

**PROGETTO GASSIFICAZIONE WASTE HEAVY SYSTEM  
RIFIUTI SPECIALI ANCHE PERICOLOSI E RIFIUTI URBANI**

2 novembre 2017

Ing. Lorenzo Lastella



## 1. PREMESSA

Il presente documento è finalizzato a descrivere gli impianti e le relative configurazioni tecnologiche per il recupero di energia, come fase terminale dell'intero ciclo di gestione da:

- rifiuti speciali, anche pericolosi,
- rifiuti urbani, anche tal quali,
- mix tra varie tipologie,

Si tratta di un approfondimento effettuato su proposte tecnologiche note alla nostra Azienda aggiornate allo stato attuale che ha individuato delle risposte tecnologiche efficienti ed efficaci alla richiesta di valorizzazione energetica dei rifiuti in riferimento, in grado di tener conto delle attuali richieste di compatibilità sociale ed ambientale.

Le soluzioni tecnologiche, attualmente presenti sul mercato internazionale, che al momento hanno dato garanzie sufficienti in impianti industriali di recupero rifiuti, sono state valutate

- **per la completa inertizzazione delle scorie solide,**
- **per l'assoluto rispetto dell'ambiente e del personale,**
- **per stabilità delle performances tecnologiche,**
- **nel funzionamento complessivo,**

Il metodo di lavoro di VEST e dei suoi tecnici ha considerato centro del lavoro le esigenze della Committenza e non viceversa pacchetti predeterminati e vincolanti di tecnologie.

La soluzione, infatti, utilizza configurazioni tecnologiche in sinergia tra loro che permettano di ottenere la massima valorizzazione del rifiuto con un ritorno di produzione energetica, a costi compatibili e con minor impatto ambientale e sociale possibile (BAT).

I processi termochimici presi in considerazione per il recupero energetico dei rifiuti **sono la gassificazione e la pirolisi**, ovvero processi di degradazione termica con parziale ossidazione nel primo caso o in assenza di agente ossidante nel secondo.

Tali processi sono noti da tempo (dal 1788 con il brevetto di Gardner), tuttavia la tecnologia negli anni passati ha subito vari "stop and go", con periodi di interesse correlati in genere a crisi petrolifere.



Allo stato, lo sviluppo tecnologico ha accelerato le soluzioni rispetto

- alla limitazione delle emissioni climalteranti
- sul problema ambientale e sanitario rappresentato dalla gestione dei rifiuti prodotti

(ogni anno si producono circa 4 miliardi di tonnellate di rifiuti solidi, di cui la metà sono costituiti da rifiuti urbani).

In generale si può affermare che **la tecnologia della gassificazione è matura per i grandi impianti**, per la micro-media gassificazione (fino a 4-30 ton/giorno in alimentazione) sono presenti sul mercato proposte per le sole biomasse seppur con varie limitazioni, ma per i rifiuti i riferimenti sono pochi e generalmente a livello sperimentale.

In linea di massima l'analisi delle migliori proposte tecnologiche si differenzia nei seguenti ambiti di lavoro:

### 1. Biomasse prodotti di origine biologica tipo legname (cippato) e simili con UR%>10

**Impianti di gassificazione a vortice, integrati da**

- sistemi di pulizia del syngas personalizzati al prodotto da trattare
- integrazione esclusiva del sistema di alimentazione di cogeneratori

**Potenze disponibili** 200-300-500 e 1.000 kWh elettrici e loro multipli

### 2. Sottoprodotti di origine organica e biologica come scarti agro-zootecnici ed agro-industriali

**Gassificazione a vortice integrata da reattore catalitico post gassificazione in grado di**

- pulire integralmente il syngas prodotto
- potenziarne il PCI
- ricondurre le emissioni in ambiente ai valori di legge

**Potenze disponibili** 300-500 e 1.000 kWh elettrici e loro multipli

### 3. Rifiuti urbani e assimilabili anche trasformati in CSS

**Impianti misti composti da**

- fase di gassificazione primaria
- fase di trattamento al plasma del syngas e dei soli materiali residui post pirolisi (carboncino e sostanze organiche)

**Quantità trattabili** 23/24 tonnellate/giorno e multipli

### 4. Rifiuti speciali non pericolosi

**Integrazione degli impianti di rifiuti urbani con**

- sezioni plasma ad alta efficienza per la dissociazione e la fusione degli inerti e metalli

**Quantità trattabili** 23/24 tonnellate/giorno in su

### 5. Rifiuti speciali anche pericolosi

**Impianti senza fase iniziale di pregassificazione in grado di trattare materiali pericolosi ed infetti, solidi e liquidi.**

**Quantità trattabili** da 4 tonnellate/ora (100 tonn/gg) in su

Il presente documento è finalizzato alla presentazione preliminare della tecnologia BAT per il quarto e quinto ambito di lavoro (4-5), ovvero per il recupero energetico come fase finale della gestione dei rifiuti municipali, assimilabili e speciali anche pericolosi.

Anche in questo caso la scelta della tecnologia più opportuna dipende da vari fattori o condizioni di progetto, in particolare dalla composizione merceologica del rifiuto, dallo stato del trattamento ante-gassificazione, dalle condizioni socio-ambientali del contesto, dai limiti regolamentari sulle emissioni e sui residui e dalla location.

Per cui ogni proposta consegue ad un attento studio sulle condizioni di progetto.



## CONFIGURAZIONE TECNOLOGICA

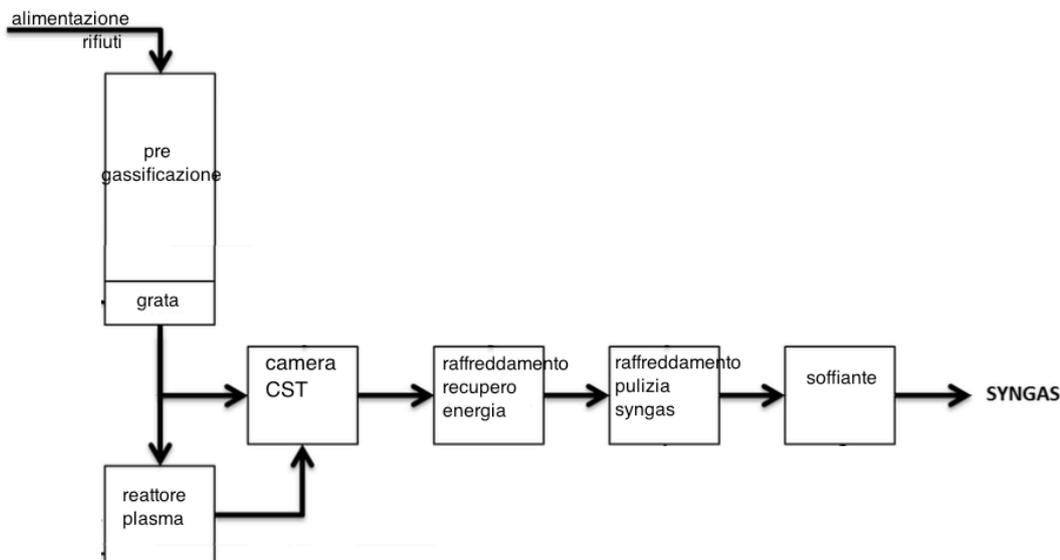
I punti di forza di questa configurazione tecnologica sono

- Esperienza nel trattamento del rifiuto consolidata.
- Impianti in funzione da diversi anni.
- Possibilità di alimentare l'impianto con:
  - il rifiuto speciale, meglio se preparato in CSS/CDR
  - il rifiuto speciale anche pericoloso
  - il rifiuto urbano tal quale, anche da raccolta indifferenziata
  - altri materiali a base di carbonio.

In relazione al tipo di rifiuto, di cui è necessario conoscere in fase preprogettuale la composizione merceologica, si unisce alla tecnologia di recupero energetico della **pre-gassificazione ad alta temperatura una sezione di dissociazione e fusione al plasma (oltre venti anni di esperienze positive)** ottenendo in tal modo dall'impianto le seguenti prestazioni:

- **temperature di lavoro superiori a 1500-1700°C;**
- **minimo impatto ambientale ad oggi raggiungibile (BAT);**
- **minimo autoconsumo energetico ad oggi raggiungibile**
- **massimo di produzione elettrica netta;**
- **residuo solido inerte e non lisciviabile;**
- **recupero, depurazione e riciclo dell'acqua utilizzata.**

Lo schema funzionale ed operativo dell'impianto è il seguente



### L'alimentazione dei rifiuti

L'impianto di pre-gassificazione è in grado di essere alimentato con rifiuti solidi, eventualmente pre-trattati mediante mulino in frazioni grossolane che vengono trasferiti nel reattore al plasma, in cui possono anche essere alimentati direttamente una vasta gamma di rifiuti in qualsiasi forma fisica si trovino, siano essi liquidi, solidi, ecc, ed essenzialmente classificati pericolosi.

Generalmente le migliori performance ed il massimo di materia trattata si ottengono immettendo una miscela di materiali, preferibilmente in modo da assicurare un flusso continuo nell'alimentazione, che corrisponde ad una generazione di gas senza discontinuità e picchi.

Vetro e metalli sono compatibili con il sistema, in quanto nella fusione si opera una separazione per i metalli (che escono come da fornace) dai residui solidi, mentre gli scarti di vetro sono utili per migliorare la qualità della fusione.

### La pregassificazione

Dal trattamento nel pre gassificatore ad alta temperatura si ricavano syngas direttamente utilizzabile e residui solidi carboniosi da trattare successivamente nella sezione di dissociazione al plasma.

Il gas di sintesi prodotto, definito come syngas, è la prima fonte per compensare il bilancio energetico dell'impianto; I rifiuti trattati vengono convertiti sia nel pre-gassificatore che nel reattore al plasma in syngas che viene raccolto in una camera di stabilizzazione ad alta temperatura, successivamente raffreddato velocemente, pulito e utilizzato per alimentare elettrogeneratori con motori a gas, attrezzati con sistemi di upgrade del PCI del syngas, basato su nostra tecnologia esclusiva.

E' possibile alimentare anche sistemi ORC o fuel cell, ma con un minore rendimento in termini di produzione di energia elettrica e calore.

La più recente evoluzione tecnologica, che consente la riduzione dei consumi elettrici, consiste nel realizzare un impianto a due fasi, la prima di pre-gassificazione ad alta temperatura con apporto di ossigeno, a cui segue la dissociazione e la fusione del solo residuo della pre-gassificazione nella sezione al plasma.

In questo modo i generatori di plasma possono essere di potenza limitata rispetto alla configurazione unica al plasma, consumando meno energia.

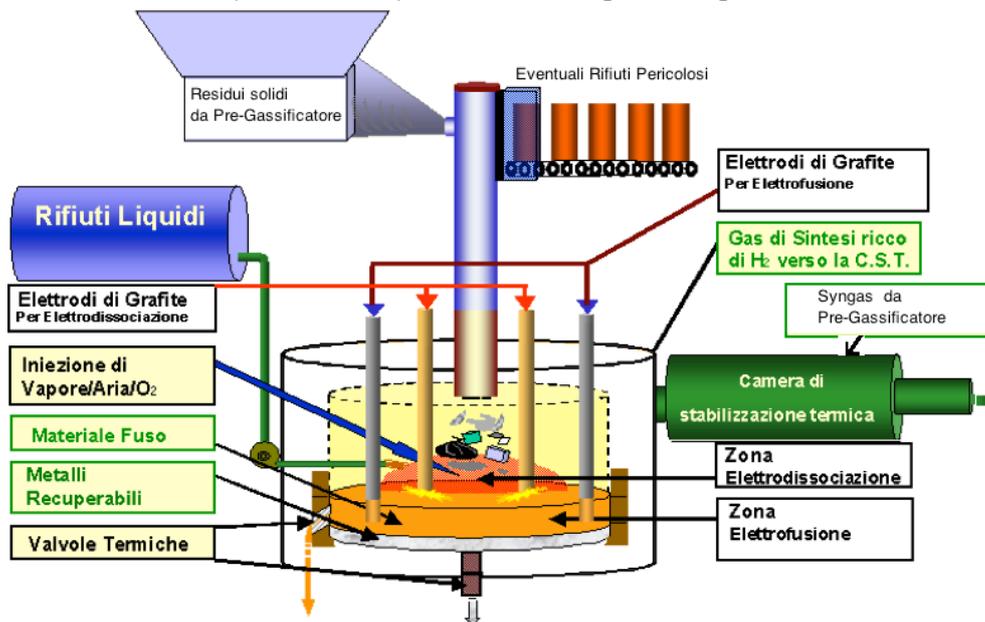
### Il reattore al plasma

Il cuore della macchina consiste in una camera di processo ove avviene l'azione combinata dell'elettrofusione e dell'arco voltaico.

L'elettrofusione è ottenuta dal passaggio di corrente fra elettrodi immersi nel materiale, e determina una zona stabile di sostanza fusa controllata.

Gli elettrodi che costituiscono l'arco voltaico sono posti nella parte centrale della camera di processo sopra la superficie del fuso, creando una zona di gas ionizzato, ad alta temperatura, controllata e contenuta spazialmente.

Uno schema della camera di processo è riportato nella seguente figura.



Il principio base della tecnologia al plasma sfrutta l'elevata densità di energia sviluppata nella regione delimitata di spazio in cui è confinata la tecnologia, per operare la dissociazione del residuo finale del rifiuto pregassificato, scomponendo i composti organici facenti parte dei rifiuti nei loro elementi costitutivi, tra i quali prevalgono il carbonio C, l'idrogeno H, ed in quantità inferiori l'ossigeno O, gli alogeni tra cui prevale il cloro Cl, l'azoto N, e lo zolfo S.

La decomposizione termica nei gas sopraindicati raggiunge valori di oltre il 99,999% della materia organica originaria, eliminando le emissioni di diossine, furani e simili.

L'impianto risolve anche l'eccessivo autoconsumo degli impianti al plasma di vecchia generazione, riducendo al 10% circa il consumo energetico in elettricità, trattando con il plasma non il rifiuto (tal quale immesso nell'impianto) ma solo il residuo solido e i gas prodotti dalla gassificazione.

Tuttavia è possibile, anche in mix ad altri rifiuti, **conferire direttamente nel reattore al plasma anche eventuali rifiuti pericolosi ed infetti**, che debbano evitare contatti per persone ed ambiente,.

I rifiuti cadono sulla superficie del materiale fuso, anche passando attraverso la zona di gas ionizzato, e continuano ad essere soggetti all'azione combinata del gas ad alta temperatura e dell'elettrofusione.



In un ambiente povero di ossigeno il materiale organico non brucia ma si dissocia in tempi brevissimi nelle componenti elementari, ed in presenza di acqua - per reforming - si produce un gas di sintesi (syngas) composto prevalentemente da CO ed H<sub>2</sub>.

La parte inorganica fonde in un bagno di materiale vetroso che congloba tutti i metalli pesanti e le sostanze pericolose, producendo un materiale vetroso non lisciviabile.

**Con tale principio viene perseguito ed ottenuto l'obiettivo ambientale di "zero emissioni".**

L'alta temperatura del plasma e la particolare configurazione del reattore fanno sì che il materiale sia tenuto in un bagno di fusione, che:

- mantiene la stabilità termica del reattore,
- produce raffreddando un materiale tipo basaltico non lisciviabile.

I vantaggi conseguenti all'effetto combinato dei due sistemi sono così riassumibili:

- Consente di tenere elevate quantità di materiale nella camera di processo a temperatura costante.
- Omogeneizza il prodotto finale.
- Facilita lo scarico del materiale fuso evitando la formazione di zone fredde nei condotti.
- Regola la viscosità del fuso attraverso modeste variazioni di temperatura.
- Costituisce una barriera per catturare e conglobare ogni rifiuto introdotto, da cui la possibilità di localizzare il gas ionizzato lontano dalle pareti della camera di processo.
- Tiene il fuso a temperatura costante anche durante lo spegnimento dell'arco voltaico, evitando al sistema cicli on-off e shock termici dannosi.
- Garantisce la permanenza del fuso nella camera di processo in quantità e per tempi sufficienti per ottenere la divisione per peso specifico tra metalli e materiale vetrificato.
- Permette di iniziare a trattare i rifiuti dopo due minuti dall'accensione dell'arco voltaico.

La camera di processo è tenuta leggermente in depressione per evitare eventuali perdite di gas non trattato.

Il reattore è un contenitore in acciaio inox, superiormente raffreddato ad aria ed inferiormente ad acqua, rivestito da materiali refrattari ed isolanti.

Il materiale refrattario è stato realizzato appositamente per lavorare in un ambiente con le caratteristiche chimico-fisiche della camera di processo. Stante le condizioni di lavoro la durata del refrattario è di almeno 5 anni per piccole macchine ed aumenta per sistemi di capacità superiore. La sostituzione programmata viene eseguita in una settimana.

È stato realizzato un elettrodo in grafite a caricamento esterno automatico finalizzato a bilanciare il consumo della punta all'interno della camera di processo, molto simile al meccanismo di caricamento di una penna stilografica.

I benefici ottenuti sono così riassumibili:

- Gli elettrodi non vengono mai sostituiti,
- Gli elettrodi non sono raffreddati.

#### **Camera di stabilizzazione termica**

È un contenitore rivestito che fornisce al gas di sintesi, che proviene dal pre-gassificatore e dal reattore al plasma, un tempo addizionale di permanenza ad alta temperatura per completare la reazione di reforming.

Il componente opera in un ambiente riducente, comunque è prevista la possibilità di immettere un limitato flusso di ossigeno per fornire energia per mantenere le condizioni di temperatura necessarie.

## Il Sistema di depurazione dei gas

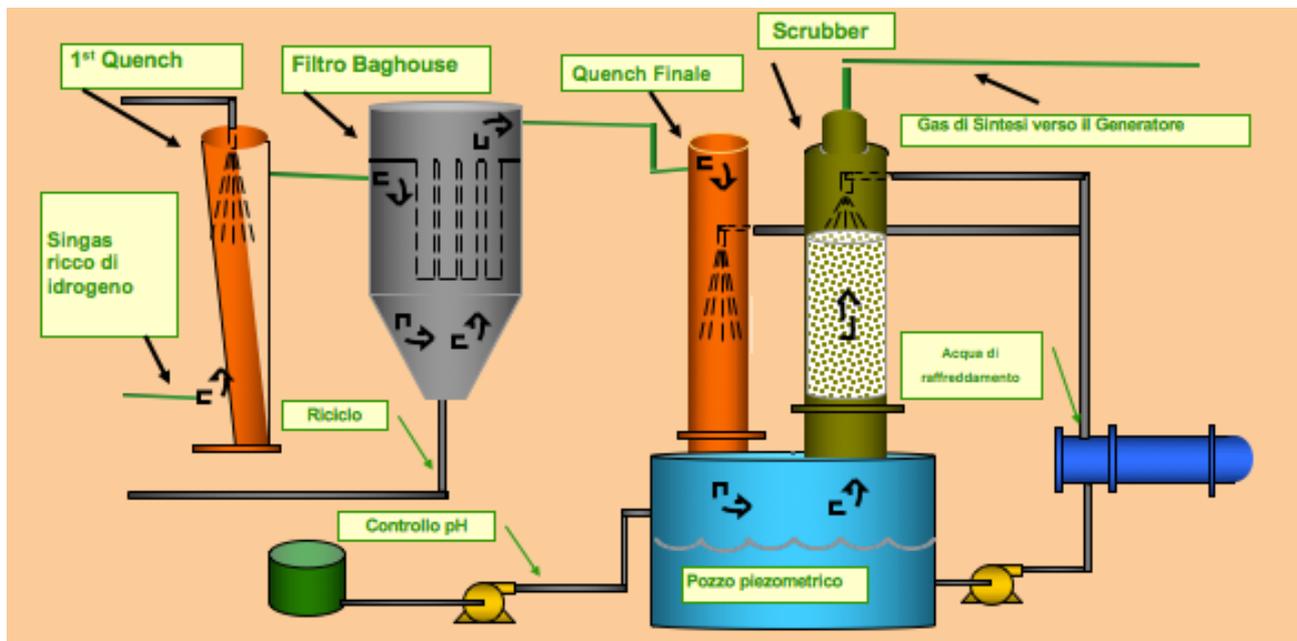
Il sistema di depurazione del syngas pulisce il flusso da ogni particella ed assicura basse emissioni, compatibili, anzi migliorative di tre/quattro ordini di grandezza, con i limiti più restrittivi previsti dall'United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Il sistema di depurazione del syngas, (vedi schema di seguito), è composto essenzialmente da:

- Raffreddamento rapido e filtraggio,
- Ulteriore raffreddamento oltre il punto di saturazione e passaggio nello scrubber,
- Rimozione umidità, riscaldamento e passaggi nel filtro a carbone e nella batteria filtri HEPA.
- Sistema di controllo delle emissioni.

Dopo l'uscita dalla camera di stabilizzazione termica il syngas è rapidamente raffreddato e filtrato per rimuovere ogni particella presente.

Il syngas è raffreddato ulteriormente oltre il punto di saturazione e passa attraverso uno scrubber per rimuovere ogni traccia acida. L'umidità è rimossa in un sistema ad alta efficienza e prima di utilizzare il syngas, in un generatore per la produzione di energia elettrica, viene scaldato nuovamente e passato attraverso un filtro a carbone ed a una batteria di filtri HEPA, in particolare per rimuovere eventuali tracce di mercurio.



## Il sistema elettrico

Il sistema di alimentazione elettrica somministra energia nella camera di processo agli elettrodi che mantengono il materiale fuso per effetto joule ed a quelli che generano il gas ionizzato.

Il sistema di alimentazione è dotato di un gruppo di alimentazione in C.C., di un gruppo di alimentazione in C.A. e di un sistema di inserzione di elettrodi nella camera di processo.

## La strumentazione

### Strumentazione e controllo durante il funzionamento

Il sistema di controllo di processo monitorizza gli aspetti del processo e comprende i seguenti sottosistemi:

- Controllore Logico Programmabile (PLC)
- Sistema Interfaccia uomo/macchina (HMI)
- Sistema di supervisione centrale.
- Controllo operazioni di emergenza con Estop
- Controllo situazione di stand by diretto senza intervento dell'operatore
- Possibilità di telecontrollo on line

### Alcune applicazioni

Nel **1996** è stato costruito il primo impianto dimostrativo industriale, che rimane in uso per test e dimostrazione, nel **2000** è stato installato il primo impianto in USA per rifiuti pericolosi e successivamente altri impianti in USA e Giappone, ivi incluso in USA un impianto per rifiuti municipali e speciali anche non tipicamente pericolosi. Si riportano, di seguito foto di alcune delle installazioni

#### *Primo impianto venduto in USA (2000) per rifiuti pericolosi e radioattivi*



#### Impianto per legno e plastica in Giappone



#### Impianto in Giappone per rifiuti ospedalieri



#### Impianto per amianto in Giappone



Impianto per PCB in Giappone



Impianto per rifiuti ospedalieri in Giappone



Impianto da 1 MW in USA per rifiuti municipali



Impianto mobile per rifiuti pericolosi

