

## BIOMASSE

E' definito "biomassa" tutto ciò che ha matrice organica, vegetale o animale, e che è destinato a fini energetici. Non sono invece considerate biomasse alcuni materiali appartenenti alla chimica del carbonio (come le materie plastiche e i materiali fossili).

La biomassa rappresenta la forma più sofisticata di accumulo dell'energia solare. Mediante il processo di fotosintesi, infatti, i vegetali sono in grado di convertire radiante in energia chimica e di stoccarla sotto forma di molecole complesse, costituite principalmente da lunghe catene di C, H e O, carboidrati (75%) e lignina (25%), a elevato contenuto energetico.

Per tale motivo la biomassa è considerata una risorsa rinnovabile e inesauribile, se opportunamente utilizzata, ovvero se il ritmo di impiego non supera la capacità di rigenerazione delle formazioni vegetali.

Le biomasse possono essere suddivise in due settori: residuali e non residuali.

**RESIDUALI** : che derivano da residui del comparto di produzione ad esempio dai residui colturali di attività agricole, in campo forestale, zootecnico, residui industriali del legno, dell'agroalimentare e rifiuti solidi urbani RSU.

**NON RESIDUALI**: coltivate specificatamente per scopi energetici,

colture da carboidrati, colture oleaginose, lignocellulosiche da cui ricavare biocarburanti (biodiesel, bioetanolo).

## PROCESSI DI CONVERSIONE DELLE BIOMASSE

- 1) **Processi termochimici** con produzione di calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia  
Si utilizzano quando il rapporto (carbonio/azoto) C/N è maggiore di 30 e il contenuto di umidità è inferiore al 30%.
- 2) Processi **biochimici** in cui si produce energia attraverso reazioni chimiche dovute alla presenza di enzimi, funghi e altri microorganismi.  
Si utilizzano quando il rapporto (carbonio/azoto) C/N è minore di 30 e il contenuto di umidità è superiore al 30%.

## PROCESSI TERMOCHIMICI

Le biomasse utilizzate per tale processo di conversione riguardano:

- Legna e suoi derivati (segatura, trucioli, ecc..)
- Sottoprodotti ligno-cellulosici (paglia, residui di potature)
- Scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli)

## LA COMBUSTIONE DIRETTA

E' il più semplice dei processi termochimici e consiste nell'ossidazione completa della biomassa in  $H_2O$ , e  $CO_2$  con sviluppo di calore (reazione esotermica). La combustione viene generalmente effettuata in **forni**.

Figura 7.3 - Forno a tamburo rotante per pirogassificazione.

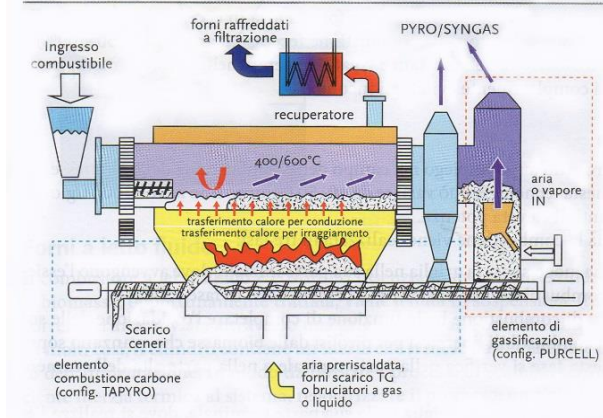
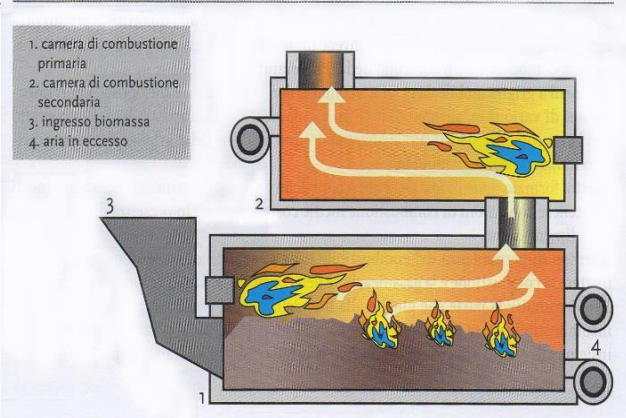


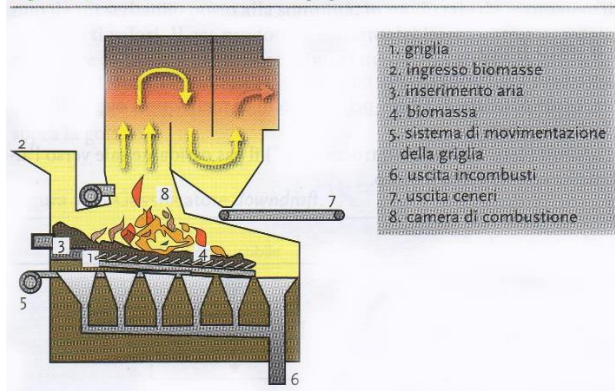
Figura 7.4 - Schema di forno ad aria controllata.



E' costituito da un cilindro rotante attorno al proprio asse con opportuna inclinazione per favorire il movimento di materiale.

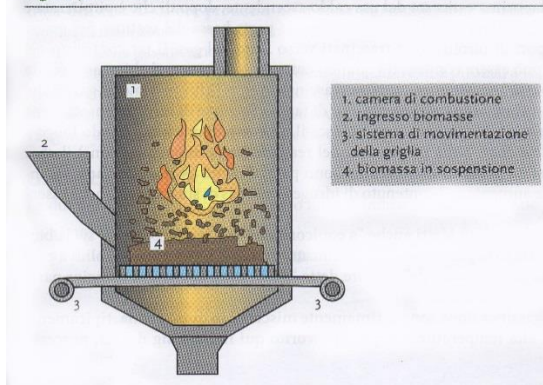
Nella camera di combustione secondaria viene fornita aria in eccesso per il completamento della combustione.

Figura 7.5 - Schema di un forno a griglia.



L'aria viene iniettata sottogriglia per favorire la combustione, mentre sopra la griglia viene inviata l'aria per il completamento della combustione.

Figura 7.6 - Forno a letto fluido.



La biomassa tenuta in sospensione da una corrente d'aria è mescolata con sabbia per favorire il processo di scambio termico.

## LA GASSIFICAZIONE

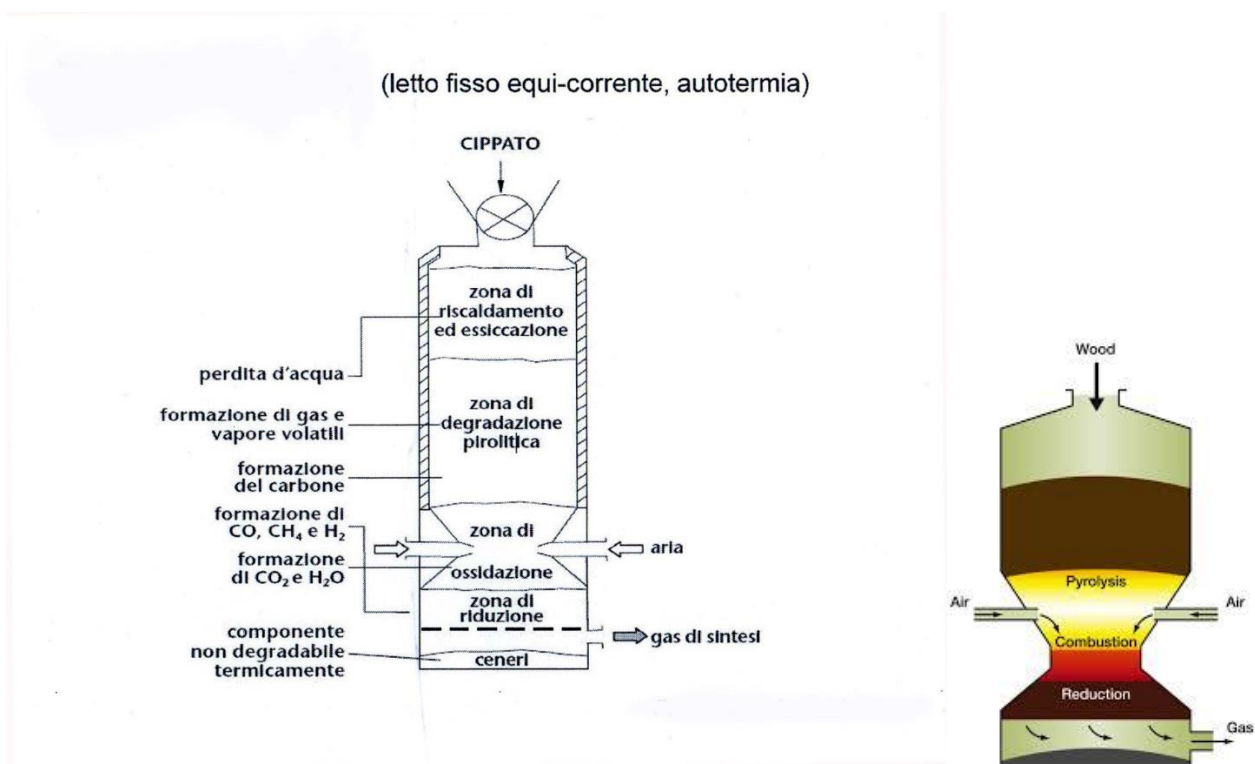
La gassificazione è un processo di degradazione termochimica attraverso il quale del materiale di natura organica, in presenza di una quantità di ossigeno **sub-stechiometrica** (ovvero inferiore alla quantità strettamente necessaria per ottenere una combustione completa) subisce una trasformazione generando principalmente un gas di sintesi (il cosiddetto **Syngas**) e da ceneri.

Tale processo avviene mediante riscaldamento a temperature superiori rispetto a quelle impiegate nella pirolisi, ovvero a **temperature in genere comprese tra 700 ed 800°C** e produce come detto sopra un gas suddivisibile in due componenti: **Char e Tar**.

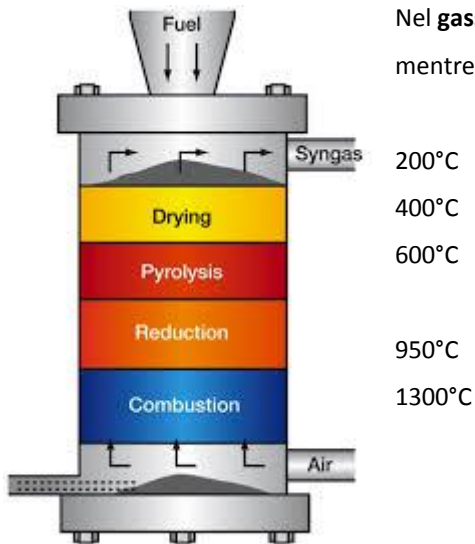
Il Char rappresenta la frazione del gas composta principalmente da metano e monossido di carbonio, e rappresenta la "frazione utile" dello stesso, mentre il Tar è composto da residui carboniosi, idrocarburi aromatici catramosi ed anidride carbonica.

La percentuale delle due specie nel Syngas dipende dalle caratteristiche del processo, ma appare evidente come sia importante massimizzare la frazione di Char a scapito del Tar.

### Gassificatore equicorrente



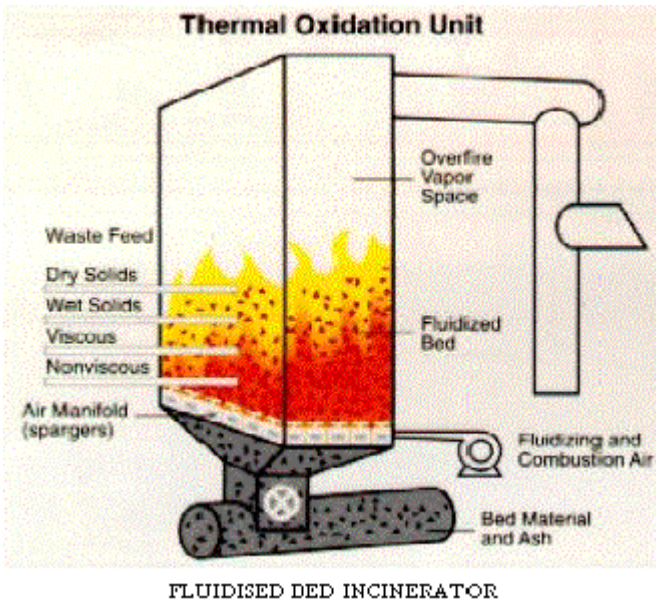
- 1) Nella zona di **riscaldamento ed essiccazione** (fino a 200°C) avviene la perdita di acqua.
- 2) Nella **PIROLISI** (fino a 700°C) processo che avviene in quasi totale assenza di aria si ha la produzione di gas.
- 3) Nella zona di **ossidazione**, dove c'è l'ingresso di aria, avviene la **combustione** della biomassa con eliminazione di H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>.
- 4) Nella zona di **riduzione** si ha la formazione del **Syngas** (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>) con contenuto di catrame.



Nel **gassificatore controcorrente** il gas ossidante sale verso l'alto, mentre la biomassa scende verso il basso.

- Nei **gassificatori ad aria** si produce un Syngas di basso potere calorifico ( $P_{Ci} = 6 \text{ MJ/m}^3$ );
- nei **gassificatori a vapor d'acqua** un Syngas con  $P_{Ci} = 10 \text{ MJ/m}^3$ ;
- nei **gassificatori ad ossigeno** un Syngas ad alto potere calorifico ( $P_{Ci} = 14 \text{ MJ/m}^3$ )

### gassificatore a letto fluido

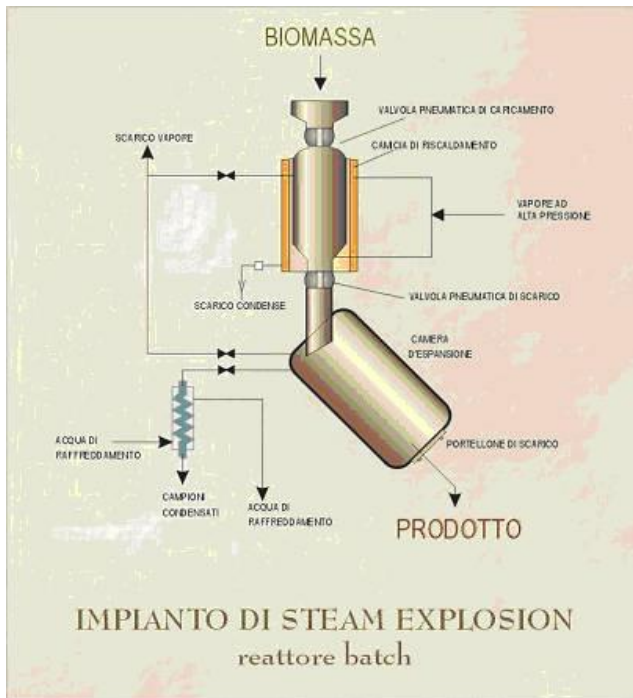


Consiste in un contenitore con una grata nella parte inferiore, attraverso la quale viene introdotto il gas ossidante: Sopra la grata è dislocato il letto di materiale composto di particolato di piccole dimensioni tenuto in equilibrio dal flusso del gas ossidante (letto fluido). La biomassa viene iniettata all'interno del letto fluido (a 800 – 900°C) dove è gassificata.

Il **Syngas** prodotto trascina con sé un parte di particolato (mix di ceneri e carbonella) che deve poi essere rimosso con dei sistemi di pulizia:

- Cicloni
- Filtri a barriera
- Precipitatori elettrostatici
- Lavaggio

## Steam explosion



E' un trattamento innovativo che consiste nell'utilizzo di vapore saturo ad alta pressione per riscaldare rapidamente la biomassa e separarla nelle sue tre componenti: **emicellulosa, cellulosa, lignina**.

L'**emicellulosa** costituisce il 10 – 40% della biomassa e si presenta come un polimero misto formato da zuccheri con 5 o 6 atomi di carbonio; presenta proprietà adesive e si rigonfia con acqua.

La **cellulosa** è il maggiore costituente della biomassa 30 - 60%. La presenza di legami ad idrogeno nella struttura ne impartisce resistenza ed elasticità.

La **lignina** ne rappresenta il 10 – 30%, ha la funzione di legare tra loro le varie fibre per conferire compattezza e resistenza alla pianta; è utilizzata principalmente come combustibile.

## PROCESSI BIOCHIMICI

Consistono nella degradazione della sostanza organica in condizioni anaerobiche in assenza di  $O_2$  molecolare o in presenza di  $NO_3$  per azione di diversi batteri con produzione di **BIOGAS** (composto da 40 - 75% da  $CH_4$ , 25 – 35% da  $CO_2$ , 2% da  $O_2$ , 1% da  $H_2$ ) con potere calorifico  $23 MJ/m^3$  superiore al Syngas.

Nel processo di produzione del biogas si distinguono quattro fasi:

- **Idrolisi**, in cui le molecole organiche subiscono una scissione in composti più semplici quali aminoacidi, acidi grassi tramite **batteri idrolitici**.
- **Acidogenesi** trasformazione in acidi grassi volatili (acido acetico, butirrico, propionico) con produzione di  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $H_2SO_3$ .
- **Acetogenesi** ulteriore trasformazione con produzione di  $CO_2$ ,  $H_2$  e acido acetico tramite **batteri acidificanti**.
- **Metanogenesi** con produzione di  $CH_4$ ,  $CO_2$  e  $H_2O$  tramite **batteri metanigeni**

L'attività biologica anaerobica può avvenire a diversi intervalli di temperatura in corrispondenza dei quali agiscono differenti specie di microorganismi:



- **Psicrofili** (temperature inferiori a 20°C) tempo di azione 40 – 100 giorni;
- **Mesofili** (temperature comprese tra 20 e 40°C) tempo di azione 20 – 40 giorni;
- **Termofili** (temperature superiori ai 45°C) tempo di azione 2 o 3 settimane.

Il substrato, per favorire la crescita di microorganismi, deve avere un **pH** compreso tra **7 e 7,5**.

Il processo di digestione anaerobica è influenzato dalla presenza di sostanze che possono inibire il processo di metanizzazione (acido solfidrico, azoto ammoniacale, cloroformio, formaldeide, fenoli). Anche la presenza di solfuri metallici può rendere inattivi molti enzimi.

## IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS

Si distinguono quelli:

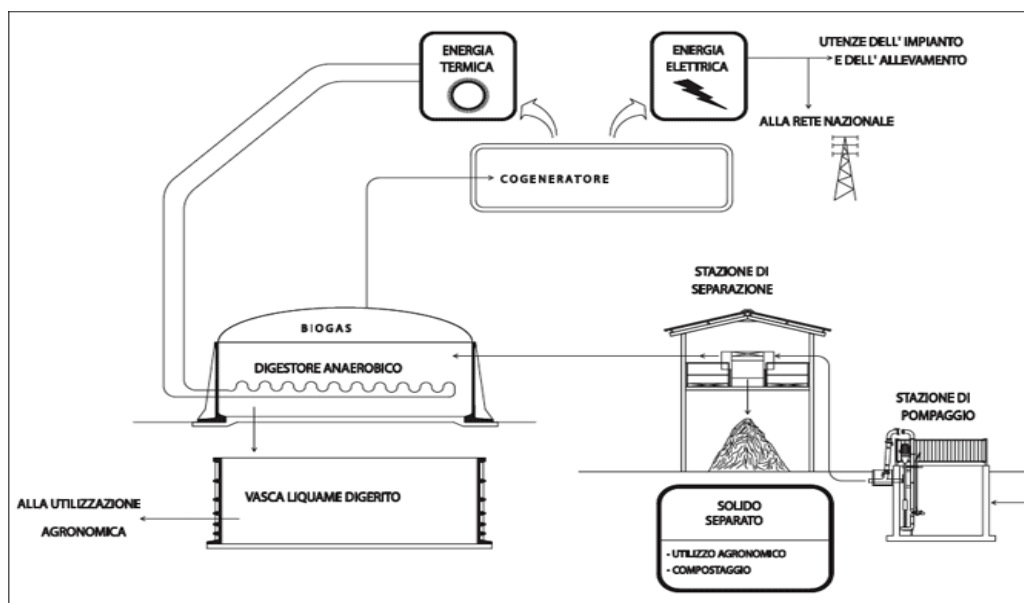
a piccola taglia: fino a 100 m<sup>3</sup> di substrato; media taglia fino a 800 m<sup>3</sup>,  
 grossa taglia oltre a 15000 t. anno

Tipologie a seconda della biomassa trattata:

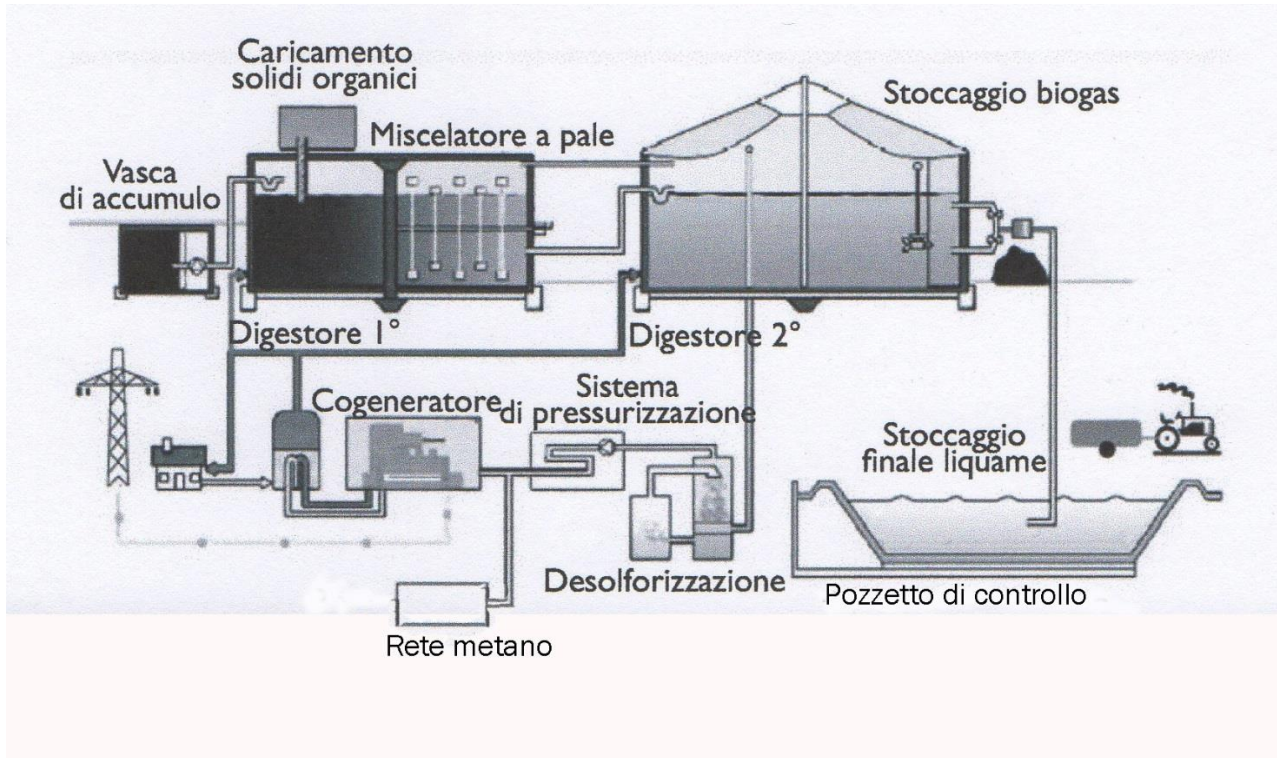
- 1) Solo liquame (a canale) vedi figura
- 2) Liquame + parte solida con miscelatore (pale) + pompa per il ricircolo  
 Con tempo di permanenze del liquame nel digestore cilindrico di 20 – 25 giorni,
- 3) Liquame con frazione solida con due digestori cilindrici e con tempo di permanenza del liquame di 20 – 30 giorni nel 1° digestore e di 30 – 40 giorni nel 2° digestore.

Il fondo e le pareti del digestore sono riscaldate. La cupola del digestore è costituita da tre membrane in PVC di cui quella più esterna contenente aria per permettere l'espansione del biogas prodotto.

### DIGESTORE A CANALE



## DIGESTORE A PALE



La **DESOLFORAZIONE** è necessaria per abbattere i composti a base di zolfo e può avvenire tramite:

- 1) Filtri a base di ossidi di ferro;
- 2) Con torri di lavaggio con flusso di acqua e ossido di ferro;
- 3) Biologica con aria in percentuali del 10% del gas per favorire l'azione biologica di batteri che innescano una reazione di precipitazione biologica dello zolfo.