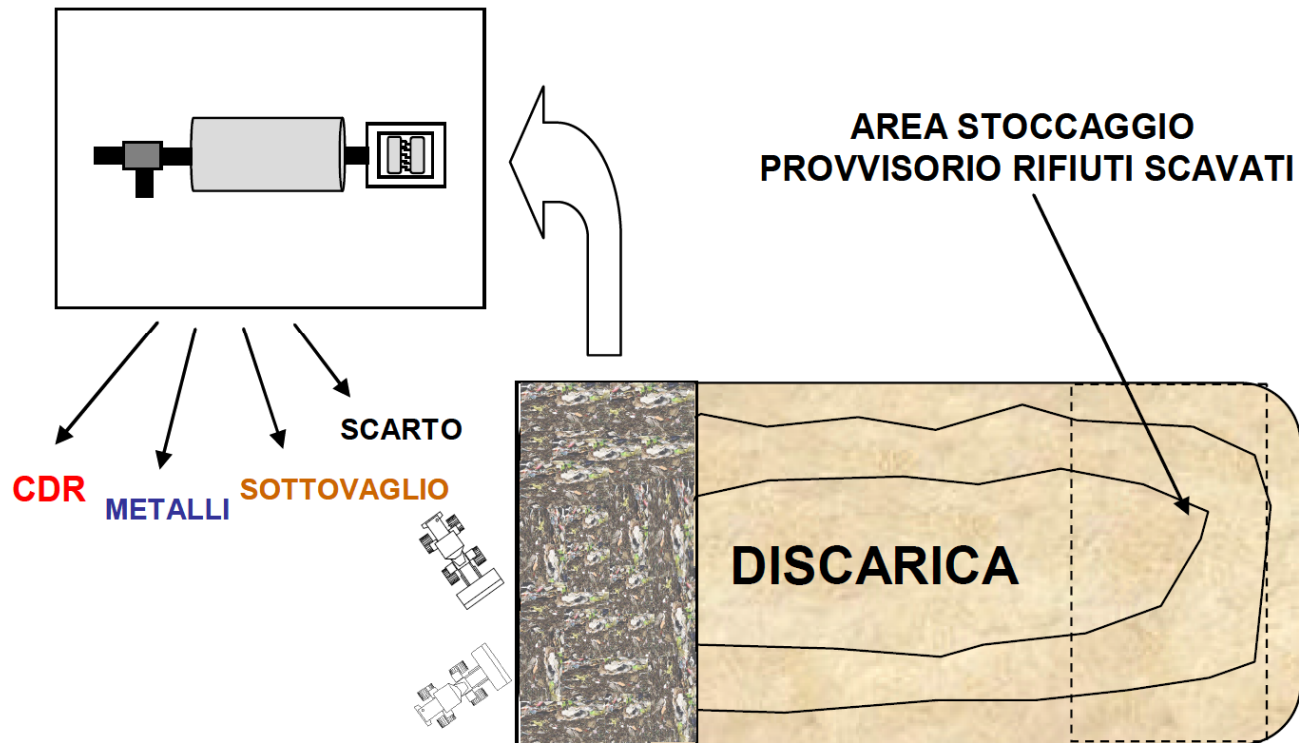
Società promossa e partecipata dall'Università di Padova per la bonifica dei siti contaminati e delle vecchie discariche

Sede legale: P.ta Bussolin, 20 - 35137 Padova. Sede operativa: via Beato Pellegrino, 23 - 35137 Padova

Tel. 049 8717939 - Fax 049 8726987 - P. IVA e Codice Fiscale 03724510288 - WEB [www.spinoffsrl.com](http://www.spinoffsrl.com)

Prof. Raffaello Cossu

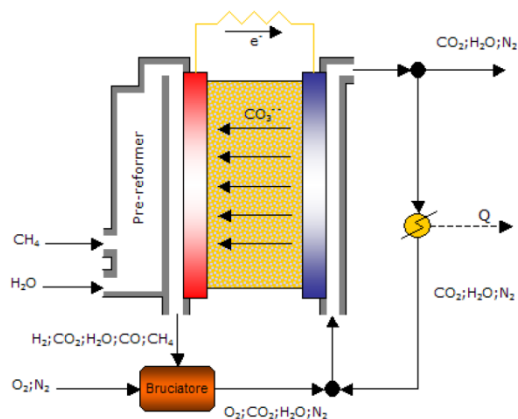
### IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI





Scopo della presente dissertazione è quello di porre le basi tecniche per la futura installazione, presso l'impianto di depurazione di Vittoria, in concomitanza con le imminenti manutenzioni del comparto digestione anaerobica, di un impianto pilota per la produzione di idrogeno dal biogas, da utilizzare in celle a combustibile, potendo sperimentare un siffatto impianto presso un depuratore effettivamente funzionante mettendo a diretto confronto tale soluzione con il più tradizionale impianto di cogenerazione (esistente) a combustione interna.

- Reazione di reforming  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$
  - Reazione di shift  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
  - Semi-reazione anodica  $4 \cdot \text{H}_2 + 4 \cdot \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 4 \cdot \text{CO}_2 + 4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^-$
- mentre al catodo si ha:
- Semi-reazione catodica  $2 \cdot \text{O}_2 + 4 \cdot \text{CO}_2 + 8\text{e}^- \rightarrow 4 \cdot \text{CO}_3^{2-}$
- e quindi la reazione totale è:
- $$\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$$



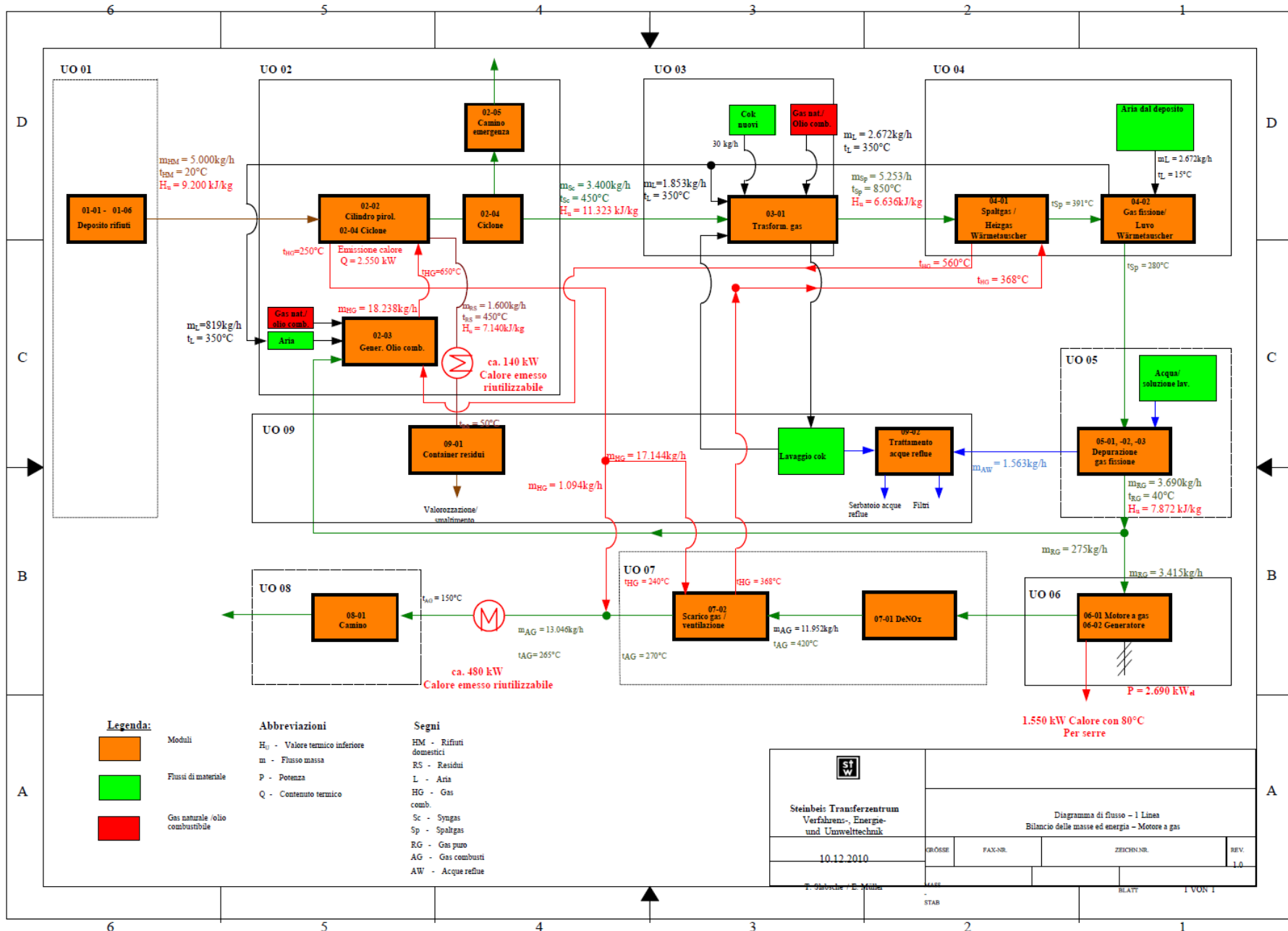
Prof. Stefano Cavallaro  
Ing. Salvatore Freni  
Dott. Fabio Ferreri

ANNO 2000/2001









- Legenda:**
- Moduli
  - Flussi di materiale
  - Gas naturale /olio combustibile

- Abbreviazioni**
- $H_u$  - Valore termico inferiore
  - $m$  - Flusso massa
  - $P$  - Potenza
  - $Q$  - Contenuto termico

- Segni**
- HM - Rifiuti domestici
  - RS - Residui
  - L - Aria
  - HG - Gas comb.
  - Sc - Syngas
  - Sp - Spaltgas
  - R.G - Gas puro
  - AG - Gas combust
  - AW - Acque reflue

Steinbeis Transferzentrum Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik		Diagramma di flusso - 1 Linea Bilancio delle masse ed energia - Motore a gas	
10.12.2010	BROSSE	FAX-NR.	ZEICHN-NR.
			REV. 1.0
F. Stöckh / E. Mühl	STAB	BLATT	1 VON 1

# Previsione costi gestione impianto piroscissione

## Schema economico orientativo impianto Piroli per 60.000 tonnellate anno

		costi annui	ricavi annui
costo investimento senza terreno	€ 25.000.000,00	€ 2.750.000,00	
costo personale 25 persone		€ 1.000.000,00	
spese di manutenzioni annue e accantonamenti per rinnovo parti usurate		€ 600.000,00	
costi materiale per il funzionamento (€ 250.000 a linea)		€ 750.000,00	
conferimento in discarica dello scarto di lavorazione (20% del materiale trattato x € 100)		€ 1.200.000,00	
<b>totale costi anno</b>		<b>€ 6.300.000,00</b>	
imprevisti/spese generali non considerate		10% € 630.000,00	
		<b>€ 6.930.000,00</b>	

### ipotesi di rifiuto a basso/medio contenuto energetico (Italia):

ricavi da produzione di energia: 1 kg di rifiuto al 38% di umidità contiene 7.400 kj di energia, il ricavo energetico utilizzabile previsto è tra un 50/60%:

produzione energetica prevista per una quantità di rifiuto trattato pari a 60.000 t = 48.600.000 kwh annui

stima vendita in rete dell'energia prodotta: € 0.09 x 48.600.000 kwh =

€ 4.374.000,00

differenza annua

€ 2.556.000,00

costo a tonnellata

€ 115,50

ricavo energetico a tonnellata

€ 72,90

costo effettivo a tonnellata includendo il pagamento dell'impianto

€ 42,60

### ipotesi di rifiuto a basso/medio contenuto energetico (Italia), con certificati verdi pari al 40%:

produzione energetica prevista per una quantità di rifiuto trattato pari a 60.000 t = 48.600.000 kwh annui

stima vendita in rete dell'energia prodotta: € 0.09 x 29.160.000 kwh =

€ 2.624.000,00

stima vendita con certificati verdi:

€ 0.18 x 19.440.000 kwh =

€ 3.490.000,00

totali

€ 6.114.000,00

differenza annua

€ -816.000,00

costo a tonnellata

€ 115,50

ricavo energetico a tonnellata

€ 101,90

costo effettivo a tonnellata includendo il pagamento dell'impianto

€ 13,60

GRAZIE per l'attenzione