

**IMPIANTO TERMODISTRUZIONE P.F.U. E  
GENERAZIONE ENERGIA ELETTRICA**

**(2000 kg/h)**

**SPECIFICA GENERALE D'IMPIANTO**

## 1. GENERALITÀ

Il presente documento descrive le caratteristiche principali e il funzionamento di un impianto di generazione di energia elettrica da 3.300 kW (lordi) tramite il recupero del calore e di materie prime (fili di acciaio, ceneri ricche di ZnO, solfato di sodio) derivanti dalla termodistruzione di 2.000 kg/h di PFU (Pneumatici Fuori Uso). Questo avviene realizzando la combustione dei PFU interi in un forno cilindrico rotante, dal quale i fumi vengono inviati in una caldaia a recupero, in cui si realizza il recupero di calore con produzione di vapore surriscaldato per la turbina. I fumi, una volta filtrati, vengono evacuati attraverso un camino, monitorando in continuo le quantità dei maggiori inquinanti presenti.

Il valore base, che determina la condizione di carico di tutto l'impianto, è la quantità oraria di PFU introdotti nel termodistruttore, o "portata di PFU". Questa portata non può essere mantenuta costante nel tempo perché l'introduzione dei PFU è discontinua.

In funzione di questa portata si ha una certa potenza termica all'ingresso della caldaia, che a sua volta determina la portata di vapore, generato dalla caldaia ed ammesso in turbina, e perciò in definitiva la potenza elettrica generata dal turboalternatore. Tutte queste grandezze varieranno in modo discontinuo in accordo con la discontinuità dell'alimentazione dei PFU.

L'impianto in oggetto è previsto per realizzazione all'interno di un edificio. Alcuni componenti, come le torri di raffreddamento e i filtri fumi, dovranno essere installati all'esterno.

E' previsto un gruppo elettrogeno di emergenza (mancanza rete e blocco turbina) con potenzialità tale da mantenere in funzione i servizi indispensabili per la protezione dei macchinari più critici (forno e caldaia).

Poiché non sono note né la zona di installazione dell'impianto né le condizioni ambientali locali, alcuni sistemi come torri di raffreddamento, compressori, sistemi acqua di circolazione e acqua demi dovranno essere dimensionati di volta in volta per il caso specifico.

## 2. COMPONENTI DELL'IMPIANTO

L'impianto è composto dai seguenti componenti:

- Sistema di convogliamento PFU (Vettura e Gigante)
- Termodistruttore PFU
- Postcombustore con bruciatore a metano
- Sistema di scarico e separazione fumi/ceneri
- Camino di by-pass fumi caldi
- Caldaia a recupero o HRSG (Heat Recovery Steam Generator)
- Ventilatore master, by-pass fumi freddi e condotto fumi fino ai filtri
- Filtri a maniche per depolverazione e desolforazione
- Ventilatore di coda camino finale
- Turbogeneratore
- Componenti ciclo termico
- Impianto elettrico di potenza (trasformatori, quadri ele, cavi)
- Gruppo elettrogeno
- Sistema di controllo e supervisione
- Impianto demineralizzazione acqua
- Sistema di monitoraggio continuo delle emissioni al camino

### 2.1 Sistema di convogliamento PFU

Il sistema di convogliamento PFU, sia PFUV (Vettura) che PFUG (Gigante, ovvero autocarro), al termodistruttore è costituito da un sistema di stoccaggio, singolarizzazione e movimentazione automatico dei pneumatici fino alla bocca del termodistruttore, indipendente per ciascuna tipologia.

Le linee di stoccaggio e singolarizzazione in automatico avranno le seguenti caratteristiche:

- nastri a tapparelle in acciaio per lo stoccaggio automatico
- sistema a cascata per la singolarizzazione
- serie di nastri e rulliere per il convogliamento nel forno

Ciascuna linea, prima del forno, termina con una bilancia che costituisce l'elemento di controllo della portata del combustibile.

Normalmente questo tipo di impianto e' affiancato ad una vasca per lo scarico e stoccaggio dei pneumatici (separati per tipologia PFUV e G) asservita da un mezzo dotato di benna a ragno (gru semovente con braccio idraulico o carroponete) per la movimentazione dei pneumatici al sistema di caricamento automatico: tutto questo e' escluso dalla fornitura.

## **2.2 Termodistruttore e postcombustore**

Il termodistruttore, nel quale vengono bruciati i PFU, è un forno cilindrico di tipo rotante realizzato in acciaio rivestito internamente di refrattario.

La rotazione avviene su rulli con cuscinetti ed è comandata da un unico sistema dotato di motore elettrico comandato da convertitore di frequenza (velocità variabile 0÷2 giri/min).

Il forno è dotato di bocca di alimentazione PFU provvista di serranda di chiusura ad azionamento meccanico manuale.

L'aria comburente viene aspirata dalla bocca del forno per la depressione provocata dal ventilatore posto a valle della caldaia, nonché introdotta attraverso un ventilatore posto sulla testata di alimento, che funge anche da ventilatore per il bruciatore di preriscaldamento.

Il forno sarà dotato di due bruciatori alimentati a gas metano, uno per l'essiccazione del refrattario ed uno per il preriscaldamento.

## **2.3 Sistema di estrazione fili e ceneri dal forno**

Il sistema è costituito da un nastro a piastre in acciaio speciale che raccoglie i fili dalla bocca di scarico del forno e li convoglia ad un separatore vibrante; quest'ultimo separa i fili dalle ceneri che per gravità vengono raccolti in due cassoni di tipo scarrabile (mobili per consentire il pieno riempimento, esclusi dalla fornitura) posti al di sotto.

Sulla parte terminale degli scarichi del vibrovaglio è inserito un sistema per il raffreddamento sia dei fili che delle ceneri tramite spruzzatori ad acqua.

## **2.4 Postcombustore e by-pass fumi caldi**

Il postcombustore è costituito da un tubo in acciaio rivestito internamente con refrattario, ed è dotato di un bruciatore a gas metano, in grado di attivarsi quando la temperatura all'interno del postcombustore scende al di sotto degli 850°C, oppure di contribuire alla produzione di calore per la generazione di vapore per un carico termico max pari al 10% della potenzialità dell'impianto.

Il by-pass fumi caldi è situato all'uscita del postcombustore. Si tratta di un camino in acciaio rivestito internamente in refrattario e dotato alla sommità di una valvola (clapet) con servocomando pneumatico e contrappeso che interviene in emergenza su comando del sistema di controllo. La funzione è di "proteggere" dall'inerzia termica del termodistruttore la caldaia e tutti gli impianti a valle di essa in caso di blocco dell'impianto.

## 2.5 Caldaia a recupero

La caldaia a recupero (HRSG) produce vapore traendo calore dai fumi.

Si tratta di una caldaia dotata di camera radiante, economizzatore, evaporatore a fasci tubieri e surriscaldatore, quest'ultimo con attemperatore per la regolazione della temperatura; la parte inferiore della caldaia è dotata di tramogge e coclee per la raccolta, l'estrazione e lo scarico, in adeguati contenitori, delle ceneri precipitate.

Essa è in grado di produrre 16 t/h di vapore surriscaldato a 435 °C e 43,5 bar a, recuperando il calore dei fumi che vi entrano a 980 °C ed escono a 170°C per essere poi trattati dal sistema di filtrazione.

Per la pulizia interna della caldaia è prevista la tecnologia "a martelli" per tutti i fasci tubieri; per le pareti della camera radiante sono previsti vibratori pneumatici.

## 2.6 Sistema aspirazione e trattamento fumi, camino

I fumi estratti dalla caldaia dal ventilatore vengono convogliati ad attraversano un filtro a maniche per la depolverazione.

Di seguito la desolfurazione avviene per la miscelazione (tramite miscelatore statico fluidodinamico) e la reazione dei fumi con bicarbonato di sodio, (processo NEUTREC® - SOLVAY), e successiva filtrazione attraverso i filtri a maniche.

Sulla linea di trattamento fumi sono previsti alcuni sistemi di protezione dell'impianto:

- un by-pass fumi freddi (detto anche camino di emergenza n.1) a valle del ventilatore master prima dei filtri; viene utilizzato durante l'avviamento dell'impianto (a metano) oppure è comandato in apertura per blocco dell'impianto di filtrazione per rottura maniche o altissima temperatura fumi (con l'apertura del by-pass viene bloccata l'alimentazione di pneumatici);
- una valvola di aspirazione aria "falsa" modulante all'ingresso del gruppo filtri per la regolazione della temperatura se quest'ultima è troppo vicina al limite di resistenza dei materiali delle maniche;

Tra il ventilatore di coda ed il camino è previsto un silenziatore.

Il sistema di trattamento fumi deve garantire che le emissioni soddisfino le più stringenti normative in materia, ovvero la legge 503 del 19.11.1997 (direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE)

## 2.7 Turbogeneratore

Il turbogeneratore a condensazione della potenza di 3300 kW ai morsetti, è di tipo package, assemblato e cablato su un unico basamento. Il vapore entra in turbina con una temperatura di 430°C e una pressione di 42 bar a.

E' provvisto di uno spillamento per il vapore al degasatore ed è configurato con condensatore posizionato sotto, longitudinalmente rispetto all'asse turbina.

## 2.8 Componenti ciclo termico per turbina a solo condensazione

Componenti del ciclo termico si definiscono tutti quelli che contribuiscono al convogliamento del vapore alla turbina e quindi alla condensazione, degasaggio e alimentazione dell'acqua per la caldaia.

I componenti previsti sull'impianto sono i seguenti:

- n.1 condensatore principale sotto vuoto completo di sistema vuoto (eiettori per estrazione incondensabili) con condensatorino
- n.1 condensatore ausiliario atmosferico dotato di guardia idraulica
- n.2 pompe estrazione condensato principali
- n.2 pompe estrazione condensato ausiliarie
- n.1 degasatore con cassa di accumulo condensato
- n.2 pompe alimento
- n.8 torri di raffreddamento evaporative
- n.2 pompe di circolazione acqua ai condensatori
- valvola di by-pass turbina
- valvole e piping
- strumentazione in campo e trasdotta
- impianto iniezione chimica acqua di caldaia
- impianto trattamento acqua di torre
- n. 2 pompe integrazione acqua demi al degasatore
- n. 1 pompa di emergenza acqua demi al degasatore

## 2.9 Componenti impianto elettrico

L'impianto elettrico e' suddiviso su tre locali distinti:

- La cabina di consegna dove sono previsti i quadri per le misure dell'energia venduta
- La cabina di potenza dove sono previsti:
  - Quadro elettrico M.T. 20KV
  - Trasformatore principale 6KV→20KV
  - Trasformatore di avviamento ed esercizio 20KV→380V
  - Quadro elettrico M.T. 6KV (montante e centro stella generatore)
  - Quadro protezioni di macchina e convertitori di misura
  - Quadro Power Center (PC)

- La sala quadri, situata vicino alla sala controllo, dove sono previsti:
  - Quadri MCC (motor control center)
  - Carica batteria - batterie - inverter

## **2.10 Gruppo elettrogeno**

Si tratta di un gruppo alimentato a gasolio con sistema di avviamento in automatico per mancanza di qualsiasi altra alimentazione elettrica sull'impianto.

Ha la funzione di alimentare i macchinari indispensabili per portare tutto l'impianto in condizioni di sicurezza, con un'autonomia di 2 ore.

## **2.11 Torri di raffreddamento**

Per il raffreddamento dell'acqua di circolazione nel condensatore principale sono previste delle torri evaporative a tiraggio forzato in grado di mantenere i valori di temperatura nominali per circa tutto l'anno.

Sono realizzate in acciaio zincato ed acciaio inox, e sono collocate sopra una vasca in cemento armato che costituisce l'accumulo e la zona di presa per le pompe di circolazione.

Il consumo di acqua dovuto all'evaporazione ed al trascinamento e' di circa 20 m<sup>3</sup>/h, oltre a circa 10 m<sup>3</sup>/h di spurgo, per un totale di circa 30 m<sup>3</sup>/h.

## **2.12 Sistema di regolazione e supervisione**

All'interno della sala controllo saranno installati su banco a leggio:

- Sistema di supervisione e controllo di tipo DCS, per mezzo del quale, da tastiera, saranno avviati e controllati tutti i macchinari dell'impianto
- Comandi per turboalternatore con:
  - quadro comando e controllo
  - sincronizzatore manuale e automatico
  - strumenti per eccitazione
  - strumenti di misura (voltmetro, amperometro, cosfmetro)

## **2.13 Impianto demi**

L'impianto di demineralizzazione acqua (completo di sistemi di degasaggio e rettifica) dovrà essere in grado di integrare gli spurghi di acqua e vapore, fornendo una qualità dell'acqua prodotta sempre costante.

## **2.14 Sistema di monitoraggio continuo delle emissioni al camino**

Sull'impianto di termodistruzione sarà installato un sistema di monitoraggio fumi completo, come richiesto dal DMA n°503 del 19/11/97.

Pertanto sull'impianto dovranno essere previsti:

- connessioni sul camino per le sonda
- sonde + sistema di interfaccia con analizzatori
- segnale di uscita per controllo in automatico del sistema di trattamento fumi (eventuale)

Il quadro principale sarà installato più vicino possibile al camino.

## **3 ESCLUSIONI**

Sono esclusi dalla fornitura:

- Tutte le opere civili (basamenti, edifici, vasche, ecc)
- Impianto produzione aria compressa
- Sistema alimentazione acqua industriale
- Sistemi e rete antincendio
- Carroponte di servizio al turboalternatore
- Sistemi di movimentazione dei pneumatici nella zona di raccolta e stoccaggio (ad esempio carroponti o mezzi gommati dotati di benna a ragno)
- Cassoni per la raccolta di fili e ceneri
- Cabina di riduzione metano e rete metano fino ai limiti dei bruciatori
- Piani e scale di servizio in carpenteria metallica diversi da quelli già previsti sui macchinari
- Rete drenaggi
- Illuminazione locali interni ed esterni



## **4. SISTEMI PRINCIPALI DELL'IMPIANTO**

### **4.1 Sistema combustibile-aria-fumi**

Il combustibile PFU e l'aria comburente vengono introdotti all'ingresso del termodistruttore.

I fumi caldi, generati nel termodistruttore, attraversano gli scambiatori di caldaia (surriscaldatore, evaporatore a fascio tubiero, economizzatore) raffreddandosi e vengono poi aspirati da un ventilatore attraverso il filtro ceneri ed il desolforatore per uscire poi dal camino.

Sono previsti due camini di emergenza, entrambi normalmente fuori servizio: il by-pass fumi caldi che permette di scaricare direttamente in atmosfera i fumi prima dell'ingresso in caldaia, ed il camino a valle del ventilatore master, che protegge i filtri dalle eventuali alte temperature.

### **4.2 Sistema acqua-vapore**

L'acqua di alimento degasata, alla temperatura di circa 110 °C ed alla pressione di 1,5 bar, viene pompata, attraverso l'economizzatore, nella caldaia dove si genera il vapore a circa 45 bara che viene poi surriscaldato fino a circa 435 °C nel surriscaldatore.

Questo vapore alimenta la turbina e la valvola di supplemento vapore al degasatore.

Sulle linea vapore è previsto lo stacco per la valvola di by-pass, che ha lo scopo di permettere l'avviamento della caldaia oltre alla funzione di bypassare la turbina in caso di blocco.

La valvola di by-pass scarica il vapore attemperato nel relativo condensatore ausiliario alimentato, come acqua di circolazione, dall'uscita del condensatore principale.

Dal degasatore aspirano le pompe di alimento che pompano nella linea di alimento della caldaia, munite delle valvole regolatrici di livello.

### **4.3 Sistema acqua di circolazione**

Si tratta di un "sistema chiuso"

Per condensare il vapore nei condensatori (principale ed ausiliario) e per i sistemi di raffreddamento a ciclo chiuso (refrigeranti olio turbina e refrigeranti alternatore) è stato adottato un sistema di circolazione con raffreddamento a torri evaporative a ventilazione forzata.

Il sistema è costituito da:

- n.8 torri di raffreddamento evaporative raggruppate su 4 celle

- n.8 ventilatori assiali (uno per ciascuna torre)
- n.2 pompe di circolazione acqua di tipo verticale

## 5. DATI DI RIFERIMENTO STANDARD

### 5.1 Condizioni ambientali e operative di massima

Temperatura massima	+40 °C
Temperatura minima	-5 °C
Umidità relativa media annuale	60 %
Operatività (46 settimane di 7gg)	7728 ore
Fermate ordinarie	3 x 2 settimane

### 5.2 Dati di esercizio

#### Sistema alimentazione pneumatici

##### PFUV

Portata nominale	2000 kg/h
Diametro max	800 mm
Altezza max	350 mm
Peso	6÷7 kg
Tipologia accumulo	Rinfusa
Peso/volume medio	100 kg/m <sup>3</sup>

##### PFUG

Portata nominale	2000 kg/h
Peso	60÷70 kg
Diametro max	1400 mm
Altezza max	460 mm
Tipologia accumulo	Rinfusa

L'impianto e' previsto per il funzionamento di default 100% PFUV. La percentuale di PFUG può essere variata dall'operatore da 0 a 100% in sostituzione dei PFUV.

**Termodistruttore**

Depressione alla bocca	-15 mmca
Portata fumi effettiva	200.000 Em <sup>3</sup> /h
Densità standard fumi	1.31 Kg/Nm <sup>3</sup>
Temperatura fumi	1000 circa °C
Temperatura camera si combustione max	1350 °C
Potenza termica bruciatore essiccazione	300000 Kcal/h
Potenza termica bruciatore preriscaldamento	5500000 Kcal/h
Portata vent. aria combur. n.1 (su bruciatore)	17000 Nm <sup>3</sup> /h
Prevalenza ventilatore aria combur. n.1	220 mmca
Portata ventilatore aria comburente n.2	18000 Nm <sup>3</sup> /h
Prevalenza ventilatore aria combur. n.2	350 mmca
Velocità di rotazione termodistruzione	0 ÷ 2 giri/min.
Portata estraz. fili senza ceneri (20% peso)	400 kg/h circa
Peso/volume fili	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Portata estrazione ceneri (2% peso)	0.2 m <sup>3</sup> /h circa
Peso/volume ceneri	300 kg/m <sup>3</sup>

**Postcombustore**

Potenza bruciatore a metano	2500000 Kcal/h
Temperature ingresso fumi	>950 °C
Temperatura uscita fumi	980 ±30 °C
Velocità fumi	>10 m/s
Tempo di contatto	>2 Secondi

**Caldaia a recupero**

Temperatura fumi ingresso	980 ±30 °C
Temperatura fumi uscita economiz.	170 °C
Produzione vapore surriscaldato	16 t/h
Temperatura vapore surriscaldato	435±5 °C
Pressione vapore surriscaldato esercizio	45 bar a
Pressione vapore surriscaldato progetto	54 bar a
Temperatura acqua alimento	110 °C
Perdite di carico lato fumi (pulito/sporco)	30/ 150 mmca

**Turboalternatore**

Temperatura ingresso vapore	430 °C
Pressione ingresso vapore	42 bar a
Potenza elettrica lorda	3.300 kW
Tensione e frequenza	6000 - 50 V - hz

**Condensatore principale**

Portata vapore da condensare	circa 13 t/h
Pressione condensatore (a circa 33°C)	0.07 bar

**Condensatore ausiliario**

Portata vapore da condensare	circa 21 t/h
Pressione condensatore	Atm (+0.2 bar)

**Sistema estrazione fumi e desolforazione**

Depressione da mantenere all'uscita caldaia (eco)	200 mmca
Temperatura fumi ingresso	170 °C
Temperatura fumi uscita camino	160 °C circa
Portata ventilatore master	75.000 Em <sup>3</sup> /h
Pressione totale ventilatore master	2240 Pa
Portata ventilatore coda	78.000 Em <sup>3</sup> /h
Pressione totale ventilatore coda	3770 Pa

**Valori garantiti di emissioni al camino e tipo analisi**

SOSTANZA	D.M. n. 503 del 19.11.97 (diret. 89/369/CEE e 89/429/CEE)	Delibera 2000/76/CE (limiti dal 28.12.2005)	RILEVAZ.
CO	50 media g 100 media h	50 media g 100 media semi h	c
Polveri totali	10 media g 30 media h	10 media g 30 media semi h	c
Sostanze organiche	10 media g 20 media h	10 media g 20 media semi h	p
HCl	20 media g 40 media h	10 media g 60 media semi h	c
HF	1 media g 4 media h	1 media g 4 media semi h	p
SO <sub>2</sub>	100 media g 200 media h	50 media g 200 media semi h	c
NO <sub>2</sub>	200 media g 400 media h	200 media g 400 media semi h	c
Cd + Tl	0,05 media h	0,05 media h	p
Hg	0,05 media h	0,05 media h	p
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Sn	0,5 media somma h	0,05 media somma h	p
PCDD + PCDF ( in ng/Nm <sup>3</sup> )	0,1 media 8 h	0,1 media 8 h	p
IPA (Idroc. Policicl. Aromatici)	0,01 media 8 h	Non indicati	p

**LEGENDA:** C = registrazione Continua  
P = registrazione Periodica

**Impianto demi**

Integrazione media in esercizio	5   m <sup>3</sup> /h
Qualità (con aggiunta torre letto misto)	0.1   μs/cm

**Torri di raffreddamento**

Calore da smaltire	7000000   kcal/h
Portata acqua di raffreddamento	1000   m <sup>3</sup> /h
T acqua in ingresso (nominale)	36   °C
T acqua in uscita (nominale)	28   °C
T ambiente b.u. (nominale)	24   °C