

## 1 - DATI GENERALI DI PROGETTO

<b>Esecutore del servizio:</b>	<b>Studio Dell'Acqua Bellavitis – Milano: Ing. Roberto Dell'Acqua Bellavitis, Ing. Filippo Dell'Acqua Bellavitis</b>
<b>Ambito :</b>	<b>Impianti di trattamento rifiuti</b>
<b>Servizi svolti:</b>	<b>Studio di Compatibilità ambientale, Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, Coordinamento della Sicurezza in fase di Progettazione ed Esecuzione, Direzione lavori, Misura e Contabilità, Assistenza al Collaudo.</b>
<b>Titolo :</b>	<b>Impianto di termovalorizzazione R.S.U. e R.S.A.U. in Comune di Dalmine (BG)</b>
<b>Importo Lavori :</b>	<b>€83.182.499,13 + IVA per opere e forniture (costi rivalutati ad oggi)</b>
<b>Cliente :</b>	<b>REA Rifiuti Energia Ambiente S.p.A., oggi REA Dalmine S.p.A. – Dalmine (BG).</b>
<b>Periodo :</b>	<b>1998-2004.</b>

## 2 – PREMESSA E OBIETTIVI DEL PROGETTO

La realizzazione dell'impianto di Dalmine è stata una iniziativa concreta per risolvere il problema dei rifiuti nella Provincia di Bergamo. Occorreva pertanto: garantire servizi ed utilities a costi competitivi attraverso tecnologie a minor impatto ambientale, o addirittura ad impatto ambientale positivo; attuare iniziative che concorressero a ridurre le emissioni che provocano l'effetto serra, ed in particolare le emissioni di CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) e CH<sub>4</sub> (metano); concorrere concretamente a trovare soluzioni al problema persistente dello smaltimento dei rifiuti e al crescente fabbisogno di energia elettrica, affrontando nella loro globalità tutti gli aspetti che potessero impattare con il sistema ambiente. Obiettivi del progetto affidato ai Professionisti, in attuazione della Normativa Nazionale e Regionale sui rifiuti e sull'energia con particolare riferimento alla produzione da combustibili rinnovabili sono stati: offrire un servizio al territorio, che permettesse di ridurre i costi di smaltimento dei rifiuti e che rendesse tali costi certi e costanti nel tempo; ridurre l'impatto ambientale a pari energia elettrica prodotta e/o a pari energia termica utilizzata; mettere le basi affinché il Comune di Dalmine potesse realizzare un teleriscaldamento, per ridurre le fonti di emissioni inquinanti distribuite ed incontrollate; contribuire a risolvere l'emergenza sul fronte dei rifiuti, evitando l'occupazione progressiva del Territorio dovuta alle discariche; eliminare i rischi occulti tipici delle discariche; garantire uno smaltimento corretto e gestito in maniera trasparente al fine di evitare i ben noti fenomeni di ecomafia. Il progetto ha preso avvio nel 1998 ed è stato via via approfondito ed affinato, parallelamente allo svolgersi delle fasi cantieristiche. I lavori iniziarono nel settembre 1998, per concludersi nel marzo 2004 (collaudo). La D.L. ha compiuto sopralluoghi periodici in cantiere, durante i quali ha verificato l'avanzamento dei lavori dal punto di vista esecutivo-cantieristico, da quello di verifica della corrispondenza con i disegni costruttivi e dal punto di vista temporale in rapporto al programma dei lavori. La D.L. ha altresì verificato, sia direttamente che per mezzo dei propri assistenti, che lo svolgimento dei lavori avvenisse nel rispetto delle normative che regolano la sicurezza nei cantieri. Essa ha tenuto la compilazione di un proprio registro in cui ha annotato visite e disposizioni impartite; ha inoltre emesso rapporti quindicinali al committente ed al collaudatore sull'avanzamento del cantiere.

## 3 – DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 3.1 - GENERALITA' - PRESTAZIONI OTTENIBILI

L'impianto di termovalorizzazione R.S.U ed R.S.A.U. di Dalmine è finalizzato al recupero energetico dei rifiuti speciali non pericolosi, con produzione di Energia Elettrica ed è stato realizzato da REA Rifiuti Energia Ambiente S.p.A. (ora REA Dalmine S.p.A.) di Dalmine (BG). Esso è ubicato a Dalmine, in via Dossi località Sabbio, a fregio della S.S. 525 del Brembo e in prossimità dell'Autostrada A4 Milano Bergamo. Il sito ha un'estensione di circa 46.000 mq. Tale impianto è atto a trattare rifiuti solidi urbani ed assimilabili in base alle disposizioni ed alle normative vigenti. L'impianto, composto da 2 linee, ed è dimensionato per smaltire 443 t/giorno di rifiuti a potere calorifico ricompreso tra 1.600 e 3.300 kCal/kg, con un carico termico smaltito di 48 GCal/h. L'impianto è progettato per trattare tonde 150.000 t/anno al potere calorifico di progetto (CTN), che divengono tonde 246.000 t/anno al potere calorifico inferiore. Il progetto prevede l'installazione di tutto quanto necessario per alimentare, nei mesi invernali, reti di TELERISCALDAMENTO con potenza impiegata mediamente nel periodo invernale > 50%, diminuendo quindi l'inquinamento atmosferico.

### 3.2 – CRITICITA' RICONTRATE

In sede di progettazione dell'impianto sono state esaminate criticità e problematiche in ordine agli aspetti legati alla sicurezza, all'igiene del lavoro e alla prevenzione incendi: la progettazione è stata pertanto condotta al vaglio di tali verifiche, alla luce della normativa allo stato vigente, al fine di prevenire possibili rischi nella fase operativo-gestionale dell'impianto, adottando opportune scelte preventive già a livello di progetto. Sono state vagliate le scelte progettuali sugli ambienti, le macchine, gli impianti, le materie prime utilizzate e le modalità operative. In particolare, per gli ambienti sono stati considerati gli aspetti relativi alla prevenzione incendi, agli impianti elettrici ed agli impianti di sollevamento e trasporto. La metodologia adottata nell'analisi dei rischi ha seguito il contenuto specifico delle normative vigenti all'atto della progettazione, segnatamente il D.lgs 626/94, il D.lgs 242/96, Circ. Min. Lavoro n. 102/95e i documenti emessi dalla Comunità Europea.

#### 3.2.1 - SICUREZZA DEGLI EDIFICI, DEGLI AMBIENTI E DEGLI IMPIANTI.

Per quanto attiene alla sicurezza degli edifici, degli ambienti e degli impianti in fase di progettazione è stata privilegiata l'adozione di apparecchiature con alti standard qualitativi e di elevata affidabilità, privilegiando l'adozione di materiali adeguati, al fine di poter ridurre il rischio di blocco nel funzionamento e di poter garantire lunghi intervalli di manutenzione (vedi ascensori, impianti elettrici, apparecchi di sollevamento e trasporto, macchine). Nella progettazione delle strutture sono stati adottati criteri elevati di sicurezza: le strutture di transito, ad esempio (scale, ponti, ecc.) presentano di per sé elevati rischi di infortunio. Per quanto attiene alla camera di combustione rifiuti, il rischio potenziale è quello delle bruciature a seguito dei contatti con parti calde non sufficientemente isolate o la necessità per l'operatore di verificare direttamente, attraverso appositi finestrate, le condizioni della combustione. La camera di combustione rifiuti non richiede ispezioni e se ne è previsto un adeguato isolamento nelle parti che possono venire a contatto con gli addetti. Inoltre gli ampi passaggi pedonali previsti consentono di transitare ad adeguata distanza dalla suddetta sezione impiantistica.

#### 3.2.2 – RISCHI PER LA SALUTE.

In sede progettuale sono stati individuati i seguenti principali fattori di rischio, dei quali si è tenuto adeguatamente conto:

a) inquinamento aerodisperso.

L'attività svolta dall'impianto è stata considerata, in sede di progetto, tra quelle riportate nell'allegato IX del Dlgs 626/94 "Elenco esemplificativo di attività che possono comportare presenza di agenti biologici" e più precisamente al punto 6 "Attività in impianti di smaltimento di rifiuti e rifiuti speciali potenzialmente infetti". I fattori del rischio sono: composti organici fonte di odori molesti causati dalla decomposizione delle frazioni organiche eventualmente presenti sui rifiuti solidi; polveri causate dalle operazioni di movimentazione e carico dei residui; microrganismi ed agenti biologici presenti sui rifiuti. L'area di rischio è stata individuata nella sezione di ricevimento e stoccaggio dei rifiuti. La messa in depressione dell'avanfossa e della fossa ha rappresentato una misura efficace di contenimento.

b) rischio fisico.

Per quanto attiene all'inquinamento acustico si è fatto riferimento alle caratteristiche delle singole macchine scelte, che dovevano risultare comunque entro i limiti di emissione acustica previsti dalle vigenti norme. E' stato considerato anche un possibile rischio dovuto alle vibrazioni (sala macchine): i criteri realizzativi della turbina previsti in sede di progetto (basamento isolato dalle altre strutture) hanno consentito di minimizzare questo rischio.

c) rischio chimico – sostanze e preparati pericolosi.

E' stato eseguito un censimento dei prodotti chimici utilizzati sia in fase di esercizio che nelle manutenzioni. Si possono annoverare a questa categoria anche le scorie e le ceneri, anche se tutte le operazioni sono state previste avvenire automaticamente senza intervento diretto degli addetti. Sono state adottate in sede di progetto scelte volte a prevenire: inalazione, ingestione e/o assorbimento cutaneo di sostanze pericolose, - manipolazione di sostanze corrosive, sostanze reattive instabili.

d) microclima.

Questo fattore di rischio per la salute dei lavoratori è potenzialmente presente in quanto gli stessi operano anche in esterno (squadre meccanici ed elettricisti, ecc.). Durante il periodo invernale gli addetti possono essere sottoposti a temperature fredde ed a pioggia, durante l'estate a temperature calde. Tuttavia, le scelte progettuali hanno privilegiato la completa automazione degli impianti e un livello elevato dei sistemi di

controllo a distanza, al fine di ridurre quanto più possibile la necessità di interventi ispettivi in loco e di conseguenza anche i rischi per gli addetti.

### 3.3 - DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

#### SEZIONI:

- RICEVIMENTO – STOCCAGGIO – CARICAMENTO RIFIUTI  
Composto da: Stazione di pesatura, Rampa - Rilevatore di radioattività, Avanfossa chiusa aspirata – Porte, Fossa aspirata (Bunker chiuso), Carriponte con benna a polipo Ricevimento, triturazione e trasporto in fossa dei rifiuti ingombranti Impianto di deodorizzazione dell'aria della Fossa in caso di fermo impianto
- IMPIANTO DI INCENERIMENTO A GRIGLIA – ESTRAZIONE E STOCCAGGIO SCORIE – IMPIANTO DI RINVIO AL FORNO DEL PERCOLATO IN FOSSA
- IMPIANTO CALDAIA  
Caldaia di recupero calore
- IMPIANTO DEPURAZIONE FUMI  
Composto da: Elettrofiltro, Reattore del bicarbonato, Economizzatore esterno, Reattore dei carboni attivi, Filtro a maniche, Ventilatori dei fumi di ricircolo e di coda, DeNox CATALITICO, Stoccaggio reagenti, Stoccaggio polveri e Sali
- CAMINO
- TURBINA A VAPORE E GENERATORE  
comprensiva di riduttore e sistema di controllo protezione, monitoraggio e di ciclo termico con condensatore ad aria
- VARIE
- IMPIANTO DI REGOLAZIONE E CONTROLLO  
Sistema DCS; Sistema ESD; Sistema analisi fumi; Impianto produzione aria compressa; Impianto produzione acqua demineralizzata; Acqua di raffreddamento; Sistema antincendio; Sistema delle acque tecnologiche e meteoriche
- IMPIANTO DI CONSEGNA ENERGIA ELETTRICA ALLA RETE PUBBLICA, COMPENSIVO DI APPARECCHIATURE RETE ELETTRICA, IMPIANTO ILLUMINAZIONE ED IMPIANTO DI MESSA A TERRA
- IMPIANTO DI COLLETTAMENTO DI E TRATTAMENTO ACQUE E SISTEMI DI APPROVVIGIONAMENTO ACQUA CIVILE SANITARIA ED ACQUA INDUSTRIALE, VASCHE VARIE DI TRATTAMENTO, ACQUE COMPRESA PRIMA PIOGGIA, TRINCEA DRENANTE
- PESE PER AUTOMEZZI
- PALAZZINA UFFICI E VANI SERVIZI SOTTO L'AVANFOSSA E LATERALMENTE ALLA FOSSA.

### 3.4 –PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE

#### 3.4.1 - GENERALITÀ

N° Linee = 2; Potere calorifico nominale = PCI nominale = 2.600 kCal/kg (10.884 kJ/kg); Quantitativo nominale di rifiuti smaltiti/giorno = 2 x 221,5 Tt/g = 443,0 Tt/g; Idem a PCI = 1.600 kCal/kg (6.698 kJ/kg) = 7.200 t/g; Ore indicative di funzionamento/anno = 8.200; Quantitativo nominale di rifiuti smaltiti all'anno dall' impianto = 2 x 9,23 x 8.200 = 151.372,0 Tt/anno, in corrispondenza del PCI nominale; Quantitativo di rifiuti totale smaltibile a 1.600 kCal/kg = 246.000 t/a; Sovraccarico termico (per dimensionamento) = + 0%; Range del PCI previsto = 1.600÷3.300 kCal/kg.

#### 3.4.2 - FORNO

Capacità oraria = 2 x 9.230 kg/h = 18.460 kg/h; Carico termico = 2 x 24,00 Gcal/h = 48,00 Gcal/h (2 x 27,90 MWt = 55,80 MWt); Incombusti non putrescibili nelle scorie ≤ 5 %; Incombusti putrescibili nelle scorie (Sistema EAWAG) ≤ 2 %.

#### 3.4.3 - CALDAIA

Efficienza di scambio caldaia pulita (calore scambiato/prodotto) = 86,5 %; Durata minima esercizio continuo = 8200 h/a; Produzione di vapore: -carico medio continuo: caldaia pulita / sporca = 29.940 kg/h / 29.520 kg/h -

carico di punta: a caldaia pulita = 33.270 kg/h; a caldaia sporca = 32.800 kg/h; Temperatura uscita caldaia: - carico continuo: a caldaia pulita = 152 °C; a caldaia sporca = 172 °C.

#### 3.4.4 - TURBINA/ALTERNATORE – PRODUZIONE/UTILIZZI DELL'ENERGIA ELETTRICA

Potenza nominale alternatore = 19,0 MVA; Potenza ai morsetti alternatore nelle condizioni nominali = 13,8 MVA; Potenza elettrica lorda mediamente prodotta =  $E_1 = 14.200 \text{ Kw}$ ; Autoconsumi impianto di Termovalorizzazione =  $E_2 = 2.100 \text{ kW}$  ( $\cong 15,0 \%$  di  $E_1$ ); Potenza elettrica netta materialmente cedibile =  $E_1 - E_2 = 12.100 \text{ kW}$ ; Fattore di potenza in sovraccarico = 0,8; Tensione nominale = 11.000 V; Frequenza nominale = 50 Hz; Numero delle fasi = 3; Numero dei poli = 4; Velocità = 1.500 g/min; Classe d'isolamento = F; Sovratemperatura a PN = classe B; Livello di rumore a 1 m = 78 dB (A) + 3 dB (A) TOL.

#### 3.4.5 – CONDENSATORE AD ARIA

0,10 Bar (a) – 45,83 °C; Portata nominale di vapore da condensare  $\cong 15.043,0 \text{ kg/sec}$  (Titolo X=87,4%); Portata del vapore esausto = 60 t/h; Contropressione del vapore alla flangia di scarico della turbina = 100 mbar (a); Titolo del vapore = 90%; Temperatura di progetto dell'aria ambiente = (design) 20 °C; Temperatura massima dell'aria ambiente = + 40 °C; Temperatura minima dell'aria ambiente = - 12 °C; Pressione di progetto = Vuoto assoluto / 1,45 bar (a); Temperatura di progetto = 110 °C.

#### 3.4.6 - DEGASATURE

Condizioni di esercizio: temperatura = 112 °C; pressione = 1,5 bar (a); Portata acqua degasatore = 61.000 – 87.500 kg/h; Capacità totale serbatoio = 50 m<sup>3</sup>.

#### 3.4.7 - DEPURAZIONE FUMI

La linea di trattamento fumi è all'avanguardia per tipologia, per completezza di fasi previste e per la conseguente qualità delle emissioni.

I trattamenti progettati sono i seguenti (tutti di tipo completamente a secco, per annullare i consumi di acqua e la produzione di effluenti liquidi da parte della Linea di depurazione fumi):

- 1) Elettrofiltro per la separazione delle ceneri volanti fino ad un contenuto di polveri  $\cong 30 \text{ mg/Nm}^3$ . L'abbattimento delle polveri ai valori previsti, anche se non determinante per il grado di depurazione complessivo, riduce in modo sostanziale lo sporco delle macchine a valle e permette di separare con il Filtro a Maniche un prodotto particolarmente ricco di sali di reazione, eventualmente recuperabili.
- 2) Reattore a secco di immissione del Bicarbonato, con tempo di permanenza > 2,5 sec, per la neutralizzazione degli acidi (HCl, HBr, SOx, ecc.), operante con Bicarbonato di Sodio (NaHCO<sub>3</sub>) ottimale per realizzare, con un trattamento a secco, l'elevatissimo grado di depurazione richiesto. L'immissione del Bicarbonato avviene in una sezione ristretta del condotto (sezione Venturi) dove la velocità dei fumi è portata a  $\cong 35 \text{ m/sec}$ . L'elevatissimo grado di macinazione del Bicarbonato e l'effetto Venturi garantiscono una completa dissoluzione del reagente nei fumi.
- 3) Economizzatore (esterno) destinato ad abbassare la temperatura dei fumi fino a circa 160,0 °C e a preriscaldare l'acqua di alimentazione della Caldaia da 110,0 °C (uscita Degasatore) a  $\cong 147,45 \text{ °C}$ .
- 4) Reattore a secco dei Carboni Attivi, con tempo di permanenza > 3,0 sec, per il completamento delle reazioni del bicarbonato e per l'immissione di Carboni Attivi destinati all'adsorbimento delle residue diossine e dei metalli pesanti.
- 5) Filtro a Maniche (con maniche in Goretex su Goretex) a celle indipendenti escludibili, operante a bassissima velocità di filtrazione (< 0,80 m/min escludendo le maniche in fase di pulizia) per la separazione delle ceneri volanti e polveri fini, dei Carboni Attivi e dei sali di reazione.
- 6) Immediatamente a valle del Filtro a Maniche, sono derivati i Fumi di Ricircolo che, mediante ventilatore dedicato, sono immessi ad altissima velocità (70÷100 m/sec) nella parte superiore della camera di combustione (Venturi), in modo da creare, assieme all'aria II<sup>a</sup>, un' elevatissima turbolenza nei fumi all'ingresso della Post-combustione. Il ventilatore è a basso n° di giri e con inverter, per adattare tempestivamente la portata del ventilatore alle effettive richieste dell'impianto.
- 7) DeNOx catalitico selettivo SCR per l'abbattimento, mediante reazione con ammoniaca NH<sub>3</sub>, degli ossidi di azoto NOx ai valori previsti, con contemporaneo abbattimento anche delle residue Diossine/Furani.

Reattore completo di: scambiatore fumi/fumi (Scambiatore F1/F2); bruciatore a metano per il raggiungimento della prevista temperatura di esercizio = 260 °C ( $\cong$  261,25 °C a monte del reattore, per tenere conto dell'abbassamento di temperatura provocato dall'aria di immissione del reagente e dall'evaporazione dell'ammoniaca). Tra il Filtro a maniche e il Denox catalitico è interposto il Ventilatore di coda, a basso n° di giri e con inverter + valvola di regolazione fine, per adattare tempestivamente la portata del ventilatore alle effettive richieste dell'impianto. Temperatura dei fumi al camino  $\cong$  170 °C. Per garantire la massima sicurezza, l'intera linea è in depressione. Altezza del camino (1 camino per Linea) = 80,0 m. Ogni camino è dotato di un sistema di monitoraggio in continuo e di predisposizioni atti ad effettuare le seguenti misurazioni in continuo e periodiche con frequenze stabilite dall'Autorità di sorveglianza e al massimo annuali: gli inquinanti CO, HCl, SOx, NO, NO<sub>2</sub> (NOx) e NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> vengono rilevati con un sistema a tecnologia FTIR (a spettrometria infrarosso a trasformata di Fourier). Le Polveri sono rilevate con un principio a "deviazione di luce", il COT con un sistema a ionizzazione di fiamma.

### 3.5 - CRITERI DI ECO-COMPATIBILITA' E SOSTENIBILITA' AMBIENTALE ADOTTATI IN FASE DI PROGETTAZIONE

Depurazione dei fumi a secco. L'utilizzo del bicarbonato di sodio e dei carboni attivi in sistemi a secco permette di ottenere dei livelli di deacidificazione dei fumi e riduzione dei microinquinanti molto elevati, del tutto confrontabili, e spesso superiori, a quelli raggiungibili dai sistemi di trattamento ad umido, con il grande vantaggio di non utilizzare acqua. La depurazione a secco permette inoltre un rendimento energetico più spinto in quanto il calore sensibile dei fumi può essere recuperato in un intervallo di temperatura più ampio. Particolare attenzione è stata riservata a predisporre indicazioni e specifiche molto strette relativamente alla costruzione del Filtro a maniche e delle maniche, in modo da evitare qualsiasi trafileamento di fumi che potesse compromettere i risultati ottenibili a monte.

Catalizzatore. La riduzione catalitica degli ossidi di azoto è considerata il sistema più efficiente per raggiungere bassi livelli di emissione. La scelta del catalizzatore è stata operata tenendo conto di tre esigenze contemporanee: un elevato rendimento di riduzione, una temperatura di esercizio non troppo alta e una scarsa predisposizione all'avvelenamento ed intasamento. Per queste ragioni in progetto è stato previsto un catalizzatore funzionante ad una temperatura di 260 °C.

Condensazione del vapore. Anche per questa apparecchiatura si è fatta la scelta di non utilizzare acqua, ma di condensare il vapore mediante aerotermini. Il rendimento termoelettrico è un po' più basso rispetto alla soluzione con acqua, ma evita, in special modo nei mesi invernali, il vistoso pennacchio bianco delle torri di raffreddamento.

### 3.6 – DESCRIZIONE DEL PROCESSO DAL PUNTO DI VISTA OPERATIVO

Ricevimento dei rifiuti. I rifiuti in ingresso all'impianto vengono pesati e quindi scaricati in fossa. Alla fossa si accede attraverso l'avanfossa, dove i mezzi sosterranno, prima dello scarico dei rifiuti. L'apertura dei portoni è regolata da apposito sistema comandato dalla sala controllo. Al fine di limitare la fuoriuscita degli odori, le zone di ricevimento (avanfossa) e stoccaggio dei rifiuti (fossa) vengono mantenute in depressione: l'aria aspirata viene convogliata alla griglia di combustione e impiegata come aria comburente.

Combustione dei rifiuti. Prima dell'alimentazione dei rifiuti al forno di combustione gli stessi vengono miscelati, al fine di alimentare il forno con carichi il più omogenei possibile. L'omogeneità del carico, ovvero la costanza del carico termico in alimentazione al forno, è controllata attraverso la produzione del vapore. In funzione di questo parametro si determinano quindi gli effettivi quantitativi di rifiuti (ton/ora) da alimentare al forno, come anche il movimento dei gradini della griglia. La tecnologia di combustione impiegata si basa su una griglia a gradini mobili con raffreddamento misto aria/acqua. Nella fase di combustione vengono controllati i seguenti parametri: concentrazione dell'ossigeno, non inferiore al 6% in volume; concentrazione del monossido di carbonio, << 50 mg/Nm<sup>3</sup>. Il processo di combustione è completato dalla fase di post-combustione. In questa fase i parametri da tenere sotto controllo sono la temperatura, che viene mantenuta < 870 °C, e il tempo di residenza dei fumi < 2 sec.

Trattamento dei fumi di combustione. I fumi sviluppati dalla combustione vengono introdotti in una linea di trattamento al fine di ridurre il carico di inquinanti in esso contenuto. La linea di trattamento fumi è composta dalle seguenti unità funzionali: filtro elettrostatico – reattore con iniezione di bicarbonato di sodio (per l'abbattimento degli inquinanti acidi, operante a 220°C) – reattore con iniezione dei carboni attivi (per l'abbattimento dei metalli volatili e dei composti organici organoclorurati, operante a 160°C) – filtro a maniche – reattore selettivo catalitico per la riduzione degli ossidi di azoto e delle residue diossine/furani. Il filtro elettrostatico consente la separazione,

dal flusso gassoso, delle polveri meno sottili. Il materiale solido raccolto viene convogliato a mezzo di idonei sistemi di trasporto al silo di stoccaggio, unitamente alle polveri di caldaia. La presenza di questa macchina consente una separazione molto spinta di materiale solido inerte e quindi facilita la possibilità di un recupero successivo dei Sali (P.S.R. = Prodotti Sodici Residui) derivanti dall'abbattimento della componente acida contenuta nei fumi. Il sistema di neutralizzazione degli acidi viene alimentato con bicarbonato di sodio mentre in un successivo reattore vengono immessi i carboni attivi: i reagenti sono stoccati in sili dedicati e iniettati a mezzo di idonei sistemi di alimentazione. La reazione si completa sul filtro a maniche che agisce separando dal flusso gassoso i sali di reazione e le polveri più fini. Detto materiale viene quindi raccolto e convogliato a mezzo di idonei sistemi di trasporto al silo di stoccaggio. Il reattore selettivo catalitico, nel quale viene iniettata una soluzione di ammoniaca, consente la riduzione degli ossidi di azoto e delle residue diossine/furani. A seguito di questi trattamenti i fumi vengono convogliati al camino. La canna del camino è dotata della strumentazione di misura delle emissioni in continuo per i seguenti parametri: 1) CO, 2) Polveri totali, 3) COT, 4) HCl, 5) HF, 6) SO<sub>2</sub>, 7) NO/ NO<sub>2</sub>, 8) O<sub>2</sub>, 9) Temperatura, 10) Pressione, 11) H<sub>2</sub>O, 12) Portata volumetrica, 13) NH<sub>3</sub>.

Produzione di Energia. I fumi prodotti dalla combustione dei rifiuti vengono raffreddati dall'acqua contenuta in caldaia che si trasforma in vapore. Il vapore prodotto viene surriscaldato e quindi inviato ad una turbina che collegata ad un alternatore consente la produzione di Energia Elettrica.

Scopo del turbogeneratore è di trasformare in energia elettrica il contenuto entalpico del vapore prodotto della caldaia. Il turbogeneratore viene alimentato con vapore surriscaldato a 62 bar/ass e 425 °C; lo scarico è collegato con un condensatore di vapore in grado di condensare la portata di progetto di 0,10 bar/ass. La turbina è dotata di estrazioni intermedie di vapore per l'alimentazione del preriscaldatore aria di combustione, del degasatore e di altri servizi. Sul tubo di alimentazione del vapore surriscaldato alla turbina è stato previsto il separatore di condensa per l'eliminazione delle gocce trascinate dal vapore durante la fase di avviamento dell'impianto e/o trascinalenti di acqua dal corpo cilindrico della caldaia a recupero a causa della perdita del controllo del livello dello stesso. È inoltre prevista come strumentazione principale: misure di portata; temperatura; pressione vapore vivo; pressione vapore estratto; portata del vapore estratto. Il controllo della pressione in caldaia è realizzato tramite il trasmettitore che invia il suo segnale al regolatore elettroidraulico WOODWARD della turbina che a sua volta aziona l'attuatore delle valvole di immissione vapore alla turbina. Il set-point del controllore viene fissato a 62 bar/ass; di conseguenza la turbina espande tutto il vapore prodotto dalle caldaie mantenendo costante la pressione a monte. In questa situazione la turbina non è in grado di regolare la frequenza della rete e pertanto il generatore elettrico può funzionare solo in parallelo con la rete esterna. Quando la turbina è in funzione il vapore a bassa pressione per i servizi ed eventualmente per il turboriscaldamento viene prelevato dalla estrazione regolata dalla turbina che viene mantenuta ad una pressione di 3,5 bar/ass mediante delle opportune valvole di regolazione. Il controllo della pressione del vapore estratto viene realizzato dal regolatore elettroidraulico WOODWARD al quale arriva il segnale di pressione del PT 106 e che invia il segnale di regolazione all'attuatore della valvola di immissione allo stadio finale. Il vapore proveniente dallo scarico regolato viene immesso sul collettore di B.P. che alimenta i servizi: degasatore; aerotermino preriscaldamento aria combustione; teleriscaldamento; tenuta libera turbina; lavaggi. Nel caso di marcia su rete isolata ("in isola") il turbogeneratore non potrà più regolare il flusso del vapore vivo in modo da mantenere costante la pressione alla caldaia ma dovrà regolare il flusso in funzione del carico elettrico interno dell'impianto mantenendo costante la frequenza; in questa situazione di funzionamento la costante della pressione alla caldaia viene assicurata dal gruppo di by-pass. Il vapore allo scarico della turbina viene convogliato ad un condensatore ad aria: l'acqua in uscita da esso viene rimessa in caldaia.

Il condensatore ad aria è propriamente uno scambiatore di calore che consente di condensare il vapore esausto scaricato dalla turbina a vapore per mezzo dell'aria ambiente forzata attraverso i fasci tubieri dagli elettroventilatori. I fasci tubieri sono stati previsti con disposizione a tetto (V rovescia) e supportati su una struttura metallica di tipo imbullonato. Inoltre per garantire la tenuta del vuoto nel sistema, il condensatore è previsto in esecuzione completamente saldata (ogni connessione flangiata rappresenta infatti un rischio di perdita nel sistema con conseguente difficoltà a mantenere il vuoto nello stesso). Le connessioni flangiate sono limitate alle apparecchiature e/o accessori di corredo dell'impianto. In questo specifico caso è stata inizialmente progettata una configurazione tipo 2 x KD 31, cioè con 2 tetti in parallelo, ciascuno con 3 sezioni a condensazione diretta (zona primaria) e 1 sezione a deflegmazione (zona secondaria). In particolare per ogni singolo tetto, la zona a condensazione diretta constava di 18 fasci tubieri, mentre la zona a deflegmazione constava di 6 fasci tubieri (totale 36 fasci tipo K e 12 fasci tipo D). Successivamente, in considerazione del fatto

che durante i mesi estivi le temperature dell'aria raggiungono valori elevati e la pressione di condensazione del condensatore, quindi della turbina, tendevano ad alzarsi, con conseguente peggioramento della resa., venne progettato e realizzato un ampliamento del condensatore e quindi della superficie condensante onde permettere, durante i mesi caldi, di tenere le pressioni di condensazione basse e ottenere così migliori rese prestazionali della turbina e quindi maggiore produzione di energia elettrica. Dal punto di vista impiantistico l'aggiornamento progettuale ha riguardato l'aggiunta di n. 4 ventilatori oltre agli 8 già esistenti, con relativo prolungamento delle tubazioni di processo e delle superfici di scambio termico, oltre che - ovviamente - delle strutture di sostegno in carpenteria metallica. Nei fasci della zona primaria (tipo K), il vapore scorre dall'alto verso il basso in equicorrente alla condensa mentre, viceversa, nei fasci della zona secondaria (tipo D), il vapore scorre dal basso verso l'alto e, pertanto, in controcorrente con la condensa che vi si forma. Il condensatore è stato dimensionato in modo da evitare che la condensazione del vapore venga completata nella sezione primaria (sezione a condensazione diretta). La condensazione del vapore inviato al condensatore viene pertanto completata nella sezione secondaria. L'estrazione degli incondensabili avviene dalla testata superiore dei soli fasci tubieri della zona a deflegmazione (fasci tipo D). La condensa che si forma nelle due distinte sezioni del condensatore si raccoglie per gravità nei tubi deflegmatori ed è inviata per gravità al serbatoio di raccolta. La condensa raccolta nel serbatoio viene poi inviata per mezzo di opportune pompe centrifughe ai condensatori del gruppo vuoto e successivamente al degasatore (vedi oltre) per poi ritornare in ciclo. La condensa che si forma nella tubazione di adduzione vapore è drenata per gravità in un apposito serbatoio previsto sotto la turbina. Per creare e mantenere il vuoto nel sistema è previsto un gruppo del vuoto con eiettori a vapore.

Il degasatore è costituito da un serbatoio di adeguata capacità sopra il quale è installata una torretta per il degasaggio del condensato per mezzo di vapore. Il condensato, estratto dal serbatoio condense tramite pompe, viene inviato nella sezione superiore della torretta di degasaggio dove viene alimentato anche il condensato prodotto dalla rete servizi. Alla stessa quota viene alimentata l'acqua demi necessaria a compensare il consumo complessivo di acqua della caldaia e del ciclo termico (spurghi, soffiatori, perdite tubazioni, ecc.); la portata dell'acqua demi necessaria per mantenere il livello di set-point nel serbatoio del degasatore viene regolata da valvola comandata da controllore di livello. Nella parte bassa della torretta di degasaggio è alimentato il vapore di bassa pressione la cui portata è regolata dal controllore di pressione tramite valvola regolatrice. Nella torretta si realizza un movimento in controcorrente tra il vapore che sale ed il condensato che scende; si ottiene così il riscaldamento del condensato fino alla temperatura di esercizio e la eliminazione dei gas disciolti dalla fase liquida; i gas vengono sfiati da una valvola prevista sopra la torretta. Una portata fissa di vapore viene alimentata sul fondo del degasatore tramite un tubo forato per mantenere l'uniformità di temperatura. Lo schema tecnologico del ciclo termico consente l'impiego diretto del vapore sotto forma di Teleriscaldamento, in relazione alle esigenze espresse dal territorio.

Smaltimento delle scorie di combustione. Le scorie vengono raccolte in una fossa apposita dalla quale vengono periodicamente prelevate e smaltite con idonei sistemi autorizzati.

Smaltimento delle polveri e dei sali di reazione. Le polveri leggere e i sali di reazione residuati dal processo di trattamento dei fumi vengono raccolti e trasferiti in idonei sistemi di stoccaggio (sili).

Costituiscono parte dell'impianto anche i seguenti impianti ausiliari: impianto antincendio; impianto di demineralizzazione dell'acqua; impianto aria compressa.

## 4 – ASPETTI QUALIFICANTI

### Aspetti qualificanti di carattere tecnologico-impiantistico.

#### Tipo di griglia

I rifiuti ricevuti hanno un potere calorifico mediamente elevato ed un peso specifico basso. Per queste ragioni, in sede di evoluzione della progettazione è stata prevista, in variante alla progettazione iniziale che prevedeva una griglia tutta raffreddata ad aria, una griglia sempre a movimento alternato, inclinata rispetto al piano orizzontale ma con le prime tre zone, dove più intensa è la combustione, raffreddate con acqua al fine di ottenere una maggior durabilità del sistema e minori interventi manutentivi con conseguente riduzione delle fermate.

#### Tipo di caldaia

La caldaia di recupero del calore, con due canali radianti ed una convettiva orizzontale dotata di banchi pendenti, è una delle apparecchiature concepite in sede progettuale con maggiore cura, in modo da garantire una marcia costante nel tempo e una manutenzione ridotta.

Depurazione dei fumi a secco, catalizzatore e condensazione del vapore

#### Tipo di turbogeneratore

La scelta progettuale è caduta su un turbogeneratore prodotto da ABB, Ditta di primaria importanza. Esso è dotato di un sistema di regolazione della turbina composto dalle seguenti parti: regolatore elettronico di velocità e della pressione vapore di estrazione tipo Woodward 505E; convertitore elettroidraulico, per olio di controllo secondario, tipo Woodward 9906-03 per le valvole di regolazione A.P.; convertitore elettroidraulico, per olio di controllo secondario, tipo Woodward 9906-083 per le valvole di regolazione B.P.; cilindro idraulico ed attuatore per le valvole di regolazione A.P.; cilindro idraulico ed attuatore per le valvole di regolazione B.P.; Valvole di regolazione A.P.; Valvole di regolazione B.P.

L'impianto prevede un circuito di by-pass turbina per inviare al condensatore il vapore prodotto in caldaia quando la turbina è fuori servizio o per inviare al condensatore la portata di caldaia che supera la portata accettata dalla turbina. Nel caso di marcia su rete isolata del generatore).

#### Aspetti qualificanti in ordine alla sicurezza e all'igiene del lavoro.

Alla luce delle criticità esaminate in sede di progetto in ordine alla sicurezza in fase gestionale dell'impianto, essi possono essere così riepilogati: a) criteri di progettazione: partendo dalle specifiche norme e/o disposizioni sono state individuate condizioni di massima sicurezza delle strutture; b) adozione degli specifici accorgimenti atti a ridurre i rischi per la salute (aspirazione dell'aria nelle aree interessate dalla possibile presenza di sostanze aerodisperse, automatizzazione delle operazioni di estrazione delle scorie, polveri, ecc.); c) introduzione di elevati livelli di sicurezza per la riduzione dei rischi di infortuni sul lavoro, sia a livello strutturale che di previsione gestionale (automatizzazioni, ecc.); d) progettazione di opere con requisiti tali da garantire l'igiene ed il benessere dei lavoratori (spogliatoi, docce, uffici, ecc.); e) individuazione e segnalazione nei capitolati costruttivi delle condizioni di collaudo e di accettazione delle opere realizzate; f) definizione, a livello progettuale, delle verifiche finali per la valutazione dell'accettabilità dell'impianto ai fini dell'igiene e sicurezza dei lavoratori.

## 5 – DOCUMENTAZIONE GRAFICA E FOTOGRAFICA



Vista aerea da Sud



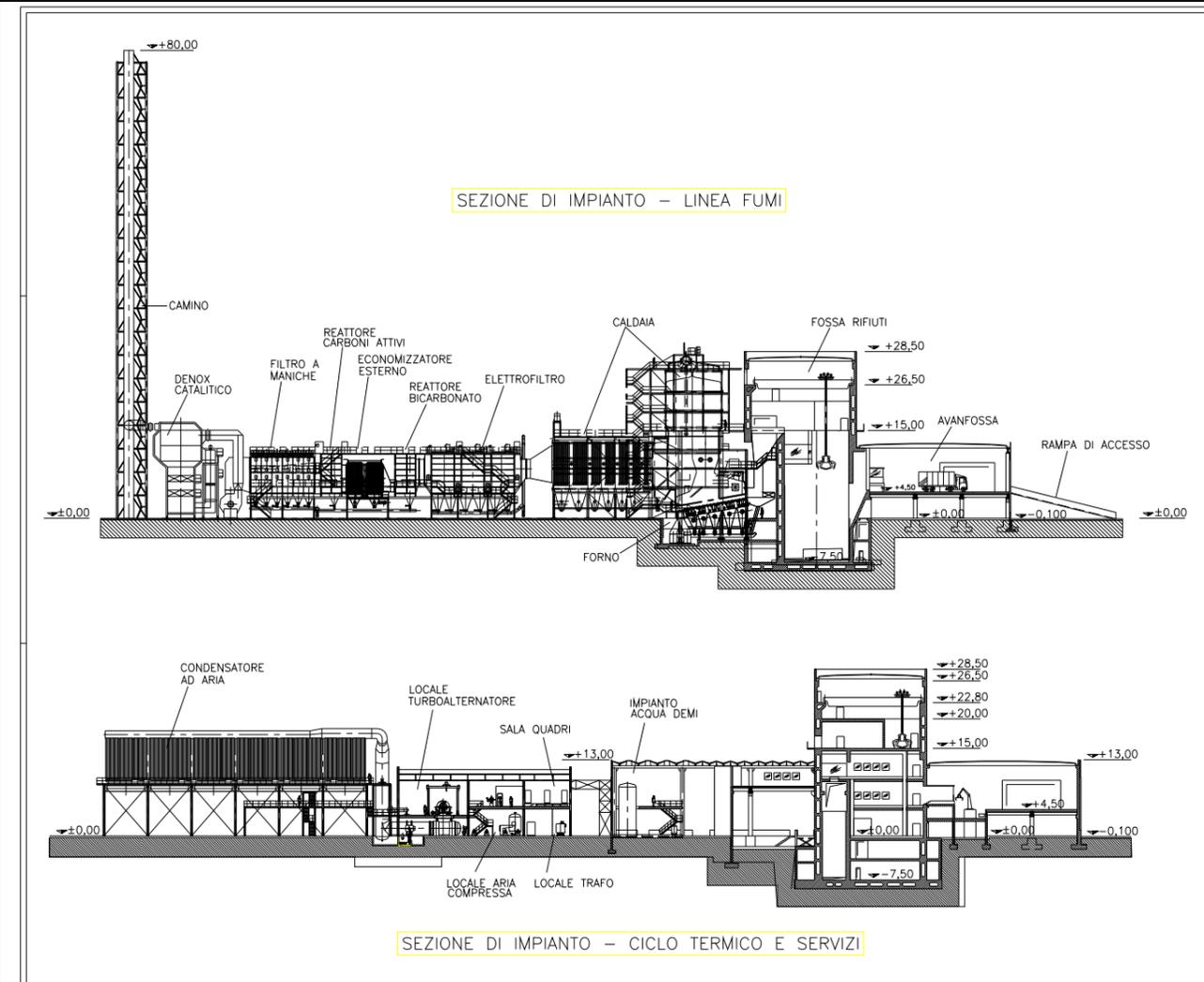
Vista da Nord: condensatore, linee fumi, caldaie



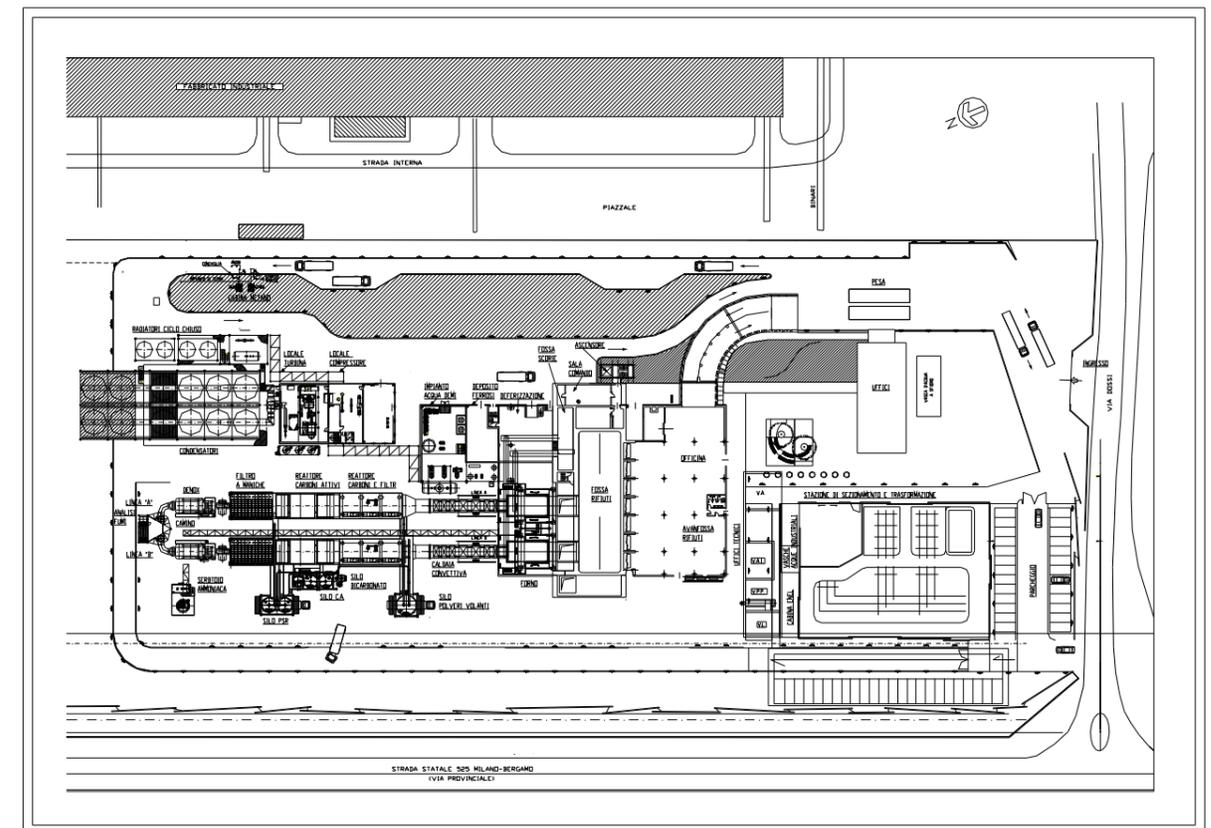
Vista da Nord: dettaglio linee fumi e caldaie



Vista dai camini: linee fumi ed edificio turboalternatore e q.e.



Sezioni impianto su linea fumi e su condensatore



Planimetria generale