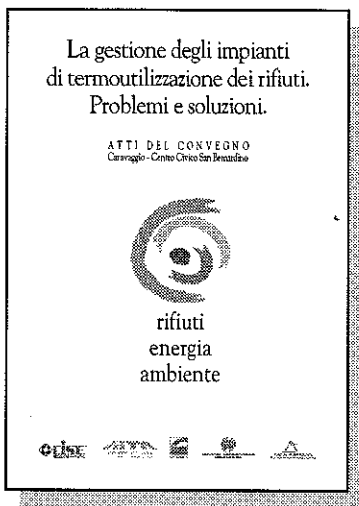


# La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti. Problemi e soluzioni.

ATTI DEL CONVEGNO  
Caravaggio - Centro Civico San Bernardino



rifiuti  
energia  
ambiente



## SI RINGRAZIANO PER LA COLLABORAZIONE

Gli autori delle memorie e i relatori

### Coordinamento Editoriale

Gianni Pampurini

### Revisione testi

Franco Uberti, Gianni Quaglia

### Chairman

Evandro Sacchi

### Comitato Tecnico-Organizzativo

Gian Luigi Briosi, Gianni Pampurini, Paolo Cesco, Raffaele Ferri, Roberto Caggiano, Vittorio Grandonico.

### Segreteria

Anna Oriani, Laura Levi

### Organizzazione

Alberto Rota, Chiara Le Boffe, Franco Uberti, Gabriella Arditi, Gianni Quaglia, Jole Riccadonna, Marco Migliavacca, Michela Bianchi.

### Sede Congressuale

Comune di Caravaggio

### Sponsor mostra fotografica

Banca di Credito Cooperativo di Caravaggio

### Realizzazione mostra fotografica

GREEM (Gruppo Ecologico Est Milano)

### Spazio attiguo alla Sede Congressuale

Corpo Musicale A. Brega di Caravaggio

### Visite guidate al Museo Navale

Ottorino Pellagri

### Le Aziende

AEM, Ambiente SpA., CAP, Cifa Progetti, De Cardenas, Ecodeco, Sandvik, Solvay, Sio Air liquide Italia Srl., Termomeccanica Eolo.

### Le Associazioni

AIRC e AISM, che hanno accettato l'invito a comparire negli atti del convegno, per il loro costante impegno nella lotta contro il cancro e la sclerosi multipla.

### Grafica e impaginazione

Studio Bassi

Le pagine pubblicitarie sono stampate su carta FREELIFE della cartiera Fedrigoni, ecologica senza cloro e riciclata con 80% di fibre secondarie selezionate.

# Sommario

- pag. 9 **Ruolo della termoutilizzazione nella gestione integrata dei rifiuti. La posizione delle Aziende Pubbliche**  
Roberto Caggiano - Federambiente
- pag. 23 **Ruolo della termoutilizzazione nella gestione integrata dei rifiuti. La posizione delle Aziende Private**  
Roberto Liscia - Assoambiente
- pag. 27 **Quadro normativo e recepimento delle direttive comunitarie in materia di termoutilizzazione dei rifiuti.**  
Mauro Bocciarelli, Andrea Cirelli  
AITA (Associazione Italiana Tecnici Ambientali)
- pag. 32 **Un impianto di termoutilizzazione dei rifiuti, suoi componenti e problemi.**  
Gian Luigi Briosi, Vittorio Grandonico,  
ATI-Sezione Lombarda
- pag. 39 **Processi corrosivi negli impianti di incenerimento dei rifiuti**  
Gian Pietro De Gaudenzi (1), Alfredo Colombo (2),  
Gabriele Rocchini (2), Franco Uberti (1)  
(1) CISE SpA, Laboratorio di Corrosione ad Alta Temperatura, Segrate (Mi)  
(2) ENEL SpA DSR/CRAM-Milano
- pag. 52 **Esperienze AMSA nel campo della termoutilizzazione dei rifiuti**  
Dante Salimbeni - AMSA - Milano
- pag. 59 **Ottimizzazione del trattamento delle emissioni derivanti dalla combustione dei rifiuti solidi urbani ed ospedalieri: l'esperienza di Padova**  
Aulo Magagni, Giorgio Boschi - AMNIUP - Padova
- pag. 66 **Emissioni al Camino: Esperienze e Tecnologie**  
Francesco Albasser, Angelo Briccola - ACSM - Como
- pag. 72 **Problematiche funzionali della combustione di ROT e RSU**  
Renato Faini - Public Consult
- pag. 77 **Forno inceneritore rifiuti industriali speciali tossico nocivi della Soc. AMBIENTE SpA: l'esperienza di Ferrara**  
Mario Bertuzzi - AMBIENTE S.p.A.
- pag. 87 **Gestione di impianti di termoutilizzazione: esperienze francesi**  
Roberto Borghini - Mariani Servizi
- pag. 98 **Termoutilizzazione dei residui di lavorazione nell'industria automobilistica**  
Martino Narcisi, Franco Corazzari  
Fenice - Qualità per l'Ambiente SpA
- pag. 141 **Utilizzo di residui combustibili nel forno rotante per la produzione di clinker da cemento**  
Giovanni Cinti - CTG - Italcementi
- pag. 155 **Le esperienze di co-combustione di carbone e di RDF nelle centrali termoelettriche**  
Carlo Rossi, Giuliano Trebbi  
ENEL S.p.A./Centro Ricerca Termica - Pisa
- pag. 164 **Sintesi del convegno di Caravaggio**
- pag. 167 **Elenco partecipanti**

Il manoscritto dell'intervento - Ecolombardia 4 SpA. Una esperienza positiva di incenerimento dei rifiuti industriali sviluppata nell'ambito del sistema Ecodeco, di Giuseppe Natta, Presidente Sistema Ecodeco Srl - non è pervenuto per tempo

# Presentazione

La coincidenza del Convegno, di cui ho il piacere di presentare gli atti, con un momento di particolare crisi del sistema di smaltimento dei rifiuti, non è del tutto sorprendente.

I rifiuti sono infatti un'emergenza permanente da ormai più di dieci anni e ciononostante i segnali, pur numerosi, che facciano ritenere prossima una soluzione strutturale del problema, sembrano ancora incerti. In questa situazione si è desiderato dare al Convegno un indirizzo sostanzialmente tecnico, così da non dover riascoltare discorsi politico-ambientali ormai triti ed avere invece la possibilità di approfondire quegli aspetti che saranno essenziali per l'affermazione della termoutilizzazione nell'ambito di una corretta strategia di smaltimento dei rifiuti.

La compatibilità ambientale, nei confronti della quale sono stati fatti ottimi progressi tecnici, è infatti una condizione necessaria, ma non sufficiente per l'affermazione della termoutilizzazione, in quanto a regime, importanti parametri di valutazione della tecnologia saranno l'affidabilità e l'economicità degli impianti.

Nella convinzione che la termoutilizzazione non possa essere trascurata da una strategia che voglia dare una soluzione strutturale al problema dei rifiuti, il Convegno è stato impostato in una prospettiva che evidenzia la necessità di migliorare le prestazioni economico-energetiche degli impianti di termoutilizzazione e che ritiene tali miglioramenti possano ormai svilupparsi naturalmente in un quadro di diffusa applicazione di questo metodo di smaltimento. Tale quadro dovrà vedere coinvolte in egual misura le industrie e la pubblica amministrazione, senza però escludere le strutture di ricerca ed innovazione di cui questa tecnologia ha ancora un grande bisogno.

Alberto Rota  
Direttore della Divisione  
Materiali e Tecnologie del CISE



Il CISE SpA (Centro Informazioni Studi Esperienze) è una società che progetta e realizza prodotti innovativi e fornisce servizi specialistici ai settori industriali e alle società di servizi pubbliche e private. In questo contesto svolge anche attività di ricerca applicata per l'innovazione tecnologica in quanto strumento strategico per conseguire i propri obiettivi.

Le attività del CISE sono indirizzate al supporto della produzione in alcuni settori industriali (dell'energia, manifatturiero, di processo spaziale), al risparmio energetico, alla conservazione e alla valorizzazione del patrimonio industriale, alla salvaguardia delle risorse ambientali, alla progettazione e produzione di strumentazione e dispositivi tecnologici avanzati.

Le strutture aziendali sono costituite da uffici, laboratori ed edifici per impianti sperimentali, che coprono una superficie di 30.600 m<sup>2</sup> (di cui 6.150 m<sup>2</sup> per laboratori, 6.300 m<sup>2</sup> per uffici tecnico-scientifici e amministrativi, e 18.150 m<sup>2</sup> per servizi ausiliari). Sorgono su un'area di complessivi 80.000 m<sup>2</sup> sita nel comune di Segrate (Milano). Il valore delle attrezzature e strumenti scientifici ammonta, a fine '94, a 66 miliardi di lire e quello dei beni immobili a 30 miliardi.

Il CISE dispone di personale altamente qualificato costituito da 37 dirigenti, 75 quadri, 455 impiegati e 38 equiparati ed operai, per un totale di 605 dipendenti

CISE SpA - Via Reggio Emilia, 39 - 20090 Segrate (Milano) tel. 02/2167.1 fax 02/21672620

La tematica dell'energia è particolarmente importante per il CISE e con essa la valorizzazione delle possibili fonti energetiche e il miglioramento dell'efficienza e della disponibilità degli impianti nel rispetto dell'ambiente, che in parte dipendono da una corretta gestione degli stessi.

Produrre energia dai rifiuti, siano essi solidi urbani, pericolosi o residui riutilizzabili, contribuisce a risolvere il problema del loro corretto smaltimento e, nello stesso tempo, consente di risparmiare risorse che in ogni caso dovrebbero essere impiegate per soddisfare il fabbisogno energetico nazionale.

Purtroppo gli impianti attualmente in funzione sono spesso afflitti da problemi tecnologici ed economici di esercizio, in parte imputabili all'estrema aggressività delle atmosfere di combustione che possono attivare processi corrosivi molto dannosi per l'impianto e i suoi componenti.

Il CISE ha pertanto ritenuto utile promuovere un confronto su vasta scala, che rappresentasse occasione di riflessione e di approfondimento su queste tematiche, nella speranza che potesse anche divenire occasione per formulare proposte di soluzione del problema in un momento in cui l'argomento ha polarizzato l'interesse dell'intera comunità.

La proposta di un convegno che contribuisse al chiarimento della situazione italiana nel settore della termoutilizzazione dei rifiuti è stata accolta favorevolmente da ATI, AITA, Assoambiente e Federambiente, che hanno collaborato all'organizzazione del convegno. Si spera che questo possa essere il primo passo di un percorso comune che veda coinvolti gli operatori del settore, le forze politiche e l'intera comunità, su un problema che deve essere risolto in tempi rapidi e in maniera corretta.

La produzione di energia dai rifiuti è una scommessa che la moderna società industrializzata non può perdere.



**AUSITRA ASSOAMBIENTE**  
*Associazione imprese servizi ambientali*

Assoambiente è l'associazione che nell'ambito di Ausitra, aderente a Confindustria, rappresenta a livello sindacale, politico, economico e sociale, le imprese private esercenti servizi ambientali.

Tramite Ausitra, Assoambiente aderisce alla FEAD (Federazione europea per la gestione dei rifiuti) che rappresenta le associazioni nazionali operanti nel settore delle diverse iniziative che si sviluppano ai vari livelli istituzionali dell'Unione Europea.

L'Associazione ha registrato, soprattutto nell'ultimo decennio, un consistente sviluppo sia in termini di numero di imprese aderenti che di problematiche affrontate.

*Imprese aderenti:* 170

*fatturato globale annuo:* 3.000 miliardi

*totale dipendenti:* 15.000

*settori di attività:* raccolta, trasporto, stoccaggio, trattamento e smaltimento dei rifiuti industriali ed urbani, raccolte differenziate, trattamento acque reflue, bonifiche, ecoaudit, valutazione di impatto ambientale.

Più in particolare:

*Settore rifiuti solidi urbani:* le aziende associate Assoambiente gestiscono circa 6 milioni di tonnellate annue di R.S.U. servendo 3.500 comuni (tra cui numerosi capoluoghi di Provincia) con bacini di utenza di oltre 13 milioni di abitanti.

*Settore rifiuti industriali:* le aziende associate Assoambiente gestiscono, ogni anno, circa 2,8 milioni di tonnellate di rifiuti industriali, pari al 70% delle quantità complessivamente smaltite in impianti autorizzati a trattare rifiuti per conto terzi.

Ausitra-Assoambiente - Via del Poggio Laurentino, 11 - 00144 Roma - tel. 06/5921076 fax 06/5919955

Via Maggiolini, 1 - 20121 Milano - tel. 02/76022126 fax 02/799404

Come in tutte le altre nazioni occidentali la termodistruzione rappresenta, ormai, una scelta definitiva e consolidata. Assoambiente è fortemente convinta che il recupero energetico dovrà necessariamente rappresentare, anche in Italia, una componente non marginale, considerate anche le tecnologie disponibili che possono assicurare l'osservanza di elevati standards di emissioni, superiori a quelli previsti per i processi produttivi.

È necessario, però, che il nostro Paese recepisca le direttive comunitarie in materia per fornire un quadro giuridico certo agli operatori e superare il vincolo della camera di post-combustione (unico Paese europeo che la prevede)

Solo così e, quindi, con un contesto normativo di riferimento più certo, sarà possibile per gli operatori privati avviare nuove iniziative per il recupero energetico, considerati gli elevati costi di investimento e l'esigenza di un adeguato tempo minimo non inferiore a 10 anni di utilizzo dello stesso. Lo sviluppo del recupero energetico, potenzialmente e non in pochi casi, rappresenta la soluzione ambientalmente più corretta nello smaltimento dei rifiuti solidi urbani e dei rifiuti da imballaggi rispetto ad altre forme di riciclo che trasferiscono l'inquinamento su altri elementi naturali in forma diretta ed indiretta.

Pertanto l'iniziativa promossa dal CISE non può che essere ritenuta importante sia sotto l'aspetto tecnico scientifico sia sotto quello formativo ed informativo: è soprattutto un'occasione di confronto ed approfondimento finalizzata a ricercare ed a promuovere soluzioni di smaltimento sempre più affidabili ed ambientalmente più compatibili.



ASSOCIAZIONE ITALIANA  
TECNICI AMBIENTALI

A.I.T.A. si è costituita nel 1990. All'associazione possono aderire i direttori, i dirigenti e i quadri delle Aziende e degli Enti pubblici e privati che operano principalmente nel campo della gestione dei servizi e degli impianti per la tutela e la salvaguardia ambientale e coloro che abbiano svolto per almeno cinque anni funzioni dirigenziali presso le Aziende e gli Enti sopra richiamati. Si tratta dunque di una Associazione di "addetti ai lavori", che hanno, oltre che conoscenza tecnica dei problemi ambientali, anche professionalità acquisita con un'esperienza pluriennale.

A.I.T.A. intende colmare una grande lacuna dell'Italia nel campo della igiene e della salvaguardia ambientale.

Si deve infatti rilevare che nella maggior parte dei Paesi europei ed in numerosi Paesi extraeuropei esistono associazioni analoghe e che esse svolgono un importantissimo ruolo consultivo nei confronti dei Ministeri e degli altri Enti che operano nel settore della tutela e della salvaguardia ambientale.

Soci sostenitori A.I.T.A. sono Federambiente, Assoambiente-Ausitra e numerosi Enti ed Aziende pubbliche e private.

Dal 1° Gennaio 1991 A.I.T.A. di intesa con la Federambiente, cura la pubblicazione della rivista bimestrale "GEA" - *Gestione ed Economia dell'Ambiente* - edita da Maggioli. Dal 1° Gennaio 1995 alle due Associazioni si è aggiunta l'Assoambiente-Ausitra.

L'intesa prevede, fra l'altro, che A.I.T.A. designi il Direttore della rivista e che i componenti del Comitato di Direzione siano nominati in egual numero da A.I.T.A., Federambiente e Assoambiente-Ausitra.

A.I.T.A. - Via Valadier, 52 - 00193 Roma - tel. 06/68603623 fax 06/68603617

L'importante ruolo che la termovalorizzazione dei rifiuti deve avere anche in Italia all'interno di un sistema integrato di gestione dei rifiuti è stato sempre sottolineato dalla A.I.T.A.

L'esperienza degli "addetti ai lavori" non può che portare a questa convinta asserzione.

Lo sviluppo tecnologico nel settore in questione consente di realizzare impianti di combustione dei rifiuti con impatto ambientale trascurabile rispetto ad altre fonti di inquinamento.

Gravissime invece sono le conseguenze derivanti dalla carenza di detti impianti, soprattutto nelle aree metropolitane e nelle città.

Dopo gli "anni bui" nei quali la combustione dei rifiuti è stata criminalizzata, comincia a farsi strada, anche da parte di chi si è sempre opposto, la convinzione che è necessario dotare l'Italia di una rete di impianti di termovalorizzazione dei rifiuti.

Molti ancora sono però gli ostacoli e le diffidenze da superare.

Il Convegno promosso dal CISE va in questa direzione e ad esso A.I.T.A. ha dato una piena e convinta collaborazione, certa che dal confronto delle esperienze gestionali possano nascere suggerimenti utili ai legislatori, agli amministratori degli enti locali ed agli operatori economici a vario titolo interessati alla gestione integrata dei rifiuti.



federambiente

Federambiente - Federazione Italiana Servizi Pubblici Igiene Ambientale - associa aziende pubbliche di igiene ambientale, comuni che gestiscono direttamente i servizi di raccolta e smaltimento degli RSU, consorzi, province e società di studi e progettazione in campo ambientale. Con Federelettrica, Federgasacqua, Federtrasporti, Fiamclaf e con le Associazioni regionali, Federambiente dà vita alla Confederazione Italiana dei Servizi Pubblici degli Enti Locali (Cispel).

Dal 1973, anno della sua costituzione, Federambiente ha ampliato le proprie attività. Ciò è avvenuto anche in relazione alla maggiore sensibilità dell'opinione pubblica alle tematiche ambientali. Accanto al compito di rappresentanza sindacale delle aziende associate si sono così aggiunte attività di indirizzo, di coordinamento e di consulenza tecnico-amministrativa nei campi della gestione dei rifiuti e della salvaguardia dell'ambiente.

Oggi Federambiente si caratterizza come sindacato di impresa, il cui obiettivo strategico è di riaffermare e riqualificare le funzioni che le aziende pubbliche svolgono nel settore dei servizi ambientali, attraverso un confronto con il mercato e con le esigenze di una società sempre più complessa. È questa infatti la premessa indispensabile per avviare quel processo di profonda innovazione delle aziende pubbliche necessario a garantire un servizio sempre migliore ed efficiente.

Federambiente ha dunque assunto un ruolo attivo come interprete dei cambiamenti richiesti dalla società e momento di proposta delle innovazioni necessarie per qualificare il ruolo del servizio pubblico. L'universo di Federambiente è in continua crescita. Al giugno 1995 conta 167 associati: 93 aziende di igiene urbana, 26 comuni, 29 consorzi intercomunali o interprovinciali, 14 province e 5 società pubbliche.

Federambiente - Via Valadier, 52 - 00193 Roma - tel. 06/68603623 fax 06/68603617

Il vero punto di crisi del sistema Italia nel settore dei rifiuti sono gli impianti di smaltimento e la loro arretratezza sul piano delle tecnologie.

Nella sostanza, si è registrata una fuga dalle tecnologie ad alto investimento verso quelle regolate da norme più facilmente applicabili, a costi meno elevati e con ritorni economici negli investimenti in tempi più ravvicinati. Tutto ciò ha avuto come conseguenza che la discarica si è affermata come scelta prevalente, anziché residuale.

Per allineare l'Italia, nella gestione dei rifiuti, alla politica ambientale dettata dalla UE e peraltro già affermata in taluni Paesi comunitari, occorre procedere tempestivamente ad un ribaltamento di tale situazione facendo ricorso ad interventi mirati in campo normativo.

In particolare, è necessario un piano di intervento che gradualmente porti l'Italia ai livelli europei, dove la termodistruzione con recupero di energia copre mediamente oltre il 30% della produzione di rifiuti raggiungendo in alcuni casi valori superiori.

Per fare questo occorrono non singoli provvedimenti, ma interventi organici dettati dall'emergenza, in armonia con le direttive comunitarie. La strada maestra è l'individuazione di impianti di termoutilizzazione con recupero di energia, a servizio di significativi bacini di produzione, inseriti organicamente in un sistema di gestione dove si realizzino le raccolte differenziate e le discariche diventino così elemento residuale.

Il nostro ritardo, che causa problemi non solo al territorio, ma allo stesso sistema produttivo, va superato innovando non solo le procedure e le tecnologie, ma anche sperimentando un approccio basato su: - programmazione certa - trasparenza dei percorsi - affidabilità della tecnologia - informazione ai cittadini in ogni fase - correttezza nella fase di esecuzione ed affidabilità della gestione - controlli sugli impianti "a porte aperte" nella fase di gestione.

La Federambiente associa le Aziende e gli Enti che gestiscono il 90% degli impianti di termoutilizzazione italiani; essa, pertanto, non poteva far mancare la più ampia collaborazione al CISE per l'organizzazione di questo importante Convegno.

Infatti le differenti esperienze maturate nella gestione degli impianti hanno avuto modo di confrontarsi ed allo stesso tempo l'iniziativa assunta dal CISE ha consentito di approfondire i problemi ancora aperti sul fronte normativo, amministrativo e tecnologico.



**ASSOCIAZIONE TERMOTECNICA ITALIANA  
SEZIONE LOMBARDA**

L'Associazione Termotecnica Italiana (ATI), costituita a Torino nel 1947, ha lo scopo di promuovere e favorire lo studio della termotecnica e dei problemi ad essa inerenti nel campo scientifico, tecnico ed industriale, di divulgarne la conoscenza, nonché di mettere in rilievo l'importanza economica e sociale.

La struttura dell'Associazione opera attraverso organi centrali (Assemblea dei Soci, Consiglio, Presidenza, Comitati Nazionali, Ufficio Centrale) ed organi periferici (attualmente 6 sezioni, distribuite su scala regionale), in stretto rapporto con altre associazioni italiane ed estere attive nel campo della termoenergetica.

Ne deriva un quadro operativo in grado di dialogare con le strutture pubbliche nazionali ed internazionali, il mondo produttivo e gli utenti, per una corretta evoluzione e qualificazione del settore.

L'ATI è socio fondatore del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) che, con il patrocinio del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ed in collegamento con l'Ente Nazionale di Unificazione (UNI), svolge attività normativa ed unificatrice nei vari settori della termotecnica.

ATI - Sezione Lombarda - Piazza Morandi, 2 - 20121 Milano - tel. 02/784989 fax 02 - 76009442

La Sezione Lombarda dell'ATI (Associazione Termotecnica Italiana), a carattere tecnico-culturale, ha nei suoi compiti istituzionali l'incentivazione della cultura della produzione energetica, nel rispetto dell'ambiente.

Ha di conseguenza ritenuto doveroso collaborare all'organizzazione di questo convegno ritenendo la termoutilizzazione dei rifiuti uno dei mezzi per risolvere un problema della comunità, quale lo smaltimento dei rifiuti stessi, producendo energia elettrica e termica, sempre maggiormente richiesta.

Si ottiene così una riduzione del consumo di combustibili convenzionali senza influire negativamente sulle situazioni ambientali e con vantaggio per l'economia nazionale.

L'esperienza ormai cinquantennale dell'Associazione sui problemi tecnici e gestionali di tali impianti, già trattati in numerosi convegni, ci consente di contribuire alla eliminazione dei numerosi problemi quali quelli della corrosione e della depurazione presentatisi in passato.

Oggi si può garantire che questi impianti possono essere realizzati senza presentare problemi, sia dal punto di vista funzionale che da quello, sempre più importante, della depurazione degli affluenti.



# Ruolo della termoutilizzazione nella gestione integrata dei rifiuti.

## La posizione delle Aziende Pubbliche

Roberto Caggiano  
Federambiente

### 1. Introduzione

La necessità di smaltire quantità sempre crescenti di rifiuti rappresenta un problema di non facile soluzione nella maggior parte dei paesi industrializzati.

E' utile sottolineare come il problema dei rifiuti è importante che sia affrontato con la stessa determinazione che ha caratterizzato tutti i movimenti collegati alla ricerca ed allo sviluppo della società, utilizzando tutti i mezzi che la tecnologia ed i criteri gestionali sono oggi in grado di offrire.

Nessun paese e nessuna comunità può definirsi veramente civile se non è in grado di risolvere anche questo problema, che è strettamente legato al suo sviluppo socio-economico e al recupero di valori etici, umani e ambientali, che la società nel suo insieme ha finora trascurato e solo in parte è riuscita a salvaguardare.

Quello della gestione dei rifiuti è un problema che vede come primi protagonisti i cittadini, la società civile nel suo insieme e le istituzioni pubbliche a tutti i livelli.

Limitando l'analisi ai rifiuti solidi urbani (RSU) e all'Italia, si deve rilevare che lo smaltimento di tali rifiuti crea continue emergenze soprattutto nelle aree metropolitane e nelle città.

Un altro problema caratteristico dei paesi industrializzati è quello dell'approvvigionamento di energia; ciò vale soprattutto per i paesi privi di fonti energetiche proprie, o che ne hanno in quantità insufficiente al proprio fabbisogno, come nel caso dell'Italia.

I due problemi suddetti sono in vario modo interconnessi e lo smaltimento dei rifiuti può contribuire alla soluzione del secondo, o tramite la combustione dei rifiuti ed il recupero dell'energia prodotta, oppure recuperando materie prime per la cui fabbricazione è necessario consumare energia.

### 2. Cenni sui sistemi di smaltimento dei rifiuti solidi, urbani

#### 2.1 Evoluzione dei sistemi di riduzione, recupero e trattamento dei rifiuti

I sistemi di smaltimento dei RSU possono suddividersi

in due grandi raggruppamenti a seconda che siano attuati prima o durante l'esecuzione del servizio di raccolta (interventi "ante-raccolta") o dopo l'esecuzione del suddetto servizio, cioè dopo che i rifiuti siano stati già miscelati fra di loro sugli autoveicoli addetti al servizio di raccolta (trattamenti "post-raccolta").

I primi consistono fondamentalmente nella raccolta differenziata nelle sue diverse forme operative; i secondi consistono nella combustione con o senza recupero energetico, nella selezione e recupero - con appositi impianti centralizzati - delle frazioni ancora utilizzabili come prodotti da rimettere nei cicli industriali e sul mercato dopo opportuno trattamento (essenzialmente RDF = Refuse Derived Fuel, cioè combustibile derivato da rifiuti, compost e metalli ferrosi) ed infine nell'interramento in discariche controllate.

Per meglio comprendere il perchè delle scelte che vengono man mano adottate, è però opportuno ricordare le fasi che hanno caratterizzato nel passato ed in anni recenti l'evoluzione delle conoscenze e delle strategie tendenti a risolvere il problema della riduzione e smaltimento dei rifiuti.

Finchè l'attività dell'uomo diretta essenzialmente al settore primario, e cioè quello agricolo, e l'attività industriale, derivata da precedenti attività artigianali, occupava una posizione largamente secondaria, lo smaltimento dei rifiuti non rappresentava certo un problema. Infatti il rifiuto agricolo e zootecnico veniva sottoposto a fermentazione naturale e quindi ampiamente riciclato come fertilizzante, mentre quello industriale, ancorchè inquinante, come ad esempio nelle industrie tessili e cartarie, tuttavia proveniva fondamentalmente da processi che utilizzavano prodotti naturali e comunque non era rilevante nel contesto generale.

Anche nelle industrie siderurgiche e metalmeccaniche lo smaltimento dei residui di lavorazione o dei rottami, che peraltro in parte venivano riutilizzati, non veniva generalmente considerato un problema.

L'avvento dell'industria manifatturiera man mano più sofisticata e dell'industria chimica e petrolchimica, ha successivamente fortemente alterato il già fragile equilibrio che si era stabilito nelle precedenti fasi dell'evoluzione industriale.

Il problema dello smaltimento dei rifiuti non rientrava però fra quelli considerati dall'imprenditoria industriale, per cui essi, a parte i residui eventualmente riutilizzati, continuavano a essere smaltiti come in precedenza, conferendoli in discariche o disperdendoli sul territorio o nei corsi d'acqua.

Il rifiuto domestico, raccolto nei centri più evoluti a cura delle pubbliche amministrazioni, era essenzialmente di tipo organico e biodegradabile, e veniva conferito in discariche a cielo aperto, o disperso sul territorio e nei corsi d'acqua.

Una parte veniva anche bruciata a cielo aperto, nelle discariche stesse o altrove in recipienti o stufe a griglia. Man mano si sono andati sviluppando sistemi più razionali per lo smaltimento dei rifiuti, sia domestici che industriali, come evoluzione di quelli già adottati, sopra ricordati.

Il recupero di alcune frazioni o di singoli oggetti contenuti nei rifiuti depositati nelle discariche era ancora ampiamente attuato da parte di emarginati, che trovavano in essi di che vivere; col miglioramento delle condizioni di vita medie, nei rifiuti infatti si potevano trovare anche oggetti e capi di vestiario che davano vita a piccoli miseri commerci.

Fino alla metà del secolo XX e anche nel successivo decennio, il concetto del recupero di materiali e manufatti dai rifiuti si era andato diffondendo anche nelle amministrazioni delle città, tanto che in prossimità delle discariche era facile trovare uno o più nastri trasportatori per il trasporto dei rifiuti, e manualmente veniva fatta una selezione di quanto poteva essere recuperato. La legislazione vigente non dava particolare rilievo al problema dello smaltimento dei rifiuti; in Italia un cenno più preciso, veniva fatto per la prima volta nella legge n. 366 del 20 marzo 1941.

Comunque mai era stato affrontato l'argomento dell'inquinamento del territorio e del degrado ambientale, nemmeno quando alla fine degli anni '50 si è avviato il cosiddetto "miracolo italiano", che nel giro di pochi anni vedeva il moltiplicarsi della circolazione automobilistica, l'affermarsi e l'evolversi di industrie di base e manifatturiere sempre più sofisticate e l'avvio di importanti iniziative pubbliche sia in campo industriale che nel settore delle infrastrutture.

La coscienza ecologica era del tutto inesistente e d'altra parte ancora non erano rilevanti gli effetti negativi derivanti dall'uso indiscriminato del territorio, mentre i benefici conseguenti allo sviluppo industriale e del terziario erano certo preponderanti.

La produzione dei rifiuti industriali, domestici e urbani sia globale che pro-capite è andata da allora fortemente aumentando e anche la loro composizione, come si è visto, si è profondamente modificata.

Negli anni '60, in Italia, furono impostati progetti per uno smaltimento più razionale dei rifiuti, approfittando anche di tecnologie più avanzate già presenti in altri paesi.

Tali progetti, tuttavia, dopo un incoraggiante inizio, furono rallentati e poi sospesi nel decennio successivo, per difficoltà economiche, per l'inadeguatezza degli operatori del settore, sia pubblici che privati, e sostanzialmente per la considerazione che qualsiasi iniziativa nel campo dei rifiuti richiedeva forti investimenti ed una pesante gestione, senza dare alcun utile: il bilancio costi/benefici infatti era sempre sul rosso, anche laddove vi era un certo recupero energetico o di altre risorse.

Questa situazione di stallo o, nel migliore dei casi, di stanca evoluzione, senza alcun intervento legislativo innovativo, né altri incentivi economici e ambientali, stentava a trovare una nuova spinta anche a livello europeo pur se in paesi socialmente e amministrativamente più evoluti, dove si cominciava ad affermare una certa coscienza ecologica, cominciavano ad avviarsi nuove strategie per la tutela dell'ambiente.

Perché anche nel nostro paese si cominciasse a considerare con nuova attenzione il problema ecologico e ambientale in senso lato, fu necessario che si verificassero alcuni eventi, che nell'incoscienza generale e nel lassismo degli organismi, peraltro assai scarsi e sottostrutturati, preposti al controllo ambientale, era quasi inevitabile che prima o poi dovessero capitare.

## 2.2 Interventi ante-raccolta

Rientrano in questi interventi la riduzione della produzione dei rifiuti all'origine prima cioè della loro formazione e la raccolta differenziata dei rifiuti.

### 2.2.1 Riduzione dei rifiuti all'origine

Quando si affronta il problema della gestione dei rifiuti, non si può prescindere dal sottolineare che bisogna cercare di tendere alla loro riduzione all'origine, cioè cercare di adottare criteri, anche nella distribuzione dei prodotti, tendenti a ridurre al massimo il rifiuto da smal-

tire in via definitiva e di progettare e produrre beni industriali e di consumo in modo tale che al termine della loro vita essi possano essere riciclati per tutto quanto possibile.

Il concetto del recupero e del riciclaggio deve anzitutto nascere in tali ambiti; d'altra parte però la riduzione della produzione di rifiuti, per quanto richiamata nella Direttiva CEE n. 75/442 del 15 luglio 1975 e nella nostra legge fondamentale (DPR 915/82), stenta a decollare. Anzi, il riscontrato continuo aumento del peso e del volume del rifiuto prodotto per abitante (rispettivamente circa + 4% e + 5% all'anno) sta a dimostrare la minima o nulla incidenza di quanto è stato fatto.

Già vi sono in alcune industrie produttrici di beni di consumo e di beni durevoli (detersivi, prodotti alimentari, automobili, elettrodomestici e così via) iniziative progettuali, produttive e commerciali impostate a questi prioritari criteri ed è auspicabile che questa cultura si diffonda in tempi brevi a tutti i livelli: industriale, distributivo ed anche a quello dei consumatori finali dei prodotti.

L'argomento richiederebbe una trattazione ben più approfondita che deve vedere coinvolte tutte le componenti economiche e sociali che partecipano allo sviluppo della nostra società.

Non è quindi questa la sede per trattarlo, ma se ne accenna qui in maniera convinta in quanto, avviare processi tendenti al risparmio ed al recupero di risorse, sarà la sfida che il sistema produttivo e distributivo dovrà vincere per migliorare la qualità della vita e dell'ambiente dell'intero pianeta.

### 2.2.2 La raccolta differenziata

La raccolta differenziata dei RSU, come indica la stessa espressione, è costituita da un'attività rivolta a separare i singoli componenti del rifiuto. Più che una "raccolta" sarebbe più esatto definirla un "conferimento differenziato" in quanto è l'utente che conferisce in maniera cosciente e corretta i propri rifiuti in contenitori "differenziati" secondo varie tipologie. Questo sistema è considerato da molti utile o addirittura indispensabile per affrontare il problema dello smaltimento dei RSU ed una legge del 1988, la n. 475, prevede l'istituzione di appositi consorzi per il riciclaggio dei contenitori per liquidi in vetro, metallo e plastica.

E' bene però sottolineare come esso non sia assolutamente un sistema atto ad assicurare il trattamento finale e globale di tutti i rifiuti prodotti. Esso può solo consentire di recuperare, entro certi limiti, una parte di al-

cune frazioni riciclabili e commercialmente più interessanti (vetro, carta, metalli, plastica), o di allontanare frazioni che sono pericolose per la salute e/o per l'ambiente, o che possono rendere più problematico ed oneroso il successivo trattamento dei rifiuti. Quest'ultime frazioni sono: i RUP (rifiuti urbani pericolosi) cioè batterie e pile, prodotti e relativi contenitori etichettati "T" e/o "F" (ovvero i rifiuti chimici domestici tossici ed infiammabili), i prodotti farmaceutici inutilizzati.

Nel dibattito sullo smaltimento dei rifiuti, quello sui servizi di raccolta differenziata è fra i più accesi. Troppo spesso accade di vedere sostenitori dell'istituzione di questi servizi "a qualunque costo", contrapposti a chi ha preconcetti di segno opposto.

Le posizioni pregiudiziali sono sempre pericolose perchè tendono a ritenere universalmente validi i risultati di una o di poche esperienze.

Volendo riassumere sinteticamente la posizione della Federambiente su tale argomento si può affermare che l'istituzione dei servizi di raccolte differenziate di vetro, carta, plastica, metalli, deve necessariamente legarsi ad un sistema pianificato nel quale esse rappresentino un anello importante, e non può prescindere da un'attenta valutazione dei costi/ricavi e dei costi/benefici.

Le valutazioni da porre a base delle scelte devono quindi scaturire da serie analisi ambientali ed economiche che esaminino i diversi fattori negativi (maggiori costi di raccolta valutati senza escluderne alcuna componente), e positivi (migliori caratteristiche dei rifiuti per il loro successivo trattamento, ricavi dalla vendita dei materiali recuperati, minori costi di smaltimento).

I risultati ottenibili sono, pertanto, fortemente condizionati dalle situazioni urbanistiche locali che influenzano il costo della raccolta, dai costi di smaltimento dei rifiuti che sono legati sia alla presenza di impianti sufficienti a soddisfare le necessità locali sia al tipo di impianto.

La variabilità dei mercati dei materiali di recupero - soggetti a forti variazioni per effetto di molteplici fattori nazionali ed internazionali quali, ad esempio, la presenza di materie prime in misura sufficiente, l'emanazione di norme di singoli Stati sul recupero - può rendere convenienti o fallimentari sul piano economico le iniziative programmate.

## 2.3 Trattamenti post-raccolta

### 2.3.1 Premessa

Tutti questi tipi di trattamenti finali agiscono sul rifiuto che perviene dal servizio di raccolta (a sacchetti, a cassonetto, ecc.).

Essi consistono essenzialmente in tre categorie talvolta fra loro integrate:

- a) incenerimento
- b) selezione e riciclaggio
- c) interrimento controllato

Fino ad anni recenti, e ancor oggi in molte realtà locali, i sistemi maggiormente usati per lo smaltimento dei rifiuti sono l'interrimento controllato e l'incenerimento.

Essi quindi rappresentano soluzioni tradizionalmente note e accettate in passato, quando la coscienza della tutela ambientale e territoriale era ancora patrimonio di pochi, in generale di operatori ed amministratori coscienti e professionali nell'esercizio della loro funzione, ma non certo di dominio pubblico.

Questi due sistemi tradizionali sono entrati in crisi quando sono scoppiati alcuni casi macroscopici che hanno scosso le coscienze e turbato i sonni, più o meno in buona fede, di cittadini, amministratori ed operatori pubblici e privati.

Sono stati casi che, con i rifiuti solidi urbani, non avevano alcun collegamento, ma che tuttavia hanno in gran misura criminalizzato proprio gli impianti ed i sistemi di smaltimento tradizionale.

Ci riferiamo in particolare al grave incidente industriale di Seveso, che ha fatto conoscere alla pubblica opinione l'esistenza della diossina, e alla vicenda delle cosiddette "navi dei veleni" da sempre esistenti, ma che sull'ondata della crescente coscienza ecologica sono balzate alla ribalta dei mass-media e dell'opinione pubblica. Come noto, queste navi non trasportavano rifiuti solidi urbani, ma rifiuti industriali in parte tossici.

Anche l'uso ammesso ed incontrollato dei fitofarmaci in agricoltura e l'inquinamento delle falde acquifere dovuti a scarichi abusivi, hanno criminalizzato in primo luogo le discariche di rifiuti urbani che, pure, di tali forme di inquinamento avevano ben poche responsabilità.

Questo processo, spesso disordinato, emotivo e talvolta strumentalizzato per fini che con la vera tutela ambientale avevano poco da spartire, ha avuto da una parte effetti molto negativi - in conseguenza del rifiuto degli abitanti delle zone limitrofe per qualunque tipo di impianto di trattamento - dall'altra esso ha messo in moto meccanismi che erano stati in precedenza utilizzati essenzialmente per lo sviluppo industriale con indubbi effetti positivi in campo sociale ed economico. Raramente però lo sviluppo industriale si era realizzato attivando la ricerca di soluzioni atte a salvaguardare l'ambiente e il territorio, elementi questi fondamentali per la qualità della vita.

Così, la crescente attenzione per la salvaguardia della salute e

dell'ambiente ha avviato nei sistemi già noti e consolidati, incenerimento e discariche, un processo di innovazione e qualificazione tecnologica che oggi permette la realizzazione di impianti di questo tipo del tutto sicuri dal punto di vista della tutela ambientale.

Il concetto del recupero e dell'utilizzo dell'energia contenuta nei rifiuti si è andato diffondendo anche per detti sistemi, il cui scopo originale era in realtà solo quello di smaltire rifiuti: così anche nel nostro paese le innovazioni tecnologiche e impiantistiche a ciò tendenti sono ormai patrimonio conosciuto.

Produzione di energia elettrica e teleriscaldamento dalla combustione dei rifiuti, recupero del biogas dalle discariche per produzione di elettricità, adozione di sistemi di monitoraggio e controllo in tempo reale per garantire il controllo delle emissioni in atmosfera e delle falde acquifere, sono esempi concreti di come stia cambiando il modo di affrontare il problema dei rifiuti anche utilizzando i sistemi tradizionali finora adottati.

Non va infine dimenticato che indipendentemente dal processo adottato per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti, l'interrimento controllato in discarica rappresenta una fase obbligatoria per qualsiasi sistema integrato di trattamento e smaltimento dei rifiuti.

### 2.3.2 La combustione

Trattasi di una tecnica per mezzo della quale è possibile:

- a) ridurre al minimo i residui da portare a discarica (circa il 30% del peso originario, e il 10% del volume);
- b) bruciare i rifiuti per autocombustione sfruttando il loro potere calorifico (che mediamente in Italia oscilla fra le 1500 e le 2000 Kcal/kg con una evidente tendenza ad aumentare);
- c) produrre energia sotto forma di vapore (1,2 - 2,3 kg di vapore per kg di rifiuto) e/o di energia elettrica (0,3÷0,4 kWh per kg di rifiuto) con impianti la cui potenzialità, perchè ci sia convenienza economica, deve essere pari almeno a 200 - 300 t/g;
- d) controllare e registrare in continuo le emissioni al camino, gli scarichi liquidi e gli scarti solidi in modo da poter verificare in qualunque momento il rispetto dei parametri di emissione imposti dalla vigente normativa. Qualora tali limiti non vengano rispettati, l'impianto può essere fermato senza inconvenienti residui.

Un impianto di combustione RSU, tenuto anche presenti le norme vigenti, si compone essenzialmente di tre parti distinte:

- 1) la "linea rifiuti" composta da fossa di ricezione, carro-

ponte con benna di caricamento, forno, camera di post-combustione, scarico scorie;

- 2) la "linea fumi" composta da ventilatore fumi, abbattimento polveri (elettrofiltro o filtro a manica), lavaggio fumi, captazione polveri;
- 3) la "linea energia" composta da caldaia, turbina, alternatore.

La costruzione e l'esercizio di questo tipo di impianti comportano in genere un forte impegno economico e una capacità gestionale elevata (personale specializzato), tanto da consigliarne l'attuazione solo in presenza di notevoli quantità di rifiuti da trattare (la norma vigente fissa il limite minimo di 100 t/g).

Il costo di esercizio può variare molto in relazione al tipo di impianto, alla sua gestione e al recupero energetico attuato. A tal proposito si rammenta che il provvedimento del Comitato Interministeriale Prezzi n. 6/92, consente di realizzare significativi introiti cedendo l'energia elettrica prodotta con la combustione dei RSU. Infatti i prezzi di cessione previsti da tale provvedimento sono molto più alti di quelli riconosciuti in precedenza.

### 2.3.3 La selezione con produzione di RDF e compost

Trattasi di tecniche mediante le quali si ottiene la separazione della frazione putrescibile presente nei RSU dalla frazione combustibile (carta, cartone, gomma, plastica) e dalle altre frazioni (metalli, inerti etc.).

La frazione putrescibile viene sottoposta a compostaggio, mentre la frazione combustibile, denominata RDF (Refuse Derived Fuel = combustibile derivato dai rifiuti), può essere bruciata tal quale o dopo pellettizzazione o altri trattamenti che ne facilitino lo stoccaggio ed il trasporto.

Il compostaggio è una tecnica di trasformazione della sola frazione putrescibile dei RSU mediante la quale si ottiene un buon ammendante del terreno. Poiché la frazione putrescibile si aggira oggi in Italia sul 30-35% del peso totale dei RSU, risulta chiaro che il sistema proposto risolve solo parzialmente il problema del trattamento finale dei RSU. La restante parte, che è la maggiore, deve pur sempre essere recapitata ad un impianto di combustione o ad una discarica. Ma anche per la frazione utilizzabile la situazione non è delle più semplici; la normativa attualmente vigente (Deliberazione Comitato Interministeriale 27.7.1984) limita oggettivamente l'utilizzo agricolo del compost: massimo spargimento ammesso 300 q.li per ettaro ogni 3 anni, che equivale ad uno strato di 5 mm ogni 3 anni.

Nonostante questi notevoli limiti all'utilizzo del compost (motivati dal fatto che il compost finora prodotto era spesso

di qualità scadente), molti impianti di compostaggio sono stati previsti nei Piani regionali e alcuni sono in costruzione.

Si deve anche evitare il rischio che quote non indifferenti di compost finiscano in discarica perchè di scarsa qualità o per mancanza di un mercato stabile in grado di recepire con continuità il prodotto.

Pertanto, o si modifica la normativa permettendo un utilizzo più ampio del compost per usi alternativi a quello di ammendante per l'agricoltura, oppure si blocca la costruzione di nuovi impianti perchè rappresentano uno spreco inammissibile: si aggiunge valore alla frazione organica del RSU per poi portare tale frazione in discarica.

Una soluzione valida per l'utilizzazione della frazione putrescibile presente nei RSU, anche se in quantità inferiori al 30÷35%, è quella della produzione di compost da frazioni raccolte selettivamente presso mercati ortofrutticoli, mercati dei fiori ed altri simili, nonchè presso le altre utenze collettive quali ristoranti, mense, convitti, caserme ecc. L'assenza di prodotti contaminanti, quali ad esempio i metalli pesanti, permette la produzione di compost di alta qualità (il cosiddetto "compost DOC" o "compost verde"). Anche l'uso dell'RDF a tutt'oggi incontra notevoli difficoltà per la mancanza di un adeguato mercato e di norme che ne regolino l'impiego.

E' auspicabile che questa situazione di stallo normativo venga al più presto rimossa, affinché si ponga termine all'assurdo spreco derivante dall'invio in discarica di notevoli quantità di RDF ed alla grande incertezza e precarietà con cui in alcune realtà produttive esso viene utilizzato.

### 2.3.4 Gli impianti di riciclaggio

Trattasi di impianti in grado di separare le varie componenti presenti nei RSU: carta, vetro, plastica fine, plastica grossolana, frazione organica, metalli ferrosi, metalli non ferrosi.

In pratica si realizza una cernita meccanica anzichè manuale. Questi impianti hanno conosciuto una grande fortuna fino agli anni '70 per poi fermarsi a causa degli elevati costi di impianto e di esercizio legati all'alto grado di sofisticazione e all'elevato numero di addetti necessari.

D'altra parte il mercato si è mostrato poco ricettivo nei confronti delle materie ottenute con conseguente grande incertezza e precarietà dei ricavi.

Questo sistema potrebbe trovare maggiori possibilità di impiego ma solo a condizione che la qualità delle materie recuperate venga ulteriormente migliorata e che vengano preventivamente studiate e promosse azioni dirette ad agevolare la commercializzazione e l'utilizzo.

### 2.3.5 L'interramento controllato

Rappresenta il sistema di trattamento finale più antico e concettualmente più semplice.

Fino al 1984 quasi tutte le discariche in Italia erano di tipo "incontrollato" cioè costituite da cumuli di rifiuti abbandonati sul suolo o, nella migliore delle ipotesi, interrati progressivamente in profonde buche o in vecchie cave abbandonate.

Con la normativa tecnica emanata il 27.7.1984 (Deliberazione del Comitato Interministeriale) la costruzione e la gestione di una discarica sono diventate operazioni più complesse dovendosi prevedere una serie di accorgimenti tecnici per la tutela ambientale (impermeabilizzazione del bacino di contenimento, captazione del percolato e del biogas, copertura giornaliera con terra, ecc.). Di conseguenza l'adozione della discarica come sistema di trattamento finale dei rifiuti comporta oggi costi di impianto e di esercizio non più trascurabili o nulli, come era invece per le vecchie discariche incontrollate.

Il suddetto costo appare comunque inferiore rispetto ad altri sistemi di trattamento finale, anche se è difficile prevedere per quante decine di anni dopo la chiusura della discarica, sia necessario intervenire anche con non trascurabili investimenti, per il controllo della discarica stessa e per il recupero ambientale.

E' inoltre necessario sottolineare che la discarica costituisce un anello indispensabile del sistema di trattamento finale dei rifiuti cioè, qualunque sia il sistema prescelto (combustione, compostaggio, riciclaggio o recupero), esisterà sempre del "rifiuto da rifiuto" non più utilizzabile e quindi da mandare a discarica: scorie e ceneri dalla combustione, sovalli dal compostaggio, scarti eterogenei dal riciclaggio, scarti dalle raccolte differenziate, ecc.

Il rovescio della medaglia è rappresentato dal fatto che le discariche "consumano" territorio e che pertanto è auspicabile recapitarvi la minore quantità possibile di rifiuti, o quantomeno rifiuti ridotti al massimo grado in peso e in volume. Inoltre è opportuno considerare che i siti idonei sono in numero limitato e quindi vanno utilizzati con parsimonia per poter smaltire solo ciò che è impossibile smaltire diversamente (scorie, ceneri, sovalli e scarti).

Ciò è particolarmente rilevante in regioni ad alto insediamento antropico.

Infine è opportuno rammentare che il biogas prodotto nelle discariche dalla degradazione anaerobica delle sostanze putrescibili presenti nei RSU è composto per

circa il 60% da metano e per il restante 40% da anidride carbonica e che l'effetto serra provocato dal metano è pari a 27÷30 volte quello provocato dall'anidride carbonica che si produce durante la combustione dei RSU. Anche in presenza di impianti di recupero del biogas una notevole quantità di esso si disperde nell'atmosfera.

### 2.4 Considerazioni per un progetto integrato di gestione dei rifiuti

Da quanto esposto in precedenza, si può comprendere come sia complesso dare un'impostazione unitaria all'argomento oggetto della presente relazione, essendo tale tematica in continua evoluzione e sperimentazione, non solo per le soluzioni impiantistiche ed operative, ma anche per la valutazione da dare ai sistemi di recupero e riciclaggio nei piani strategici regionali e nazionali.

Gli elementi che si presentano per una corretta gestione dell'argomento, sono molteplici e tutti tra loro concatenati, e ciò evidentemente non facilita la sua esposizione.

Così, non è possibile ad esempio parlare di impianti per la produzione di compost e di RDF, se non si è già avviato un efficace sistema di raccolta differenziata, non si può parlare di selezione, se non esistono le condizioni per un organico e remunerativo utilizzo delle componenti riciclate dai rifiuti, nulla poi è attuabile se non vi sono chiare impostazioni legislative e normative.

Tutti elementi tra loro interdipendenti, che presuppongono l'esistenza di una precisa volontà politica, che garantisca la presenza delle condizioni minimali necessarie per l'impostazione e l'attuazione di un qualsiasi progetto globale che preveda soluzioni tra loro integrate che, nel rispetto della salvaguardia territoriale ed ambientale, tengano conto delle realtà locali e dell'accettazione da parte dei cittadini di scelte che li vedano protagonisti.

Qualsiasi sia il tipo di intervento ipotizzato e qualunque sia la loro prevista integrazione operativa ed impiantistica, è quindi quanto meno necessario che essi rispettino le seguenti condizioni fondamentali:

- rigorosa valutazione costi-benefici in base a un completo e corretto studio di fattibilità, tenendo conto anche dei benefici indotti, relativi al miglior uso del territorio;
- effettivo e remunerativo utilizzo delle risorse recu-

perate, siano esse energetiche o materiali riciclabili;

- realizzazione di una ampia, realistica e puntuale campagna informativa, per ottenere il coinvolgimento ed il consenso dei cittadini;
- tutela dell'ambiente e del territorio, anche sotto l'aspetto estetico ed architettonico.

### 3. I rifiuti solidi urbani come risorsa energetica

In Italia si producono ogni giorno circa 50.000 t di RSU che vengono per la quasi totalità (circa 90%) smaltiti in discariche, controllate e non.

Dal punto di vista energetico, i RSU prodotti costituiscono potenzialmente una rilevante risorsa, equivalente, su base annua, ad oltre un milione di tonnellate di petrolio che possono arrivare anche a due se si considerano i rifiuti assimilabili agli urbani.

Va sottolineato che si tratta, per la parte preponderante, di risorse cosiddette "rinnovabili" (carta, legno, tessuti, altri residui di origine vegetale); non solo, ma la parte restante (es. plastica) è comunque costituita da materiali destinati ad andare dispersi in discarica, in misura pressochè totale, data la limitatissima percentuale di fatto recuperabile, anche nel caso in cui fosse deciso di procedere alla separazione in fase di raccolta ed al riciclaggio.

I RSU costituiscono spesso il recupero energetico più conveniente ed inoltre sono una risorsa "indigena", prodotta e disponibile localmente; questo fatto assume particolare rilievo nella realtà italiana, caratterizzata da scarsità di risorse energetiche proprie e da forte dipendenza dall'estero.

Questa risorsa può essere convertita in energia utile, mediante idonei impianti di combustione, con l'adozione di opportune tecnologie.

L'affermazione fondamentale è la seguente:

l'energia può essere recuperata dai RSU attraverso un valido processo atto a conseguire gli obiettivi di:

- salvaguardia e miglioramento dell'ambiente;
- recupero di risorse energetiche e di materiali;
- validità economica.

Il contenuto termico dei RSU o assimilabili può variare, in funzione dell'area geografica, del produttore e della stagione, tra 1200 e 3000 kcal/kg (5,0 ÷ 12,6 MJ/kg), e mostra un'evidente tendenza alla crescita nel tempo; in molte zone dell'Italia i valori tipici medi attuali sono di 1800÷2000 kcal/kg (7,5÷8,4 MJ/kg).

A titolo di confronto, il potere calorifico medio dei combustibili convenzionali è di:

|                   | kcal/kg | MJ/kg |
|-------------------|---------|-------|
| carbone           | 6000    | 25,1  |
| metano            | 11500   | 48,1  |
| olio combustibile | 9500    | 39,7  |

Altri combustibili solidi, quali legno e lignite hanno potere calorifico variabile fra 1500 e 4500 kcal/kg.

Sotto l'aspetto realizzativo, un impianto per la combustione dei rifiuti è certamente più complesso di un impianto alimentato con combustibili convenzionali, anche se, in funzione dell'accresciuta esigenza di migliorare gli standard di emissione, la differenza tende ad attenuarsi.

Ma il punto fondamentale è che, sotto il profilo dell'impatto ambientale, anche nell'ipotesi estremamente severa di considerare un impianto di combustione RSU come un'unità per la produzione di energia, trascurando il contemporaneo essenziale ruolo nello smaltimento dei rifiuti, è possibile, con idonee tecnologie e soluzioni impiantistiche, ed a costi ragionevoli, far sì che le emissioni prodotte a parità di energia generata, siano equivalenti o inferiori a quelle di un impianto alimentato con combustibili convenzionali, pur dotato, se di grandi dimensioni, degli impianti di depurazione. Questo concetto verrà meglio illustrato più avanti.

### 4. Impatto ambientale degli impianti di combustione RSU

#### 4.1 Riduzione della quantità

La combustione dei rifiuti non è una soluzione univoca e globale al problema dello smaltimento dei rifiuti. L'approccio alla gestione dei rifiuti deve avvenire con una opportuna combinazione di diversi tipi di processi, tra i quali: la riduzione della quantità di rifiuti prodotta, la separazione alla fonte, il riciclaggio.

Nondimeno, la combustione dei rifiuti costituisce oggi una parte molto importante di tali processi, nonchè, tuttora, il metodo comunque più efficace per la riduzione del volume.

Col solo processo di combustione, il volume dei rifiuti può essere ridotto al 10% di quello iniziale; se si considera anche la possibilità di riutilizzo delle scorie (ad es. per sottofondi stradali), come avviene in alcune situazioni avanzate (Svizzera, Germania, Danimarca, Svezia, ecc.), la necessità di volume di discarica per i residui potrebbe ridursi addirittura al solo 2-3%.

Questa caratteristica, come meglio illustrato al punto 5

concernente le proposte operative, rende la combustione dei rifiuti la tipica soluzione adatta per aree urbane ed, in generale, per aree densamente popolate, in cui:

- vi è carenza di spazio per le discariche
- è possibile realizzare impianti con dimensioni sufficienti a renderli dotati, a costi ragionevoli, di tutti gli accorgimenti e le installazioni necessari per la protezione ambientale;
- vi sono maggiori opportunità di riutilizzare proficuamente tutta l'energia recuperata, sia elettrica che termica.

Va notato che in Italia circa 27 milioni di cittadini vivono nelle aree metropolitane.

#### 4.2 Confronto con impianti di produzione di energia alimentati con combustibili convenzionali

Se da un impianto di combustione RSU si recupera energia utilizzabile, questa può sostituire quella che altrimenti dovrebbe essere prodotta con combustibili convenzionali.

In tal modo si evitano le emissioni relative a questi ultimi. È possibile, applicando soluzioni tecniche particolarmente avanzate, ancorché sicure e già sperimentate, far sì che le emissioni all'atmosfera di un impianto di combustione RSU siano equivalenti o inferiori a quelle che sarebbero prodotte da un impianto, alimentato con combustibile convenzionale, per produrre le medesime quantità di energia.

Così facendo, oltre a contribuire a risolvere il problema dello smaltimento dei rifiuti ed a conseguire un risparmio energetico e di costi, si ottiene un impatto ambientale netto migliorato, rispetto al conferimento in discarica dei rifiuti.

Per impostare il confronto con l'impianto a combustibile tradizionale, si può far riferimento all'olio combustibile denso (OCD), che costituisce in Italia la fonte primaria preponderante utilizzata nelle centrali di produzione, impiegato in un tipico impianto termoelettrico a vapore a condensazione (grosso impianto) ed in una caldaia centralizzata di riscaldamento o per uso industriale (piccolo-medio impianto).

Il riferimento all'OCD costituisce di per sé una scelta cautelativa, in quanto il confronto, dove finora fatto, all'estero, è stato riferito al carbone; questo perché il carbone viene ritenuto il combustibile "marginale"; in altre parole, l'eventuale risparmio o recupero energetico si traduce in un minore impiego di carbone.

Si sono assunti per detto confronto impianti dotati di elettrofiltro ed impieganti, in alternativa alla desolfora-

zione, combustibile STZ (bassissimo tenore di zolfo) allo 0,3% di zolfo (ovvero un valore estremamente cautelativo, riferito alla situazione che potrà aversi tra alcuni anni a seguito dell'emanazione di nuovi standard e dell'adozione di speciali procedimenti di bonifica in raffineria, ad oggi ancora in fase di sviluppo; attualmente lo zolfo nell'OCD generalmente impiegato è compreso tra l'1% ed il 4%).

Occorre sottolineare come sarebbe equivoco un confronto basato sulle emissioni per unità di volume di gas o fumi (mg/Nm<sup>3</sup>) scaricati all'atmosfera: ciò che si deve comparare sono le emissioni per unità di energia utile prodotta (kWhe o kWht).

Le emissioni tipiche degli impianti suddetti sono:

|                 |                    | impianto<br>termoelettr. | caldaia<br>centralizz. |
|-----------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
|                 | mg/Nm <sup>3</sup> | g/kWhe                   | g/kWht                 |
| polveri         | 35                 | 0,1075                   | 0,502                  |
| NOx             | 650                | 2,00                     | 0,931                  |
| SO <sub>2</sub> | 500                | 1,535                    | 0,717                  |

L'impianto di combustione rifiuti può avere le seguenti tipiche emissioni medie, riferite sia al Nm<sup>3</sup> di gas (11% O<sub>2</sub>) che al kWhe prodotto:

|                 | mg/Nm <sup>3</sup> | g/kWhe | g/kWht |
|-----------------|--------------------|--------|--------|
| polveri         | 10                 | 0,1075 | 0      |
| NOx             | 200                | 2,15   | 0      |
| SO <sub>2</sub> | 100                | 1,075  | 0      |

Naturalmente, se oltre all'energia elettrica, ritenuta prioritaria, si recupera anche l'energia termica, non si hanno emissioni addizionali; per questo motivo si è indicata nella tabella un'emissione riferita al kWht pari a zero.

Va osservato che i limiti previsti dalle normative di legge nazionali ed estere sono più elevati, tuttavia numerose e consolidate esperienze estere mostrano che quelli sopra riportati possono costituire gli effettivi valori medi normali di esercizio su lungo periodo.

Su base annua, nell'ipotesi di riferirsi ad un impianto che impiega 250.000 t/a di rifiuti urbani ed assimilabili che corrispondono ad un bacino di circa 600.000 abitanti, a pari quantità di energia utile generata (116 GWh/a di energia elettrica e 1150 TJ/a di energia termica), il confronto si può riassumere nella seguente tabella, dove sono riportate le emissioni dei diversi tipi di impianto espresse in tonnellate/anno:



|                        | impianto combustione<br>rifiuti per sola EE o EE+ET | impianto combustione<br>OCD per sola EE | impianto combustione<br>OCD per EE + ET | minori emissioni<br>rifiuti con recup. sola EE       |     | minori emissioni<br>rifiuti con recup. EE+ET |     |
|------------------------|---|---|---|--|-----|--|-----|
|                        | t/a   | t/a                                     | t/a                                     | t/a  | %   | t/a  | %   |
| polveri                | 12,5  | 12,5                                    | 27,1                                    | 0  | 0   | -14,6  | -54 |
| NO <sub>x</sub>        | 250   | 232                                     | 502                                     | +18  | +7  | -252   | -50 |
| SO <sub>2</sub>        | 125   | 178                                     | 386                                     | -53  | -38 | -261   | -68 |
| EE = energia elettrica |   | ET = energia termica                    | GWh= 106 kWh                            | TJ = 10 <sup>12</sup> J = 239 · 10 <sup>6</sup> kcal |     |  |     |

#### 4.2.1 Recupero di sola energia elettrica

Si può notare che, quando si recupera solo energia elettrica dalla combustione dei rifiuti, le emissioni risultano sostanzialmente equivalenti rispetto all'impianto di combustione ad OCD; fa eccezione SO<sub>2</sub> che risulta sensibilmente inferiore, nonostante il confronto sia stato fatto con OCD STZ (a bassissimo tenore di zolfo, praticamente gasolio).

#### 4.2.2 Recupero di energia elettrica e termica

Dalla stessa tabella, si osserva che, quando si recupera dai rifiuti anche l'energia termica, ovvero quando è disponibile una rete di teleriscaldamento per l'utilizzo del calore, si ha un forte miglioramento dell'impatto ambientale (le emissioni di polveri, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> sono inferiori rispettivamente del 54%, 50% e 68% rispetto all'impianto alimentato con OCD), grazie al fatto che, in questo caso, si eliminano totalmente anche le emissioni della caldaia di riscaldamento funzionante ad OCD o a gasolio.

Anche nel periodo estivo il calore può essere utilizzato: per il riscaldamento dell'acqua igienico-sanitaria e anche per il raffrescamento ambientale, a mezzo di opportuni impianti ad assorbimento.

Il confronto rifiuti-OCD rimane favorevole ai primi con larghi margini, anche se si tiene conto dell'emissione degli altri composti acidificanti (HCl e HF).

Per quanto riguarda i metalli pesanti, la loro concentrazione nelle polveri emesse da combustione dei rifiuti non risulta superiore rispetto alle polveri da combustione di OCD.

Al punto 4.3 viene analizzata in dettaglio la problematica relativa ai microinquinanti clorurati.

E' significativo osservare che, quand'anche il confronto fosse effettuato nell'ipotesi di utilizzare l'energia termica generata dai rifiuti per sostituire caldaie di riscaldamento di edificio alimentate a metano, il confronto rimarrebbe comunque favorevole ai rifiuti in quanto, in ogni caso, si avrebbe un miglioramento rispetto al recupero di sola energia elettrica, in particolare per quanto riguarda l'emissione degli NO<sub>x</sub> che sono prodotti anche dal metano.

#### 4.2.3 Impatto ambientale del ciclo di approvvigionamento dei combustibili

Il confronto con l'impiego di combustibili convenzionali per la produzione di energia va integrato anche con un'ulteriore importante osservazione che riguarda l'impatto ambientale del ciclo completo di approvvigionamento del combustibile, che include le operazioni di: estrazione, separazione, depurazione, trasporto.

Il quadro di tali operazioni è riassunto nella seguente tabella:

|             | CARBONE                    | OCD                               | METANO                            |
|-------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| estrazione  | cave<br>miniére            | pozzi<br>piattaforme<br>off shore | pozzi<br>piattaforme<br>off shore |
| separazione | macinazione<br>flottazione | distillazione                     | separazione<br>gas inerti         |
| depurazione | desolforazione             | desolforazione                    | lavaggio                          |
| trasporto   | nave<br>treno<br>automezzi | nave<br>oleodotto<br>autobotti    | gasdotto<br>nave                  |

Le operazioni suddette comportano un impatto ambientale per:

- alterazione del paesaggio
- consumo energetico
- emissioni nelle diverse fasi
- produzione di rifiuti e reflui da smaltire
- traffico
- rischi di incidenti e sversamenti.

E non si tratta di aspetti marginali: basti ad esempio ricordare i problemi drammatici di inquinamento dei mari e delle coste dovuti ai numerosi incidenti e sversamenti di petrolio.

In particolare, inoltre, assumono un rilievo non trascurabile le emissioni associate alle fasi di estrazione, trasporto e raffinazione dei combustibili; tali emissioni renderebbero ancor più favorevole ai rifiuti il confronto effettuato al punto 4.2.

Nella situazione italiana, data la rilevante distanza dal luogo di produzione dei combustibili, l'impatto dovuto al trasporto, con tutte le relative implicazioni, assume un particolare rilievo.

#### 4.2.4 Rilevanza ambientale del rendimento dell'impianto di combustione

Dal confronto delle emissioni esposto al punto 4.2, deriva un'ulteriore importante considerazione:

maggiore è l'energia recuperata dal processo di combustione dei rifiuti, maggiori sono le emissioni evitate dalla produzione con combustibili convenzionali e pertanto più favorevole è l'impatto ambientale netto.

L'elevata efficienza del processo di combustione e di recupero energetico è pertanto un fattore rilevante anche ai fini ambientali, non solo per il risparmio di risorse ed i vantaggi economici; costituisce quindi un obiettivo da perseguire con impegno, nonché da considerare attentamente e da promuovere, anche nell'elaborazione di tutta la normativa in materia di gestione dei rifiuti.

Finora, invece, la combustione dei rifiuti è stata essenzialmente vista nel senso di "termodistruzione", ovvero di eliminazione del rifiuto, dove il recupero di energia, se presente, aveva un ruolo del tutto marginale. Lo stesso termine "incenerimento", finora utilizzato, lo testimonia.

Pertanto, sia nella legislazione finora prodotta, che nelle realizzazioni fatte, è stato preponderante, se non esclusivo, lo sforzo di limitare gli effetti negativi della "termodistruzione"; di fatto, questo ha di per sé limitato l'adozione di questa soluzione.

Oggi va invece tenuto presente che l'entità del recupero di energia dalla combustione dei rifiuti costituisce a pieno titolo un fattore di protezione ambientale, da considerare assieme a tutti gli altri elementi.

#### 4.2.5 Integrazione tra impianti di combustione rifiuti e discariche

Tradizionalmente, la combustione (intesa principalmente come "termodistruzione") e la discarica vengono viste come due tecniche alternative ed in concorrenza per lo smaltimento dei rifiuti.

Un approccio più attuale le considera invece come soluzioni complementari, entrambe necessarie e delle quali, se si vuole salvaguardare l'ambiente, è necessario fare un uso corretto ed oculato, fissando le giuste priorità.

È evidente infatti che, anche qualora si applichi la scelta della combustione con recupero di energia, vi è comunque necessità della discarica per le frazioni dei RSU non riciclabili e non combustibili, nonché per i residui non riutilizzabili della combustione.

Peraltro, la combustione può contribuire significativamente al miglior utilizzo della discarica, soprattutto perché consente la diminuzione del volume, nonché la riduzione della pericolosità e della molestia del rifiuto.

Si vogliono qui presentare alcune principali considerazioni al riguardo.

La moderna strategia di gestione dei rifiuti, definita anche in ambito CEE, considera in sequenza di priorità le seguenti opzioni:

1. la prevenzione e la riduzione della produzione e della nocività dei rifiuti;
2. il recupero dei rifiuti mediante riciclo, reimpiego, riutilizzo o ogni altra azione intesa ad ottenere materie seconde o l'uso dei rifiuti come fonte di energia;

#### 3. la discarica.

La combustione, qualora sia previsto il recupero di energia, rientra nell'opzione n. 2, all'interno della quale deve opportunamente integrarsi con il recupero di materie prime non combustibili o pregiate.

Di conseguenza la discarica, costituisce l'ultima soluzione cui ricorrere.

È ciò è comprensibile, per cinque motivi principali:

a) *la discarica è una risorsa limitata e solleva diversi problemi, infatti:*

- si deve impegnare del territorio, spesso sottraendolo ad altri utilizzi;
- si ha un impatto sul paesaggio;
- sussistono problemi di localizzazione per la difficoltà di reperire siti idonei sotto l'aspetto idrogeologico.

Peraltro, come premesso, rimane comunque la necessità della discarica; questo "bene" va quindi usato con parsimonia, in modo particolare se ci si riferisce alla situazione italiana, in cui circa la metà dei RSU ed oltre l'80% dei rifiuti industriali vengono oggi abbandonati o non correttamente trattati, con grave pregiudizio della tutela dell'ambiente e della salute.

Per la riduzione del fabbisogno di discarica, un grande contributo può venire dalla combustione che riduce del 90% il volume del rifiuto trattato;

b) *si deve ridurre la pericolosità dei rifiuti, perciò:*

- la combustione può contribuire a ridurre decisamente la pericolosità, soprattutto a medio-lungo termine, del rifiuto conferito in discarica;
- infatti, le scorie di combustione (10% in volume dei RSU) hanno caratteristiche migliori dal punto di vista dei rilasci (percolato) rispetto ai RSU tal quali; questo perché gli acidi organici, che si formano dentro la discarica a seguito dell'attività biologica, hanno una mag-

giore capacità di trasportare in soluzione sostanze tossiche (es. metalli pesanti), rispetto ad una discarica contenente scorie di combustione dei RSU.

Inoltre, il carattere più denso e compatto di queste ultime limita maggiormente l'infiltrazione di acqua meteorica e quindi rende più remota la possibilità di inquinamento delle acque di falda;

- la combustione distrugge batteri e virus, sostanze organiche, pesticidi, freon e le stesse diossine presenti nel rifiuto in ingresso;
- per quanto riguarda le polveri (circa 2-3% in peso dei RSU) captate dalle unità di trattamento dei gas degli impianti di combustione, esse concentrano la frazione più pericolosa (es. metalli pesanti) dei RSU; trattandosi tuttavia di quantità molto ridotte, è possibile sottoporle ad idonei trattamenti di inertizzazione, in modo da conseguire un'assoluta sicurezza di protezione ambientale, a prescindere dal tipo di collocazione finale;
- in altre parole si può dire che il processo di combustione, opportunamente integrato con altre azioni a monte ed a valle sul rifiuto, agisce quindi, da un lato, distruggendo e neutralizzando alcune sostanze pericolose, dall'altro, separando le restanti e concentrandole in una piccola quantità di rifiuto, trattabile in modo sicuro, a costi ragionevoli.

E' del tutto intuibile come sia più facile prendersi particolare cura di una piccola quantità rispetto all'intera massa dei RSU collocati in discarica, che contengono disperso al loro interno praticamente ogni tipo di inquinante;

*c) si deve ridurre il disturbo alla popolazione*

- un tipico inconveniente della discarica di RSU è l'emissione di odori; i residui della combustione non presentano questo problema e consentono pertanto un utilizzo di siti per discariche anche più vicini a centri abitati.

Anche sotto l'aspetto sanitario e microbiologico, il processo di combustione consente una "igienizzazione" del rifiuto; l'assenza di materiale biologico nei residui previene la proliferazione di insetti, roditori e di altri animali;

*d) si devono ottimizzare le emissioni all'atmosfera*

- per quanto riguarda in particolare l'emissione di gas quali la CO<sub>2</sub>, il metano, il freon, ritenuti responsabili del riscaldamento globale della terra (ovvero del cosiddetto "effetto serra") e del cosiddetto "buco dell'ozono", fe-

nomeni oggetto oggi di particolare attenzione, la combustione dei rifiuti agisce in senso molto favorevole rispetto alla discarica.

Infatti, relativamente alla CO<sub>2</sub>, mentre entrambi i processi, combustione e discarica, emettono tale gas praticamente nella stessa quantità (il carbonio ossidabile presente nella discarica, viene nel tempo convertito in CO<sub>2</sub>), l'emissione dalla combustione è praticamente annullata dall'effetto di compensazione dovuto alle emissioni evitate dagli impianti che dovrebbero comunque produrre una quantità di energia pari a quella recuperata.

Relativamente al metano, esso viene emesso dalla discarica di RSU (in parziale sostituzione di una equivalente quantità di CO<sub>2</sub>, ma con incidenza più rilevante sull'effetto serra), mentre non può essere in alcun modo prodotto da parte delle scorie e ceneri di combustione, dato che la sostanza organica è già stata tutta decomposta.

Infine, relativamente al freon, contenuto soprattutto nei materiali isolanti espansi (es. poliuretano) e considerato tra i principali responsabili del "buco dell'ozono", esso viene eliminato per oltre il 98% nella fase di combustione, mentre dalla discarica di RSU viene gradualmente e totalmente emesso in atmosfera;

- per quanto riguarda poi le emissioni di diossina, mentre non esistono ancora dati probanti sull'emissione dalle discariche, è stato accertato in Svezia che, nel caso accidentale di un incendio dei rifiuti in discarica, le quantità di diossine emesse possono superare, in un solo incendio, quelle emesse nell'intera vita (oltre 25 anni) da un impianto di combustione dei rifiuti;

*e) si devono risparmiare risorse energetiche*

- come visto in precedenza, i RSU possono costituire una consistente risorsa energetica che, nel caso di conferimento diretto in discarica, viene pressoché totalmente dispersa.

Infatti, anche nel caso di recupero del biogas dalla discarica, in termini energetici, l'utilizzo del contenuto termico del rifiuto ha valori, nei casi migliori, di circa il 5%, contro un utilizzo tipico del 70% nei processi di combustione.

#### 4.3 La "questione diossina"

I più recenti sviluppi in campo tecnico scientifico portano oggi a dire, pur se l'affermazione può apparire provocatoria, che la "questione diossina" costituisce un falso problema, perlomeno rispetto all'associazione che in passato ne è stata fatta con gli "inceneritori" ed alla estrema rilevanza attribui-

ta rispetto a tutti gli altri gravi problemi di gestione dei rifiuti ed, in generale, di tutela dell'ambiente e della salute umana.

Da un lato, le più recenti ricerche hanno mostrato che le conseguenze della diossina sono probabilmente più limitate di quelle che in molti casi le sono state attribuite; le soglie di pericolosità per l'uomo risultano più elevate ed anche casi di gravi incidenti verificatisi hanno portato a conseguenze forse minori di quelle attese, sicuramente molto inferiori a quelle avvertite a livello di pubblica opinione.

Tuttavia, non si vuole qui assolutamente minimizzare il fenomeno, che, anzi, si vuole affrontare con estremo impegno, ma semplicemente richiamare il fatto che l'elemento emotivo ha giocato in questo campo un ruolo altissimo, portando ad una distorta opinione diffusa e, in molti casi, a scelte sulle strategie di gestione dei rifiuti errate e controproducenti rispetto agli obiettivi sia di protezione ambientale, che di risparmio di risorse.

I fatti più importanti messi in luce dalla ricerca e sperimentazione sono:

- la diossina è "ubiquitaria", ovvero è diffusa nell'ambiente, indipendentemente dalla presenza di impianti di combustione rifiuti; non solo, lo è da molto tempo;
- la combustione dei rifiuti non ha avuto un ruolo determinante sull'emissione totale di diossina nell'ambiente; molti altri processi contribuiscono a questa produzione quali, ad esempio, il traffico veicolare, l'industria siderurgica e della lavorazione dei metalli, l'industria cartaria, i rifiuti pericolosi, gli incendi boschivi, ecc;
- ma, soprattutto, con impianti di combustione modernamente concepiti, le emissioni di diossina dalla combustione dei rifiuti possono essere praticamente annullate, in quanto assumono valori del tutto trascurabili rispetto alle altre fonti, anche nella prospettiva di un programma di riduzione di queste ultime.

#### 4.4 La ricerca svedese e internazionale

Nel 1984 in Svezia - che forse è il paese che più approfonditamente ha studiato il problema diossina e dove la combustione dei rifiuti è particolarmente sviluppata (riguarda oltre il 50% dei RSU) - il governo, in relazione alle preoccupazioni ed alle incertezze emerse, anche in campo internazionale, circa l'impatto ambientale degli impianti di combustione dei rifiuti ed in particolare circa l'emissione di diossina, stabilì un periodo di moratoria, durante il quale venne sospesa la realizzazione di nuovi impianti, fino a quando il problema non fosse stato debitamente approfondito e risolto.

Nel contempo, venne dato incarico all'Agenzia per la protezione dell'ambiente ed al Dipartimento nazionale per l'energia, di compiere le indagini e gli studi necessari.

Come è prassi consolidata in Svezia, lo studio venne condotto con ampio coinvolgimento di tutte le istituzioni scientifiche, industriali e di pianificazione in grado di fornire un utile contributo.

Diedero il loro apporto: università, enti di ricerca pubblici e privati, autorità locali, aziende municipalizzate, industrie, istituzioni governative; lo studio fu inoltre condotto in stretto contatto con le istituzioni di ricerca e con le parallele esperienze in atto negli altri paesi.

Nel giugno 1986 l'Agenzia per la protezione dell'ambiente ed il Dipartimento nazionale per l'energia sottoposero al Governo svedese un rapporto congiunto dal titolo "Energi ur avfall" ("Energia dai rifiuti").

Nel rapporto sono messi in evidenza i seguenti fattori come presupposti indispensabili per la combustione dei rifiuti nel futuro:

- l'uso dei rifiuti per produrre energia non deve entrare in conflitto con altre destinazioni che possono essere più importanti per la società;
- deve essere possibile usare l'energia in modo efficiente nei sistemi in cui viene impiegata;
- si devono raggiungere gli obiettivi relativi alle emissioni che sono stati prefissati.

Lo studio è stato sostenuto da un'ampia cooperazione tra gli addetti agli impianti, le autorità ed altri esperti, che ha portato a sviluppi essenziali nel campo dei processi e delle tecniche di combustione e di depurazione.

Una parte centrale del rapporto è riservata all'analisi del problema diossina, in tutti i suoi risvolti; la conclusione dello studio è la conferma della validità della combustione come metodo di trattamento dei rifiuti e di recupero di energia; tenuti naturalmente presenti i requisiti gestionali ed impiantistici necessari che vengono precisati nello stesso rapporto.

Di conseguenza, dalla fine del 1986, fu sbloccata ed incentivata la costruzione dei nuovi impianti; fu altresì promosso l'adeguamento tecnologico di alcuni vecchi impianti esistenti.

Lo studio citato ha avuto in seguito ulteriori importanti sviluppi, diretti a censire e ridurre tutte le fonti di emissioni di diossina nel territorio.

E' stata effettuata la seguente valutazione delle emissioni globali di diossina in Svezia, espresse in grammi/anno:

|                                 | 1984 | 1988 | 1992 |
|---------------------------------|------|------|------|
| Combustione rifiuti             | 250  | 10   | 1    |
| Traffico                        | 200  | 100  | 5    |
| Lavorazione di ferro ed acciaio | 100  | 50   | 20   |
| Rifiuti ospedalieri             | 30   | 10   | 10   |
| Cartiere                        | 20   | 10   | 1    |
| Rifiuti pericolosi              | 20   | 10   | 5    |
| Altre fonti                     | 30   | 10   | 10   |
| Totale                          | 650  | 200  | 50   |

Il forte decremento nel tempo delle emissioni di diossina (in particolare dagli impianti di combustione rifiuti), è dovuta all'introduzione di nuove tecnologie nella progettazione e nella costruzione degli impianti.

Uno studio ed una sperimentazione approfonditi sulle modalità di formazione e di eliminazione della diossina è stato svolto anche dal governo e dall'Agenzia ambientale canadese, nell'ambito dell'apposito programma di ricerca NITEP (National Incinerator Testing and Evaluation Program) i cui risultati, dettagliatamente pubblicati, risultano complementari e concordi con l'esperienza svedese.

Va infine sottolineato che l'entità del recupero energetico, non è rilevante solo ai fini del risparmio di risorse, ma è determinante anche nei riguardi della protezione dell'ambiente, come visto al punto 4.2.4.

#### 4.5 La situazione internazionale

Nella maggior parte dei paesi occidentali e in Giappone la combustione ha una posizione preminente tra le tecnologie di smaltimento dei rifiuti.

Le ragioni variano da luogo a luogo, ma è possibile identificarne le principali, comuni a tutti:

- carenza di spazio per le discariche
- insufficiente qualità e conseguente mancanza di mercato per i prodotti recuperati dagli impianti di selezione centralizzata
- igienicità del processo di combustione
- miglioramento della protezione dell'ambiente
- recupero di energia.

La tabella che segue indica la percentuale di RSU avviata alla combustione in alcuni Paesi:

|           |     |          |     |
|-----------|-----|----------|-----|
| Svizzera  | 80% | Giappone | 68% |
| Danimarca | 65% | Germania | 40% |
| Svezia    | 50% | Francia  | 35% |
| Olanda    | 32% |          |     |

#### 5. Proposte operative: ruolo della combustione nelle strategie generali della gestione dei RSU con particolare riguardo alle aree metropolitane ed alle città

Da quanto detto in precedenza - considerate le caratteristiche attuali dei RSU e la tendenza riscontrata, tenuto conto delle disponibilità di tecnologie affidabili, sia per la combustione dei RSU che per il contenimento delle caratteristiche degli effluenti risultanti dalla combustione entro limiti compatibili con la salvaguardia della salute dell'uomo e dell'ambiente, e stabiliti dalle normative nazionali e comunitarie, e considerata, infine, la notevole dipendenza del nostro Paese per quanto riguarda le fonti energetiche - emerge che la combustione dei RSU con recupero di energia, oltre che possibile è auspicabile.

Naturalmente perché sia ragionevole e giustificato il notevole investimento necessario per la sua costruzione, si deve tener conto anche della potenzialità minima di un impianto di combustione dotato di tutti i più avanzati dispositivi per la protezione ambientale e la salvaguardia della salute umana.

Le normative italiane, come è noto, richiedono per gli impianti di combustione dei RSU una potenzialità minima di 100 t/d, corrispondente ad un bacino di utenza di almeno 100.000 abitanti.

Risulta quindi evidente che questo tipo di trattamento è particolarmente indicato per lo smaltimento dei RSU prodotti in città medie e grandi o in comprensori equivalenti. Ciò è ancora più evidente nel caso di città molto grandi e per le aree metropolitane, per motivi legati alla difficoltà sempre crescente a reperire, soprattutto nell'ambito territoriale delle grandi città, aree idonee e disponibili per la realizzazione di grandi discariche controllate.

Ciò vale principalmente nel centro-nord, ove si riscontra la coltivazione intensiva dei terreni con un susseguirsi di aree appoderate, ma comincia a divenire un problema anche per molte città dell'Italia meridionale ed insulare.

Infatti, il notevole e costante flusso di popolazione verso le metropoli ha comportato quasi sempre uno sviluppo notevole della cinta urbana con la costruzione di agglomerati urbani satellite che limitano, o addirittura escludono, le disponibilità di aree per la realizzazione di discariche controllate in un raggio compatibile con l'incremento dei costi di trasporto dei RSU che si ha nel caso ci si allontani in maniera considerevole.

Tutto ciò comporta la necessità per molti grandi comuni di reperire aree per la realizzazione di discariche per i propri RSU nel territorio dei comuni limitrofi più piccoli, o addirittura in altre province.

Naturalmente questa necessità non ottiene il consenso degli abitanti dei comuni più piccoli i quali si chiedono perché debbano farsi carico dello smaltimento dei rifiuti dei cittadini confinanti.

Ed a poco valgono le obiezioni di chi fa osservare che parte dei rifiuti raccolti nelle grandi città vengono prodotti dai "pendolari" che lavorano in quest'ultime pur abitando nei comuni limitrofi.

In altri termini: valutazioni economiche connesse ai costi di trasporto ed il rispetto del principio che i rifiuti, per quanto possibile, vanno smaltiti dove vengono prodotti, impone per le grandi città l'adozione di impianti che siano in grado di smaltire la più grande quantità possibile di RSU per unità di superficie occupata.

Ciò infatti rende meno difficile il reperimento delle aree necessarie alla realizzazione degli impianti.

Gli impianti di combustione dei RSU rappresentano senza dubbio la tecnologia che più va incontro alle esigenze sopra illustrate. Qui di seguito si riportano sinteticamente alcuni dei vantaggi ottenibili adottando tale tecnologia.

Infatti gli impianti in questione:

- a) permettono di ottenere una riduzione del volume dei RSU pari al 90% ed una riduzione del peso superiore al 70%;
- b) permettono di ottenere tali riduzioni nel minor tempo possibile e nel rispetto delle norme igieniche;
- c) possono essere collocati anche in prossimità di aree abitate destinate ad insediamenti industriali senza alcun pregiudizio per la salute dell'uomo e la salvaguardia dell'ambiente.

Per quanto riguarda l'utilizzazione energetica dei RSU c'è da sottolineare che con la costruzione di uno o più impianti di combustione dei RSU, collocati opportunamente lungo la cinta delle aree metropolitane e delle grandi città, è possibile quindi - come è avvenuto nella maggior parte delle grandi città europee - dare soluzione al problema pressante dello smaltimento dei RSU e contemporaneamente rendere possibile ed economicamente vantaggiosa la produzione e la distribuzione di energia elettrica e calore agli insediamenti civili e/o industriali circostanti.

In particolare, lo sviluppo del teleriscaldamento ottenuto dalla cogenerazione mediante l'uso dei RSU come combustibile, oltre che economicamente valido, può rappresentare un argomento convincente per ottenere il consenso della popolazione che vive nell'area circo-

stante gli impianti in questione.

Riassumendo, gli impianti di combustione dei RSU con recupero di energia hanno caratteristiche tali da renderli particolarmente adatti, rispetto ad altri sistemi di smaltimento finale, soprattutto nel caso delle grandi città e delle aree metropolitane.

Tali caratteristiche possono essere così sintetizzate:

- a) minore superficie necessaria a parità di quantità di RSU da smaltire;
- b) possibilità di essere realizzati nell'ambito del bacino di utenza con notevoli risparmi sui costi di trasporto;
- c) vantaggi derivanti dalla possibilità di fornire energia elettrica e/o calore agli insediamenti civili e/o industriali circostanti.

Le conclusioni che si possono trarre sono così sintetizzabili:

- la combustione è un metodo efficace ed affidabile nella strategia della gestione del problema dei RSU, come messo in evidenza dalle Direttive comunitarie e dalla normativa nazionale; ciò vale in particolare nelle grandi città e nelle aree metropolitane;
- la combustione concorre efficacemente a proteggere l'ambiente in quanto:
  - a) riduce la massa di rifiuti da destinare a discarica e quindi limita la sottrazione di consistenti porzioni di territorio destinate ad altre finalità;
  - b) le moderne tecnologie per la combustione e per l'abbattimento delle emissioni consentono di ridurre al minimo i problemi di impatto ambientale;
  - c) le quantità di residui raccolte negli impianti di trattamento delle emissioni (ceneri) sono assai modeste. Esse mediamente rappresentano l'1-2% del quantitativo iniziale dei rifiuti combusti e, pur essendo tali rifiuti tossici e nocivi, previa inertizzazione, possono essere collocati in apposite discariche di dimensioni contenute;
- la combustione dei RSU consente il recupero significativo di risorse dal punto di vista energetico, concorrendo a limitare il consumo di combustibili convenzionali; essa può essere condotta con criteri di validità economica e coerentemente con quanto previsto nel Piano Energetico Nazionale.

Pertanto, anche in armonia con le più recenti disposizioni comunitarie, si ravvisa l'esigenza e l'opportunità di adeguare l'attuale normativa nazionale concernente la progettazione degli impianti di trattamento dei RSU ed assimilabili, finalizzati al recupero energetico, alla luce delle più recenti innovazioni tecnologiche.

# Ruolo della termoutilizzazione nella gestione integrata dei rifiuti.

## La posizione delle Aziende Private

Roberto Liscia  
Assoambiente

### 1. La gestione integrata dei rifiuti e la termoutilizzazione

La ormai cronica situazione di emergenza nello smaltimento dei rifiuti dovuto alle difficoltà che si incontrano nel reperire nuovi siti per l'apertura di nuove discariche, della contemporanea crescente ostilità verso tale forma di smaltimento, sta sostanzialmente modificando il quadro dei sistemi di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti.

A fronte di una decisa contrazione degli sbocchi di smaltimento in discariche tradizionali, si scontano le conseguenze dei ritardi decisionali, variamente motivati, che in pratica, fino ad ora, non hanno consentito di predisporre valide alternative di utilizzazione e smaltimento dei rifiuti.

Solo ora si sta prendendo coscienza dell'ineluttabile necessità di adottare programmi articolati che prevedano sistemi di raccolta innovativi, integrati con impianti coordinati per il trattamento ed il recupero di materiali e di energia dai rifiuti.

A questo punto ci si scontra con la dura realtà dei tempi tecnici necessari per la realizzazione degli impianti necessari, in particolare di quelli per la termoutilizzazione dei rifiuti a fini energetici.

I cardini sui quali farà perno la soluzione finale del problema saranno, da un lato sistemi di raccolta e di trattamento in grado di massimizzare il recupero sotto forma di materiali riutilizzabili, dall'altro lato la termoutilizzazione della frazione di rifiuto non altrimenti recuperabile.

Ma per raggiungere un tale equilibrio occorrerà attendere i tempi, per forza di cose non brevissimi, necessari per la realizzazione degli impianti di termoutilizzazione.

Si dovrà, in pratica, ricorrere a trattamenti che comporteranno costi sociali aggiuntivi tanto più elevati quanto maggiori saranno i tempi di attesa prima dell'entrata in funzione dei nuovi impianti di termoutilizzazione.

La progettazione di tali nuovi impianti di termoutilizzazione dovrà poi tenere conto dei flussi conseguenti ai nuovi sistemi di trattamento ed ai sistemi adottati transitoriamente per far fronte all'emergenza. Per questo si dovranno utilizzare tecnologie consolidate e sicuramente in grado di fornire ampia

flessibilità per poter utilizzare combustibili con composizione e potere calorifico variabili.

### 2. La carenza di impianti di termoutilizzazione e l'emergenza rifiuti

Non vi è dubbio che l'emergenza rifiuti non sia altro che la conseguenza del disarmonico sviluppo dei sistemi di utilizzo e smaltimento dei rifiuti che ha reso il servizio dipendente in modo abnorme dal mezzo discarica.

Oggi in Italia i rifiuti solidi urbani ed assimilabili finiscono, per una percentuale tra il 90 ed il 92%, in discarica, mentre solo una percentuale intorno al 6% viene incenerita e utilizzata per produrre energia.

In questa situazione, non appena viene a mancare la possibilità di reperire nuovi siti per realizzare nuove discariche in sostituzione di quelle che si esauriscono, il sistema va in crisi.

In Italia non ci si è premuniti verso questa situazione di crisi, predisponendo una adeguata rete di impianti di termoutilizzazione dei rifiuti, come viceversa è avvenuto all'estero (in Giappone la percentuale di termoutilizzazione arriva al 75+80% mentre la media europea si aggira sul 35%).

Ora è interessante notare come questa situazione di "discarica dipendenza", non sia derivata da una precisa scelta programmatica, ma sia piuttosto la conseguenza dell'incapacità pratica di conservare ed adeguare il patrimonio di impianti di incenerimento (inceneritori e termoutilizzatori per produzione di energia).

La cosa è evidente se si considerano poche cifre significative relative al sistema impiantistico italiano:

- Anno 1973: percentuale di rifiuti inceneriti 18%
- Anno 1993: percentuale di rifiuti inceneriti 6%
- Negli ultimi anni sono stati assegnati contratti (tuttora non portati a termine o bloccati) per la realizzazione di nuovi impianti di incenerimento o per ristrutturazione di vecchi impianti, per una capacità equivalente ad una percentuale del 7% circa di rifiuti raccolti.

A questo punto è interessante capire le cause di questa in-

capacità pratica di realizzare impianti di termoutilizzazione, cause che a nostro parere, possono essere individuate essenzialmente in due fattori:

- mancato consenso della popolazione e delle forze ambientaliste
- interruzione dei flussi di finanziamento pubblico.

### **3. Le modalità procedurali che permetteranno la realizzazione di nuovi impianti di termoutilizzazione**

Occorre evidenziare quali potrebbero essere le scelte più opportune attraverso le quali una Pubblica Amministrazione italiana potrebbe dotarsi di impianti di termoutilizzazione, per ristabilire in futuro un armonioso sistema di gestione integrata dei rifiuti.

Innanzitutto occorre individuare il "bacino di utenza" al servizio del quale porre l'impianto, cioè occorre definire la taglia dell'impianto. A questo punto va subito sfatato un pregiudizio ancora ricorrente, cioè quello secondo il quale le varie comunità si proteggerebbero maggiormente dalle possibili ricadute negative dell'impianto, se questo fosse dimensionato per bruciare la minor quantità possibile di rifiuto: quella strettamente necessaria alla comunità nel cui territorio l'impianto verrebbe installato.

E' vero, viceversa, che tanto più largo è il dimensionamento dell'impianto di termoutilizzazione, tanto più accurate saranno le procedure operative e gestionali e tanto più sofisticate potranno essere, a pari costo unitario, le apparecchiature in dotazione all'impianto per l'abbattimento degli inquinanti presenti negli effluenti dopo il processo di combustione.

Detto questo, è del tutto evidente che più ampio sarà il bacino di utenza, quindi maggiore il dimensionamento dell'impianto, maggiori saranno le economie di scala ottenibili nella realizzazione e, soprattutto, nella gestione dell'impianto, e, quindi minori gli oneri a carico della comunità per lo smaltimento di ogni chilogrammo di rifiuto prodotto. In prima approssimazione, si può dire che, per poter garantire costi di smaltimento paragonabili con quelli che sono attualmente i costi medi nazionali di messa a discarica, un impianto di termoutilizzazione dovrà essere al servizio di un bacino di 500÷600.000 abitanti.

Per l'individuazione del sito dove costruire l'impianto, attenzione particolare dovrà essere posta allo studio di impatto ambientale, tra cui le problematiche legate alla viabilità, onde evitare che una concentrazione troppo alta di mezzi per il trasporto dei rifiuti possa esasperare eventuali problemi di inquinamento dovuto al traffico preesistente. Localizzazioni anche prossime ai centri abitati ed industriali non sono da scartarsi a priori, anzi, in determinate

condizioni, la possibilità di utilizzare il calore prodotto dall'impianto di termoutilizzazione per fini industriali o domestici, può anche risolversi in una diminuzione globale delle condizioni di inquinamento ambientale preesistenti (emissioni da impianti convenzionali evitate).

Una volta determinato il bacino di utenza che assicuri il flusso dei rifiuti per l'impianto di termoutilizzazione, l'ente pubblico che poi ne diverrà titolare dovrà scegliere la forma contrattuale più opportuna per la realizzazione del progetto.

Consigliabili sono, a nostro parere, contratti che assegnino "concessioni" per la realizzazione e la gestione pluriennale degli impianti di termoutilizzazione.

I vantaggi sono evidenti:

- La valutazione della gara sarà fatta sull'economicità globale del progetto: un investimento iniziale maggiore, permetterà la realizzazione di un impianto con caratteristiche tecniche migliori, in grado di garantire costi di gestione finali inferiori.
- Il costruttore sarà impegnato a dare garanzie reali di buon funzionamento ed a mettere a punto l'impianto nel migliore dei modi durante i primi anni di esercizio, in quanto il progetto sarà per lui più o meno redditizio in funzione della maggiore o minore continuità di esercizio (quindi, anche in assenza di problemi derivanti dall'impatto dell'impianto sull'ambiente) e del rendimento energetico effettivo dell'impianto realizzato.
- Il progetto potrà essere finanziato in tutto o in parte dal costruttore, direttamente o ricorrendo al mercato finanziario (project financing).

### **4. L'integrazione delle fasi di progettazione, realizzazione e gestione per i nuovi impianti di termoutilizzazione**

La convenienza di una scelta finalizzata all'assegnazione di un contratto di concessione, può essere spiegata più in dettaglio analizzando i vantaggi derivanti dalla possibilità di integrare le fasi di progettazione, realizzazione e gestione degli impianti di termoutilizzazione.

La peculiarità di un impianto di termoutilizzazione dei rifiuti solidi urbani ed assimilabili per la produzione di energia elettrica e termica, consiste nella necessità di assicurare la costanza dei rendimenti e di minimizzare le emissioni nell'ambiente, a fronte dell'impiego di un combustibile che, per sua natura, presenta caratteristiche che variano entro certi limiti in funzione dei periodi e delle modalità di raccolta dei rifiuti.

Se poi si tratta di un impianto di cogenerazione di energia elettrica e termica (per condizionamento domestico e di industrie e per la produzione di vapore da sfruttare a scopi



tecnologici), occorre che l'impianto sia in grado di adeguarsi anche alle variazioni della richiesta dell'energia prodotta.

A tutto questo si aggiunge l'esigenza di ottenere rendimenti elevati e, soprattutto, costanti nel tempo, per poter garantire alla comunità che si avvarrà dell'impianto tariffe più basse possibili per lo smaltimento dei rifiuti.

Ne consegue l'esigenza di progettare e realizzare impianti flessibili, "adattabili" ed "ottimizzabili" nel tempo, in funzione delle reali condizioni nelle quali verranno chiamati ad operare.

Questo si ottiene, in particolare, progettando in funzione delle esigenze suddette, e sulla base di consolidate esperienze, alcuni sistemi "critici" dell'impianto, ed in particolare:

- il forno
- la caldaia e, in generale, il ciclo termico
- il sistema di depurazione fumi
- i sistemi di comando e controllo del processo di funzionamento dell'impianto, per l'ottimizzazione del rendimento energetico e della continuità di esercizio.

Le fasi di progettazione e realizzazione dell'impianto, e, in particolare dei suoi sistemi "critici", possono così diventare non momenti a sé stanti del processo, ma funzionali ad una fase altrettanto importante che è quella dell'ottimizzazione e del consolidamento delle caratteristiche dell'impianto durante il primo periodo del suo funzionamento.

In questa prospettiva viene ad essere superato il concetto che considera a sé stanti e completamente separate la fase di progettazione, realizzazione e prova (normalmente identificata con la conduzione nell'anno di garanzia) dell'impianto, e la fase di gestione successiva dell'impianto.

La separazione delle due fasi non consente l'ottimizzazione del funzionamento dell'impianto nel corso della sua operatività commerciale e, anzi, demanda a quello che sarà il gestore possibili responsabilità ed oneri derivanti da eventuali malfunzionamenti dovuti a possibili degradi funzionali dei componenti critici nel tempo (rivestimenti refrattari, caldaie, sistemi abbattimento polveri, etc).

Viceversa, considerare integrate ed affidate alla responsabilità di un unico "contrattista" le fasi di progettazione, realizzazione e gestione dell'impianto, significa assicurarsi la possibilità di ottimizzare sia il funzionamento che la redditività economica sull'intero arco di vita tecnica dell'impianto.

In questo caso chi realizza l'impianto non penalizzerà gli investimenti iniziali, ben sapendo che la "qualità" dei componenti critici che realizzerà gli consentiranno riduzioni nei costi di gestione e manutenzione e, in definitiva, una maggiore economicità globale. Tutto questo associato

alla garanzia da parte del "contrattista" che l'impianto è in grado di funzionare nell'assoluto rispetto delle normative ambientali: in caso contrario sarebbe il "contrattista" stesso a subirne le immediate conseguenze.

Alla fine del periodo di gestione e manutenzione dell'impianto - ipotizzabile in circa 8 anni - il "contrattista" consegnerà al "titolare" un impianto "stabilizzato" ed "ottimizzato" nelle sue modalità di funzionamento e nelle caratteristiche dei suoi componenti (superamento della fase di "assestamento funzionale").

Il "contrattista" nel periodo in cui la gestione e la manutenzione dell'impianto sarà di sua responsabilità potrà, infatti:

- mettere a punto le procedure operative maggiormente redditizie
- ottimizzare i controlli automatici in modo da assicurare i parametri di funzionamento che consentano i rendimenti maggiori, una minor frequenza degli interventi di pulizia e di messa a punto
- programmazione ottimale delle manutenzioni per ridurre al massimo i periodi di fermata dell'impianto (si può arrivare a funzionamento dell'ordine di 8200 ore all'anno ed a fermate per la sostituzione dei refrattari solo ogni tre anni circa)
- individuare modalità operative e gestionali, anche attraverso la qualificazione delle professionalità impegnate, per ottenere la massima affidabilità e sicurezza dell'impianto
- minimizzare le necessità di magazzino per i materiali ed i componenti di ricambio.

## 5. Il project financing

Tra i vantaggi della "concessione" per la realizzazione e la gestione di impianti di termoutilizzazione, è stata indicata la possibilità che il costruttore e gestore finanzi in tutto o in parte il progetto, direttamente o ricorrendo al "project financing".

Proprio grazie al ricorso a forme di project financing, sarà possibile realizzare i maggiori progetti per impianti di termoutilizzazione nel prossimo futuro.

Questo richiederà, tuttavia, chiarezza e serietà di intenti da parte di tutte le parti in causa.

Le condizioni per poter realizzare un impianto a fronte di un project financing, sono, infatti:

- garanzie da parte degli enti pubblici titolari dell'impianto di termoutilizzazione di consegnare quantità di rifiuti costanti nel tempo;
- affidabilità del progetto che deve garantire condizioni gestionali redditizie;

- chiarezza legislativa, nonché sicurezza che le normative ed i livelli tariffari rimangano inalterati;
- condizioni contrattuali che garantiscano adeguatamente il “concessionario”.

In particolare, per facilitare l'accesso ad un “finanziamento”, il contratto di concessione dovrà garantire al concessionario:

- la gestione dell'impianto per un adeguato numero di anni;
- il pagamento della prefissata tariffa di conferimento;
- il pagamento dell'importo corrispondente ad una quantità minima di rifiuti, definita su base annua, anche se, per ragioni indipendenti dal concessionario, tale quantità minima non dovesse essere, in pratica, conferita (contratti di tipo “take or pay”);

- l'aggiornamento della tariffa di conferimento anno per anno;
- l'adeguamento della tariffa di conferimento al verificarsi di varianti normative che implicino necessità di modifiche impiantistiche ed operative;
- la disponibilità di discariche per lo smaltimento delle scorie e delle ceneri;

D'altra parte, il concessionario dovrà essere in grado di dimostrare:

- la compatibilità ambientale del progetto;
- l'affidabilità delle tecnologie impiegate;
- la competenza nella gestione dell'impianto progettato;
- la predisposizione ad assumersi una sua quota di rischio, a garanzia della redditività globale del progetto.



# Quadro normativo e recepimento delle direttive comunitarie in materia di termoutilizzazione dei rifiuti.

Mauro Bocciarelli, Andrea Cirelli  
AITA (Associazione Italiana Tecnici Ambientali)

## 1. Premessa

In Italia solo un decimo della produzione totale di rifiuti solidi urbani viene avviata alla termoutilizzazione, mentre la rimanente quota parte viene smaltita in discariche; è noto al contrario come all'estero si sia privilegiata la prima forma di trattamento. La combustione dei rifiuti con recupero di energia è considerata infatti, nel contesto della politica comunitaria sui rifiuti, una forma importante di valorizzazione.

Per rendere accettabili tali impianti la Comunità ha definito norme applicabili agli impianti di combustione di rifiuti urbani ed assimilati che riflettono lo stato della tecnologia ed assicurano un alto livello di protezione dell'ambiente e della salute.

La Direttiva CEE n. 89/369 sui nuovi impianti è stata emanata in seguito alla direttiva 75/442 sui rifiuti e alla direttiva 84/360 concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.

## 2. La direttiva CEE N. 89/369 sulla prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la direttiva CEE n. 89/429 valida per gli impianti esistenti

Tale direttiva, in premessa, fissa alcuni importanti concetti che si riportano in modo schematico:

- *“si dichiara che è importante concentrare l'azione comunitaria (fra l'altro) sull'attuazione di norme adeguate atte a garantire un'efficace protezione della salute pubblica e dell'ambiente”*
- *“considerando che la direttiva 84/360/CEE prevede che il Consiglio, deliberando all'unanimità su proposta della Commissione, fissi, se necessario, dei valori limite di emissione fondati sulla migliore tecnologia disponibile, non comportante costi eccessivi, e stabilisca le tecniche e i metodi di misura appropriati”*
- *“considerando che per assicurare una protezione efficace dell'ambiente è opportuno fissare requisiti e condizioni a cui subordinare l'autorizzazione per qualunque nuovo impianto di incenerimento dei rifiuti urbani; che fra questi requisiti deve figurare l'obbligo di rispettare dei valori limite di emissione di taluni inquinanti e appropriate condizioni di combustione, tenendo conto delle caratteristi-*

*che tecniche dell'impianto e delle condizioni di funzionamento”;*

- *“considerando che occorre prevedere misure e controlli adeguati presso gli impianti di incenerimento e che il pubblico deve essere informato delle condizioni imposte e dei risultati ottenuti”*

Infatti, all'art. 3 della Direttiva sono previsti i valori limite di emissione in funzione della capacità nominale dell'impianto di combustione.

Tali valori, per alcuni componenti, quali l'acido cloridrico (HCl), l'acido fluoridrico (HF) e le polveri, possono variare in funzione della potenzialità dell'impianto, e come già previsto anche dalla normativa nazionale, diminuiscono per potenzialità crescenti.

Impianti di maggiore potenzialità costituiscono sistemi più complessi, ma meglio gestibili, sui quali è possibile adottare tecnologie di depurazione più sofisticate, che migliorano le emissioni più di quanto si possa fare sui piccoli impianti.

I limiti di emissione stabiliti per impianti di potenzialità superiore a 3 t/h di rifiuti sono riportati nell'ambito della tab. 1 come “CEE 1989”.

Nell'art. 4 si dettano le norme tecniche riguardanti la conduzione degli impianti e si fissa in 850°C la temperatura cui devono permanere i gas nella fase di combustione.

Sono altresì previsti valori quali il contenuto di ossigeno (6%), i tempi di permanenza dei gas a 850°C (2 secondi) ed il livello massimo di CO (100 mg/Nm<sup>3</sup>); questo costituisce, come noto, un indice molto significativo della bontà della combustione. Il punto 3 dell'articolo 4, fissa un concetto importante ai fini della depurazione degli effluenti; infatti, al fine di non precludere opportune possibilità di sviluppo tecnologico, si prevede che potranno essere ammesse anche condizioni diverse di esercizio da quelle sopra indicate, a condizione che si impieghino accorgimenti di pari efficacia, sia nei combustori che negli impianti di trattamento dei gas.

### 2.1 La situazione in Italia

Le direttive n. 89/369 e n. 89/429 non sono ancora state recepite dalla legislazione italiana; pertanto la combustione dei

rifiuti è ancora regolata dalle prescrizioni del D.P.R. 915/82 e della Deliberazione del Comitato Interministeriale del 27 luglio 1984. In particolare, per quanto attiene agli impianti di trattamento dei rifiuti, furono fissati i criteri generali per l'ubicazione e la conduzione degli impianti, e, per ciascun tipo di processo, furono stabiliti parametri costruttivi ed operativi. Per quanto riguarda la combustione delle varie tipologie di rifiuti fu introdotto l'obbligo di una camera di post combustione e furono fissati i parametri operativi di seguito riportati messi a confronto con altre normative:

#### Confronto fra i parametri operativi

| D.P.R.915/82  | 89/369 CE | 17 BImSchV |
|---|-----------|------------|
| > 6% vol.   | 6%        | 6%         |
| ossigeno libero nei fumi umidi (misurato all'uscita della camera)       |           |            |
| > 10 m/s  | —         | —          |
| velocità media dei gas (misurata nella sezione d'ingresso della camera) |           |            |
| > 2 s   | 2 s       | 2 s        |
| tempo di contatto   |           |            |
| > 950°C   | > 850°C   | > 850°C    |
| temperatura dei fumi  |           |            |

Per le emissioni per gli impianti esistenti di combustione rifiuti, con decreto del Ministro dell'ambiente del 12.7.90 si fissarono i relativi limiti.

Questo decreto recepisce in parte, per quanto riguarda i limiti di emissione, la direttiva CEE 89/369, con eccezione dei parametri della combustione e le caratteristiche della camera di postcombustione che non vengono menzionati.

All'estero invece ritengono più importante tenere sotto controllo i seguenti aspetti:

- temperature di combustione superiori agli 850° C.
- stabilità del processo e della temperatura di combustione
- regolazione e distribuzione accurata dell'aria comburente
- elevata turbolenza dei gas di combustione
- affidabilità dei combustori in modo da minimizzare il numero di fermate e di avviamenti.
- idonei impianti di trattamento dei gas di combustione.

(MIGLIORE TECNOLOGIA DISPONIBILE)

Sempre nei Paesi all'avanguardia nel settore, gli impianti moderni prevedono invece uno "spazio di postcombustione" anche superiore a quello previsto dalla norma italiana, mentre al concetto di velocità dei gas, di per sè non significativo ai fini di una buona combustione, sostituiscono quello di una efficace turbolenza degli stessi.

## 2.2 La normativa in vigore in altri Paesi

Sicuramente le norme adottate in Germania e nei Paesi Bassi costituiscono un punto di riferimento importante per la CEE; molto spesso anticipano concetti e limiti in particolare, che vengono recepiti nelle suddette direttive. E' il caso in particolare del Decreto 17.BImSchV (decreto in applicazione della legge federale tedesca sulle immissioni) del 23.11.1990, dove all'articolo 4 paragrafo 2, si prescrivono per la combustione parametri identici a quelli riportati dalla direttiva CEE 89/369. Nel suddetto Decreto non si prevede, in particolare, l'obbligo, tutto italiano, della realizzazione di una camera di post-combustione.

A livello Europeo si ritiene più produttivo fissare con precisione gli obiettivi da conseguire, lasciando alla ricerca, all'innovazione ed ai progettisti, l'identificazione delle tecnologie costruttive ed operative più efficaci allo scopo.

La normativa tedesca prescrive (v. tabella 1) valori limite alle emissioni molto bassi, anche nell'intento di facilitare l'accettazione degli impianti di combustione da parte del pubblico: nell'ultimo decennio nei Paesi del Nord Europa sono stati realizzati impianti di termoutilizzazione a breve distanza dal centro di grandi città o capitali.

TABELLA 1.

Valori limite di emissione per la combustione di RSU

(gas secco, 11% O<sub>2</sub>) mg./Nm<sup>3</sup>:

|                            | Italia<br>1990 | RFT<br>1990 | CEE<br>1989 | CEE<br>1994* | CEE<br>bozza 94 |
|----------------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| polveri                    | 30             | 10          | 30          | 10           | 10              |
| HCl                        | 50             | 10          | 50          | 10           | 10              |
| HF                         | 2              | 1           | 2           | 1            | 1               |
| SO <sub>2</sub>            | 300            | 50          | 300         | 50           | 50              |
| NO <sub>x</sub>            | 200            | -           | -           | -            | 200             |
| CO                         | 100            | 50          | 100         | 50           | 50              |
| TOC                        | 20             | 10          | 20          | 10           | 10              |
| Hg                         |                | 0,05        |             | 0,05         | 0,05            |
| Cd                         |                | 0,05a       |             | 0,05a        | 0,05a           |
| Hg+Cd+Tl                   | 0,2            |             | 0,2         |              |                 |
| Pb+Cr+Cu+Mn                | 5b             | 0,5c        | 5           | 0,5c         | 0,5c            |
| Se+Te                      | 1              |             |             |              |                 |
| Ni+As                      |                |             | 1           |              |                 |
| PCDD+PCDF                  | 0,004          |             |             |              |                 |
| TCDD (ng/Nm <sup>3</sup> ) |                | 0,1d        |             | 0,1d         | 0,1d            |

a) Cd+Tl

b) comprende anche Sb, CN, Pd, Pt, SiO<sub>2</sub>, Rh, Sn, V

c) comprende anche Sb, As, Cu, Mn, Ni, V, Sn, Cr, Co

d) equivalenti NATO-CCMS

\* direttiva sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi

### 3. Direttiva 94/67/CEE sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi

Questa direttiva, pubblicata sulla G.U. del 31/12/94 (N.L. 365/34), pur non riguardando direttamente i rifiuti urbani, esprime tuttavia dei principi che la successiva bozza di direttiva sulla combustione dei rifiuti urbani sviluppa ulteriormente; essa si riferisce ai rifiuti pericolosi così come definiti dalla direttiva 91/689/CEE del 12/12/1991 e fissa, per la prima volta ed in modo organico, un principio importante riguardante la protezione integrata dell'ambiente.

Di seguito si riporta integralmente il punto sopraesposto: *"considerando che è necessaria una protezione integrata dell'ambiente contro le emissioni causate dall'incenerimento di rifiuti pericolosi; che pertanto gli scarichi acquosi prodotti durante la depurazione dei gas di scarico possono essere evacuati solo dopo aver subito un trattamento separato, al fine di limitare il trasferimento dell'inquinamento da un vettore ambientale ad un altro; che i valori limite di emissione specifici per le sostanze inquinanti presenti nei suddetti scarichi acquosi dovrebbero essere fissati entro due anni a decorrere dalla data di entrata in vigore della presente direttiva"*.

Nell'articolo 8 infatti si evidenzia che:

1) *"L'evacuazione in ambiente acquatico di scarichi acquosi provenienti dal lavaggio dei gas di scarico è limitata per quanto possibile.*

2) *Gli scarichi acquosi possono essere evacuati dopo essere stati trattati separatamente, a condizione che:*

- *siano soddisfatti i requisiti delle pertinenti disposizioni comunitarie, nazionali e locali, espressi come valori limite di emissione;*
- *la massa di metalli pesanti, diossine e furani contenuti negli scarichi acquosi, in proporzione alla quantità di rifiuti pericolosi trattata, sia ridotta in modo tale che la massa di cui è consentito lo scarico in acqua sia inferiore a quella di cui è consentito lo scarico nell'aria"*.

Un'altro concetto basilare della nuova normativa lo si ritrova all'art 9 comma 4 che così recita:

*"Prima di determinare le modalità per lo smaltimento o il recupero dei residui risultanti dall'incenerimento, devono essere effettuate opportune prove per stabilire le caratteristiche fisiche e chimiche nonché il potenziale inquinante dei vari residui di incenerimento. L'analisi concerne segnatamente la frazione solubile e i metalli pesanti."*

Tale normativa presenta alcune anomalie o carenze che pare opportuno evidenziare:

- non sono previsti limiti per quanto attiene gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- non è prevista la correzione dei valori di emissione del-

l'inquinante quando il valore dell'O<sub>2</sub> è inferiore a quello di riferimento fissato (11% O<sub>2</sub>).

Ciò appare strano in quanto negli impianti più moderni, che applicano anche il ricircolo dei fumi, la concentrazione di ossigeno nei gas combusti è inferiore al valore di riferimento di 11% (può avvicinarsi al 5÷6%); questo al fine di ridurre sia la produzione di NO<sub>x</sub>, sia il volume dei gas di combustione da trattare, sia le perdite di energia dovute al calore sensibile dei gas di scarico.

Questa direttiva introduce per la prima volta nella legislazione comunitaria, l'importante principio del limite alle diossine come diossina equivalente (0,1 ng/Nmc).

Questo limite è tuttavia da considerarsi, fino al 1/1/97, un valore guida. Di seguito si riportano i fattori di equivalenza per le diossine ed i dibenzofurani

#### Fattori di equivalenza per le diossine e i di benzofurani

Per la determinazione del valore della somma stabilita all'art.7 paragrafo 2 le concentrazioni di massa delle seguenti diossine e di benzofurani devono essere moltiplicate per i seguenti fattori di equivalenza, prima di eseguire la somma (applicando il concetto di equivalenti tossici).

| DIOSSINE E FURANI |                                   | Fattore di equivalenza tossico |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 2,3,7,8           | Tetraclorodibenzodiossina (TCDD)  | 1                              |
| 1,2,3,7,8         | Pentaclorodibenzodiossina (PeCDD) | 0,5                            |
| 1,2,3,4,7,8,      | Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)   | 0,1                            |
| 1,2,3,7,8,9,      | Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)   | 0,1                            |
| 1,2,3,6,7,8,      | Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)   | 0,1                            |
| 1,2,3,4,6,7,8     | Eptaclorodibenzodiossina (HpCDD)  | 0,01                           |
|                   | Octaclorodibenzodiossina (OCDD)   | 0,001                          |
| 2,3,7,8           | Tetraclorodibenzofurano (TCDF)    | 0,01                           |
| 2,3,4,7,8         | Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)   | 0,5                            |
| 2,3,7,8           | Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)   | 0,05                           |
| 1,2,3,4,7,8,      | Esaclorodibenzofurano (HxCDF)     | 0,1                            |
| 1,2,3,7,8,9       | Esaclorodibenzofurano (HxCDF)     | 0,1                            |
| 1,2,3,6,7,8       | Esaclorodibenzofurano (HxCDF)     | 0,1                            |
| 2,3,4,6,7,8       | Esaclorodibenzofurano (HxCDF)     | 0,1                            |
| 1,2,3,4,6,7,8     | Eptaclorodibenzofurano (HpCDF)    | 0,01                           |
| 1,2,3,4,7,8,9     | Eptaclorodibenzofurano (HpCDF)    | 0,01                           |
|                   | Octaclorodibenzofurano (OCDF)     | 0,001                          |

#### 4. Proposta di direttiva sull'incenerimento dei rifiuti (Draft directive incineration of waste)

Gli obiettivi della direttiva al 20/8/94 sono:

- il recupero dell'energia contenuta nei rifiuti

- prevenzione, riduzione, recupero o riuso dei prodotti dell'incenerimento
- trasformazione del rifiuto in un materiale con caratteristiche appropriate per il deposito definitivo in discarica.

Inoltre la direttiva fornisce le prescrizioni sull'eluato dai prodotti di combustione (art.9 par 2.) riportate nella tabella 2.

TABELLA 2

Limiti di emissioni previsti per le acque reflue da impianti di incenerimento e per l'eluato dei residui della combustione e del trattamento fumi

I limiti sono riferiti al kg di rifiuto incenerito.

|                     |       | acque   | residui |
|---------------------|-------|---------|---------|
| pH                  |       | 5,5-8,5 | 5,5-13  |
| composti filtrabili | mg/kg | 6       |         |
| frazione solubile   | mg/kg |         | 3000    |
| COD                 | mg/kg | 24      |         |
| cloruri             | mg/kg | 50      | 50      |
| fluoruri            | mg/kg | 4,5     | 4       |
| solfati             | mg/kg | 300     | 300     |
| nitriti             | mg/kg | 100     |         |
| ammonio             | mg/kg | 3       |         |
| cianuri             | mg/kg | 0,02    | 0,02    |
| fenoli              | mg/kg | 0,1     |         |
| solfuri             | mg/kg | 0,06    |         |
| mercurio            | mg/kg | 0,0015  | 0,0015  |
| cadmio              | mg/kg | 0,015   | 0,01    |
| cromo               | mg/kg | 0,15    | 0,1     |
| nichel              | mg/kg | 0,15    | 0,15    |
| rame                | mg/kg | 0,15    | 0,15    |
| piombo              | mg/kg | 0,03    | 0,03    |
| zinco               | mg/kg | 0,3     | 0,3     |
| arsenico            | mg/kg | 0,2     |         |
| somma metalli       | mg/kg | 1,5     |         |
| diossine e furani   | ng/kg | 0,03    | 0,03    |

Il rispetto di tali limiti, sia per quanto attiene il refluo produttivo, sia per le scorie di fondo, pare piuttosto problematico ed estremamente oneroso.

A livello Europeo tale norma, che pare privilegiare l'industria tedesca e danese, è molto discussa; a breve dovrebbe esser presentata una seconda versione corretta.

### 5. Decreto 29/11/94 e successive integrazioni

A completamento della panoramica sulla normativa relativa alla combustione dei rifiuti si vuole segnalare l'enorme confusione e difformità di limiti alle emissioni, in alcuni casi non giustificati, che sono stati fissati nel suddetto Decreto del Ministero dell'Ambiente che prende in esame "Norme Tec-

niche per il riutilizzo, come fonte di energia, dei residui derivanti dai cicli di produzione e consumo".

Di seguito si riportano due esempi di riutilizzo di materiali (carta/cartoni e RDF) che meglio esplicitano quanto sopra evidenziato.

### Carta cartone e poliacoppiati

Detti impianti devono essere provvisti di:

- bruciatore pilota a combustibile gassoso o liquido;
- alimentazione automatica del combustibile;
- regolazione automatica del rapporto aria/combustibile anche nelle fasi di avviamento;
- controllo in continuo dell'ossigeno, del monossido di carbonio e della temperatura nell'effluente gassoso.

Devono inoltre garantire in tutte le condizioni di esercizio una efficienza di combustione ( $CO_2/CO-CO_2$ ) minima del 99% e rispettare i seguenti valori limite alle emissioni riferiti ad un tenore di ossigeno dei fumi pari all'11% in volume:

|   |     |        |
|---|-----|--------|
| Polveri                                     | 30  | mg/Nmc |
| HCl   | 30  | "      |
| HF  | 2   | "      |
| Cd+Hg+Tl                                    | 0,1 | "      |
| Carbonio organico totale                    | 30  | "      |
| Ossidi di azoto                             | 500 | "      |
| Ossidi di zolfo                             | 300 | "      |
| Monossido di carbonio                       | 150 | "      |
| PCDD+PCDF<br>(come diossina equivalente)    | 0,1 | ng/Nmc |
| Al (nel caso il rifiuto contenga alluminio) | 5   | "      |
| Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)     | 0,1 | "      |

Per gli altri inquinanti si applicano i valori limite minimi di emissione fissati ai sensi dell'art. 3, Comma 2, del D.P.R. n. 203/1988.

### Combustibile derivato da rifiuti (R.D.F.)

Definizione: Combustibile ottenuto da rifiuti solidi urbani e/o assimilabili, ad esclusione dei rifiuti tossici e nocivi e dei rifiuti ospedalieri, attraverso la raccolta differenziata e/o cicli di lavorazione che ne aumentano il potere calorifico, riducono la presenza di materiale metallico, vetri, inerti, materiale organico putrescibile, contenuto di umidità e di inquinanti entro i seguenti limiti.

Gli impianti devono essere provvisti di:

- bruciatore pilota a combustibile gassoso o liquido;
- alimentazione automatica del combustibile;

- regolazione automatica del rapporto aria/combustibile anche nelle fasi di avviamento;
- controllo in continuo dell'ossigeno, del monossido di carbonio, delle polveri e della temperatura nell'effluente gassoso.

Devono inoltre garantire in tutte le condizioni di esercizio i seguenti requisiti minimi operativi;

|   |            |
|---|------------|
| Temperatura della camera di combustione                             | min. 950°C |
| Temperatura della camera di combustione per impianti a letto fluido | min. 850°C |
| Efficienza di combustione (CO <sub>2</sub> /CO+CO <sub>2</sub> )    | min. 99%   |

Devono rispettare i seguenti valori limite di emissione riferiti ad un tenore di ossigeno dei fumi pari all'11% in volume

|   |      |        |
|---|------|--------|
| Polveri   | 10   | mg/Nmc |
| HCl   | 10   | "      |
| HF  | 2    | "      |
| Sostanze di cui al par. 1.1. classe II (*)            | 0,5  | "      |
| Sostanze di cui al par. 2 classe I (*)                | 0,05 | "      |
| Sostanze di cui al par. 2 classe II e III (*)         | 0,5  | "      |
| Zn  | 5    | "      |
| Carbonio organico totale                              | 10   | "      |
| Ossidi di azoto                                       | 400  | "      |
| Monossido di carbonio (come valore medio giornaliero) | 50   | "      |
| PCDD + PCDF (come diossina equivalente)               | 0,1  | ng/Nmc |
| Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)               | 0,1  | mg/Nmc |

## 6. Conclusioni

Da tutto quanto riportato si può meglio comprendere come il costante aumento di produzione dei rifiuti costituisca, alle soglie del 2000, un problema serio da non sottovalutare ed il notevole numero di norme emanate e/o in via di predisposizione evidenzia quanto necessaria debba essere l'attenzione e la preparazione del Legislatore. Il trattamento del rifiuto mediante la term conversione con recupero energetico si presenta, unitamente alla raccolta differenziata a monte di classi merceologiche di rifiuti ben definite, come una delle poche soluzioni tecnologiche in grado di offrire un'ampio spettro di applicabilità. L'acquisizione di una maggiore coscienza dei gravi rischi ambientali che possono verificarsi con l'utilizzo di tecnologie di smaltimento poco sicure, spingono i tecnici ad adottare nuove forme di trattamento di rifiuti che coniughino una migliore qualità della vita con scelte impiantistiche quali la termoutilizzazione, sempre più affidabili. Nonostante i risultati già ottenuti con la riduzione dei limiti delle emissioni al camino degli impianti di termoutilizzazione, ancora molto si può e si deve fare per ottimizzare la gestione complessiva di queste strutture impiantistiche per lo smaltimento finale sia dei rifiuti urbani che pericolosi.



# Un impianto di termoutilizzazione dei rifiuti, suoi componenti e problemi

Gian Luigi Briosi, Vittorio Grandonico,  
ATI-Sezione Lombarda

## Premessa

Gli impianti di combustione dei rifiuti, inizialmente destinati, per lo più, al solo incenerimento, hanno subito nel tempo una enorme evoluzione, in gran parte conseguenza della mutata composizione dei rifiuti con aumento del loro potere calorifico, delle norme sulle emissioni sempre più restrittive per la difesa dell'ambiente, e quindi della salute dei cittadini, e della possibilità del loro utilizzo per la produzione di energia. Tutte queste considerazioni hanno portato alla realizzazione di impianti di termoutilizzo dei rifiuti che sono, attualmente, delle vere e proprie centrali termoelettriche.

Scopo di questa relazione è quello di fornire, particolarmente ai non addetti ai lavori, informazioni che possono risultare utili per la scelta di un impianto di termoutilizzo dei rifiuti.

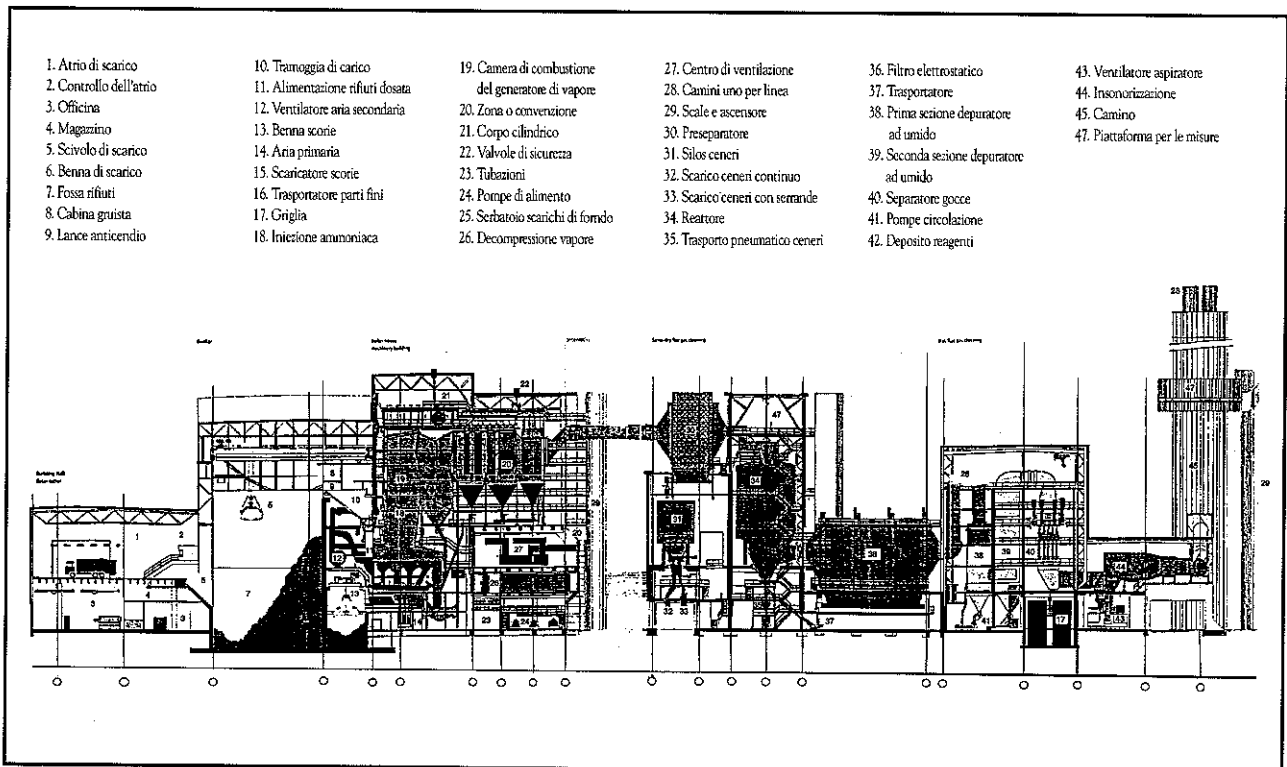
Generalmente, nei convegni, vengono presentati i singoli componenti dell'impianto senza fornire un quadro complessivo.

Un impianto non è la somma dei vari componenti; questi devono essere armonizzati nel complesso ed adeguati alle specifiche sollecitazioni ed esigenze di un impianto di questo genere.

L'impianto tipo adottato come base per illustrare quanto segue è quello recentemente messo in funzione per la città di Amsterdam. Lo schema riprodotto nella fig. 1 è relativo ad una sola linea da 1000 t/d. L'impianto è realizzato su quattro linee. Nel nostro esame vengono fornite informazioni generali, e quindi, lo schema sopraddetto, serve solo come esempio base. Nella fig. 2 è rappresentato il diagramma di flusso quantificato di un altro impianto da 1000 t/d previsto per bruciare rifiuti, solo a titolo di esempio, con p.c.i. di circa 7300 KJ/Kg (1750 Kcal/Kg).

Possiamo ora passare alla descrizione dei componenti di un impianto completo da fornirsi "chiavi in mano". Restano escluse da questa relazione le opere edili.

FIGURA 1





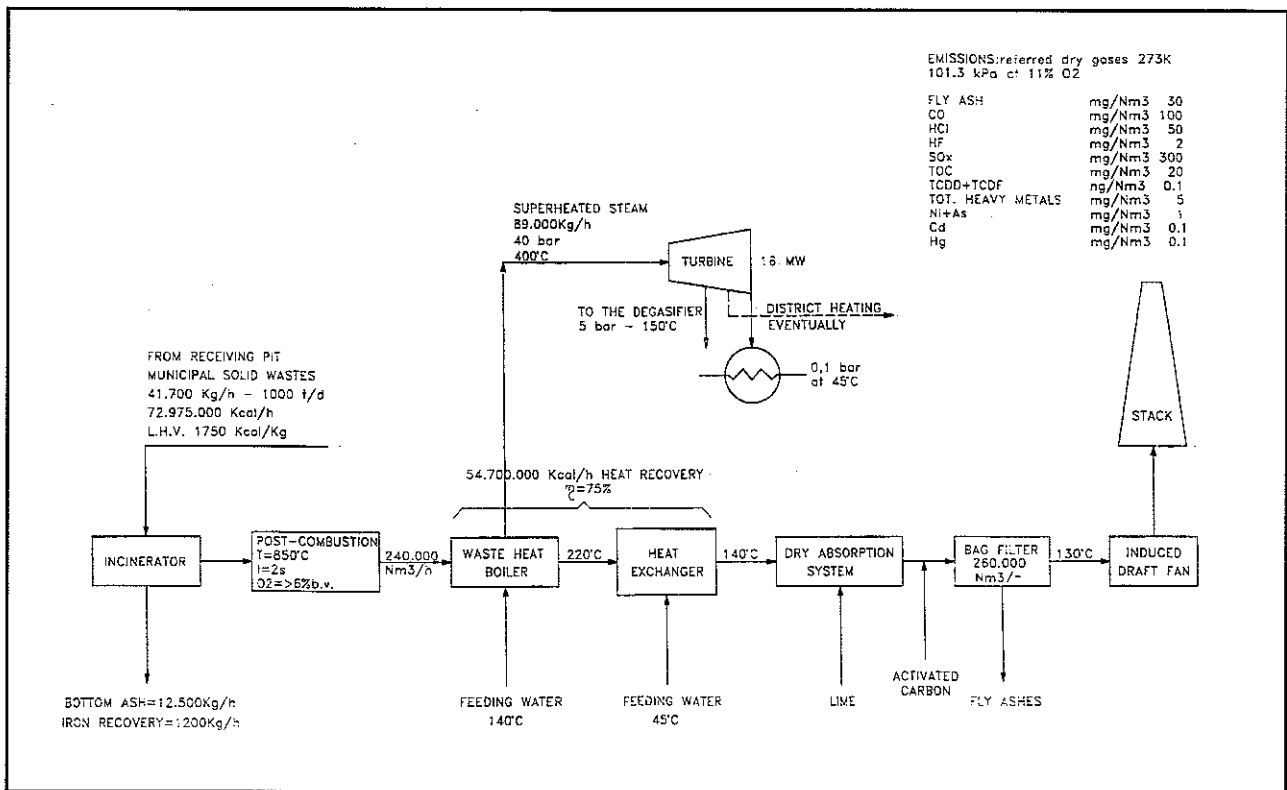


FIGURA 2

## 1. Arrivo dei rifiuti.

Gli automezzi di trasporto, all'arrivo all'impianto, vengono pesati, con una pesa del tipo a ponte, con piattaforma di dimensioni e portata tali da poter ricevere l'automezzo di massimo ingombro.

Il sistema di pesatura viene equipaggiato con un sistema a schede che registrano:

- il peso dei rifiuti,
- la qualità degli stessi,
- la provenienza,
- l'ora di arrivo e l'eventuale indicazione a quale porta della fossa scaricare.

La scheda servirà poi agli Uffici Amministrativi per fini statistici ed eventuale fatturazione.

La cabina del pesatore deve essere ampia e munita di impianto di riscaldamento e condizionamento.

La pesatura serve anche a controllare il peso e la qualità di tutti i residui in uscita (scorie - ceneri - metalli ferrosi - ecc.).

Nei grandi impianti le pese a ponte sono, generalmente, due.

## 2. Porte della fossa di ricevimento dei rifiuti

La fossa viene generalmente dimensionata per ricevere i rifiuti provenienti dalla raccolta di tre giorni per consentire all'impianto di funzionare anche quando tale opera-

zione non viene effettuata (giorni festivi, ecc.).

La fossa, onde evitare l'uscita di cattivi odori, viene mantenuta in leggera depressione, mediante aspirazione dalla stessa, di aria utilizzata per la combustione.

Le porte - in numero sufficiente - sono, per la maggior parte dei casi, del tipo basculante a comando oleodinamico.

Nel caso illustrato, onde evitare eventuali urti degli autocarri contro le porte, è previsto che questi scarichino in uno spazio antistante su uno scivolo che serve per convogliare i rifiuti nella fossa stessa senza aperture di porte.

In ogni caso, a fianco di ogni porta, viene installato un sistema semaforico a luce rossa e verde in modo da evitare, se la porta si apre verso l'interno, eventuali interferenze con la benna di carico dei rifiuti nei forni.

## 3. Frantumazione dei rifiuti ingombranti

A lato della fossa viene installato, nel caso che sia previsto il ricevimento di rifiuti ingombranti (mobili - materassi - elettrodomestici - ecc.), un frantumatore. Il materiale frantumato viene scaricato nella fossa di ricevimento dei rifiuti o in una fossa adiacente.

## 4. Carro ponte con benna

Il carro ponte deve avere una robusta struttura e tutte le apparecchiature elettriche devono essere stagne e resistenti alla polvere; la trasmissione dell'energia è del tipo a festoni per non provocare scintillamenti. La benna, preferibilmente

te, viene scelta del tipo idraulico onde avere solo i cavi di sollevamento, e del tipo a polipo per una presa più efficace; i cavi devono essere di alta qualità e resistenza alla rottura. La benna serve non solo per caricare i rifiuti nelle tramogge dei forni, ma anche per effettuare spostamenti di rifiuti nella fossa per ammassarli dalla parte opposta ai vani di carico. La velocità di traslazione del ponte, scorrimento del carrello, apertura e chiusura della benna, la velocità di sollevamento e la capacità della benna, devono essere calcolati in modo che il gruista, per tutte le manovre di carico, non sia impegnato per più di trenta minuti ogni ora, essendo nel restante tempo impegnato nelle altre manovre accessorie.

Il funzionamento, salvo la presa dei rifiuti, può essere tutto automatico:

- sollevamento della benna
- centraggio del carrello
- traslazione del ponte
- fermata sopra una preselezionata tramoggia del forno
- apertura della benna
- ritorno del ponte nella zona della fossa.

La benna è munita di una cella di carico che trasmette il peso dei rifiuti caricati con ogni bennata, e consente quindi di valutare la potenzialità di combustione di ogni forno, e - più importante - la disponibilità, l'efficienza giornaliera ed annua, e quindi il grado di utilizzo rispetto alla potenzialità nominale garantita.

## 5. Forno di combustione

Può essere di qualsiasi tipo, anche in funzione dei rifiuti da bruciare. Si tratta di un argomento ampiamente trattato in letteratura e in precedenti convegni e congressi.

Si precisano quindi solamente le caratteristiche funzionali principali da prendere in esame valide per qualsiasi tipo di combustione e zona di completamento della combustione:

- diagramma della potenzialità oraria massica e termica e campo di funzionamento (fig. 3); è questo il principale documento di garanzia;
- incombusti nelle scorie (percentuale sulle scorie secche) determinati per calcinazione (attualmente meno del 3% sulle scorie secche);
- temperatura massima in camera di combustione;
- eventuale fusione delle scorie;
- temperatura, tempo di contatto, ossigeno libero nella zona di completamento della combustione da computarsi dall'ultima immissione di aria di combustione (attualmente  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  - CEE  $850\text{ }^{\circ}\text{C}$  - 2 s,  $\text{O}_2$  maggiore del 6%);

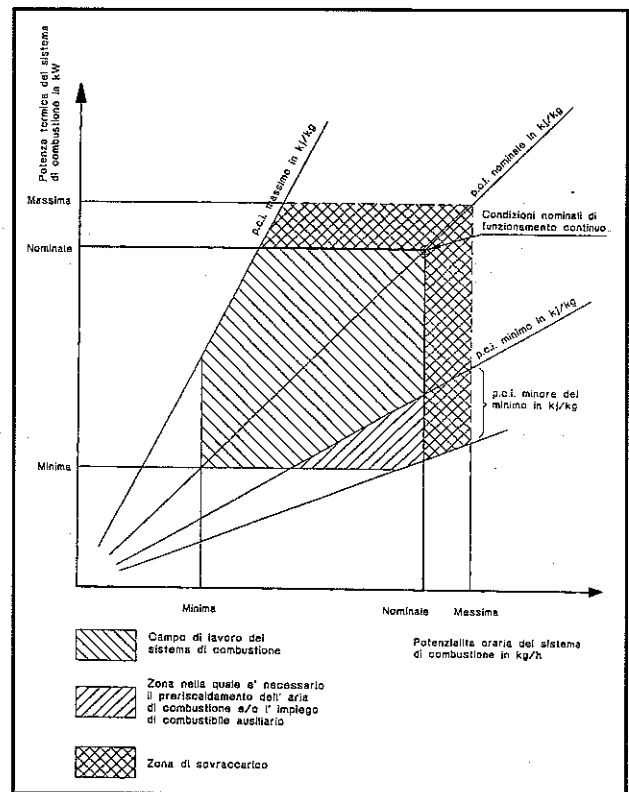


FIGURA 3

- sovratemperatura delle varie pareti esterne dell'impianto rispetto ad una temperatura ambiente di  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (attualmente per le pareti che possono essere a contatto con gli operatori  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## 6. Generatore di vapore a recupero

Le caratteristiche di un generatore di vapore per un impianto di termoutilizzo che ne condizionano l'affidabilità e quindi il tempo continuo di funzionamento sono parecchie e qui di seguito vengono citate le più importanti:

- per i tubi installati direttamente in camera di combustione del forno è necessario sia prevista una protezione refrattaria per una altezza di alcuni metri, cioè finché la combustione non sia completa, quindi oltre la zona di atmosfera alternativamente riducente ed ossidante in quanto tali condizioni favoriscono la corrosione;
- due o tre zone (passi) vuote senza tubi nel percorso dei prodotti della combustione con schermatura solo sulle pareti, per facilitare la decantazione delle sostanze solide trascinate nel flusso gassoso ed evitare l'impatto sui tubi da parte delle ceneri fuse o pastose, che data l'alta temperatura, si incollerebbero sui tubi formando pericolose incrostazioni;
- particolare attenzione, onde evitare corrosioni sui tubi del surriscaldatore, deve essere dedicata alla pressione ed alla temperatura del vapore. Vengono generalmente adottati i parametri di 40 bar e  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- sempre per la stessa ragione del paragrafo precedente, la temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del surriscaldatore è consigliabile che sia mantenuta inferiore a 600 °C; la velocità del vapore nei tubi va mantenuta da 30 a 60 m/s per favorire lo scambio termico;
- la spaziatura tra i tubi evaporanti deve essere ampia in modo da evitare ostruzioni (ponti) con conseguenti frequenti fermate per la pulizia;
- per evitare l'effetto abrasivo sui tubi da parte delle ceneri volanti che contengono fino al 50% di silice, la velocità dei prodotti della combustione va mantenuta inferiore ai 6-7 m/s;
- la temperatura dell'acqua di alimento all'economizzatore viene consigliata superiore ai 140 °C onde evitare corrosioni per punto di rugiada che risulta piuttosto alto dato il contenuto di ossidi di zolfo nei prodotti della combustione;
- vengono anche impiegati speciali economizzatori che consentono di abbassare la temperatura a 110 °C con netto miglioramento del rendimento termico e possibilità di entrate, senza ulteriori raffreddamenti, nella sezione di depurazione con filtro a maniche (tessuto).

## 7. Trasportatori delle scorie e delle ceneri

Poiché le scorie vengono scaricate calde (400-500 °C) tutti i sistemi di trasporto sono sempre in bagno d'acqua.

Il caso illustrato rappresenta una delle tante soluzioni per il trasporto delle scorie. Il sistema è costituito da una vasca con speciale sagomatura nella quale, a combustione completata, cadono dalla parte terminale della griglia le scorie e gli inerti; una piastra, a comando oleodinamico, spinge periodicamente questi materiali all'esterno su trasportatori, per avviarli, come vedremo in seguito, allo smaltimento. Nella stessa vasca vengono convogliate, mediante trasportatore a catena, anche le parti fini che passano sotto la griglia attraverso i giochi ed i passaggi dell'aria di combustione.

Nella maggior parte delle installazioni di forni a griglia, le scorie vengono evacuate con trasportatori a raschietti (doppia catena con traverse), che devono essere molto robuste per poter trasportare anche pezzi metallici molto grossi. Generalmente vengono prescritte catene di trascinamento con carico di rottura da 20.000 a 40.000 Kg., in grado di rimettersi in marcia anche dopo una fermata, per guasti di due ore del trasportatore stesso.

Le scorie, tutti gli inerti, e le parti fini vengono, quasi sempre dopo deferizzazione, scaricate in una fossa scorie. Da questa vengono poi periodicamente prelevate mediante carro ponte con benna a valve, caricate sugli autocarri, e portate in discarica, o impiegate per riempimento o sottofondi stradali.

In alcuni casi le scorie vengono scaricate in cassoni multi-benna, che vengono poi prelevati dagli appositi automezzi; in altri, particolarmente in quelli di pirolisi, le scorie vengono scaricate dal forno allo stato fuso e cadono in acqua ove formano del granulato vetroso.

Le ceneri volanti captate dai sistemi di depurazione a secco o semisecco vengono trasportate mediante sistemi pneumatici od a catena ed insilate separatamente dalle scorie.

Queste ceneri, assieme con i reagenti in eccesso usati per la depurazione, sono tossiche, in quanto contengono gli inquinanti captati dagli impianti di depurazione, e devono quindi essere inertizzate o fuse in appositi impianti. La loro tossicità è attribuibile particolarmente al loro carico di metalli pesanti.

Nel caso di depuratori ad umido le ceneri vengono scaricate sotto forma di fanghi che vengono fatti decantare e quindi inertizzati.

Data la tendenza di non avere scarichi liquidi con i conseguenti problemi di depurazione, non facile data la varietà degli inquinanti contenuti, i liquidi vengono in parte utilizzati per la preparazione dei reagenti (latte di calce) ed in parte alimentati nella camera di combustione del forno ove vengono evaporati.

## 8. Impianti di depurazione

La depurazione dei prodotti della combustione è fondamentale in quanto deve garantire la salvaguardia dell'ambiente e la salute dei cittadini. Il suo costo deve quindi essere considerato anche dal punto di vista sociale.

La tecnologia della depurazione è ben consolidata e può garantire il rispetto delle norme più severe.

I limiti alle emissioni dagli impianti di combustione dei rifiuti sono molto più severi di quelli per le centrali termoelettriche.

La tendenza attuale è quella di adottare sistemi a secco o semisecco con evaporazione totale dei liquidi onde evitare tutti i problemi connessi con la depurazione delle acque.

Il complesso dell'impianto deve anche essere oggetto della VIA (Valutazione dell'impatto ambientale).

L'impianto deve essere previsto con ampi spazi per essere, in futuro, adeguato ad ulteriori limitazioni delle emissioni in fase di proposte CEE future.

Possiamo ora considerare quali sono i sistemi attualmente adottati:

- innanzitutto è indispensabile ottenere una buona combustione con riduzione di minimo di ossido di carbonio, degli incombusti gassosi quali idrocarburi, e dei composti organoclorurati;
- gruppo di abbattimento di HCl - HF - SO<sub>x</sub> usando qua-

- li reagenti: calce, latte di calce o bicarbonato;
- gruppo di iniezione di carboni attivi miscelati con calce per la captazione delle diossine e dei furani come vedremo nello stadio successivo;
- gruppo di filtro a maniche (tessuto) che capta i metalli pesanti e crea la situazione ideale per l'abbattimento delle diossine in quanto sulle maniche, che fungono da filtro, si depositano carboni e calce iniettati come detto al paragrafo precedente;
- se le limitazioni alle emissioni di HCl e SO<sub>x</sub> diventeranno più restrittive, si renderà necessario l'impiego di depuratori ad umido a doppio stadio: il primo con acqua per l'abbattimento dell'HCl ed il secondo, con aditivazione di calce, per l'abbattimento degli SO<sub>x</sub>.
- la riduzione degli NO<sub>x</sub>, se richiesta, si ottiene mediante catalizzatori. Questo sistema consente anche di ridurre ulteriormente il contenuto di diossine.

La riduzione degli NO<sub>x</sub> si può ottenere anche, ma con un rendimento di abbattimento solo del 50% dell'inquinante, iniettando ammoniaca in una zona, lungo il percorso dei prodotti della combustione nel generatore di vapore, a 900°C. Le tecniche attuali consentono di ridurre le emissioni a limiti bassissimi tendenti a zero. Come detto precedentemente l'onere finanziario della depurazione dovrebbe rientrare nei contributi per la difesa dell'ambiente.

## 9. Camino

Deve essere prevista una singola canna per ogni linea. Le canne possono essere contenute da un involucro unico esterno (come risulta dall'impianto di fig. 1). L'altezza non deve essere minore di 60 m., onde assicurare una efficace dispersione. Se le canne sono previste metalliche devono essere rivestite internamente con cementi antiacidi.

Deve essere specificata la temperatura e la velocità minima dei gas in uscita.

Il camino deve essere corredato di scala e di piattaforme ove piazzare gli strumenti e le prese per il controllo delle emissioni. Nei grandi impianti il camino o il complesso dei camini è corredato di ascensore. Prevedere, ove necessario, il parafulmine.

## 10. Impianti ausiliari

Il forno è dotato di un bruciatore a gas o gasolio per l'accensione.

Inoltre nella zona di completamento della combustione viene installato un bruciatore che serve per l'avviamento, ma la sua principale funzione è quella di mantenere automaticamente, mediante termoregolazione, la temperatura

minima prescritta (900 °C in Italia - 850°C CEE).

Entrambi i bruciatori devono essere estraibili per non venire danneggiati quando non sono in funzione.

Per l'alimentazione dell'impianto è necessario un serbatoio principale ed uno di servizio, pompe di trasferimento nel caso di gasolio, e cabina di decompressione per l'alimentazione a gas. Tutto l'impianto deve essere completo di tubazioni a valvole.

Per il bruciatore termoregolato si deve prevedere un sistema automatico per riportarlo, quando necessario, in posizione di funzionamento.

Se si prevede che resti in posizione fissa, è necessario prevedere al suo raffreddamento.

Altre apparecchiature ausiliarie sono le centraline oleodinamiche per la movimentazione di tutte le apparecchiature per le quali è stato adottato il sistema idraulico. Esse devono essere ampiamente dimensionate e, per ogni utenza, doppie, quindi con il 100% di riserva.

Si deve inoltre prevedere un sistema automatico di lubrificazione di tutte le parti che lo richiedono.

Importante è la scelta dei ventilatori che forniscono l'aria di combustione, e di quello, o di quelli che aspirano i prodotti della combustione. Dato che devono soffiare o aspirare aria o gas polverosi devono avere un alto grado di affidabilità e le pale autopulenti. Devono, inoltre, ove necessario, essere insonorizzati.

E' necessario prevedere l'impianto di riscaldamento e quello di condizionamento per la cabina del gruista e della sala quadri.

In molti impianti il gruista è alloggiato nella sala quadri stessa ed effettua le manovre attraverso la visione su schermo televisivo della fossa e delle tramogge di carico.

A proposito di circuiti di televisione in circuito chiuso, è necessario che in sala quadri vengano installati schermi televisivi per controllare:

- il piazzale di ingresso degli automezzi;
- le varie zone dell'impianto;
- la bocca di scarico dei camini.

Inoltre, sempre con televisione in circuito chiuso, il personale controlla l'andamento di combustione dei forni.

Devono prevedersi adeguati sportelli spia, che consentono il controllo delle varie parti, muniti di sicurezza contro emissioni di fiamme e calore.

Altri impianti ausiliari sono:

- impianto telefonico e citofonico.
- impianti antincendio con estintori a secco, ove vi sono

apparecchiature elettriche.

- attrezzature e materiali sanitari per pronto intervento in caso di necessità.
- indumenti protettivi, mascherine ed autorespiratori in caso si renda necessario effettuare ispezioni all'interno dei condotti o di apparecchiature ove sussistano pericoli di ristagno di gas.

### 11. Strumentazione

Deve consentire il controllo di tutti i parametri più importanti, quali la pesatura dei rifiuti; e le temperature in camera di combustione, nella zona di postcombustione, all'entrata del generatore di vapore, all'ingresso del surriscaldatore, all'ingresso degli impianti di depurazione, all'ingresso e all'uscita del ventilatore aspiratore, ed al camino all'altezza di prelievo di gas per le analisi.

Riguardo la produzione vapore:

- pressione vapore
- temperatura vapore uscita surriscaldatore
- pressione e temperatura ingresso turbogruppo
- temperatura acqua alimento generatore
- analisi di tutti gli inquinanti sia in ingresso all'impianto di depurazione che al camino in modo da poter determinare il rendimento di captazione.

A solo titolo informativo le principali grandezze sono:  $\text{CO}_2$  -  $\text{CO}$  - sostanze solide -  $\text{HCl}$  -  $\text{SO}_x$  -  $\text{NO}_x$  -  $\text{C}_x\text{H}_y$  (come  $\text{CH}_4$ ).

Quasi tutte le grandezze sopra indicate devono anche essere registrate e poter essere richiamate su video, a gruppi omogenei, in modo da consentire al capo impianto un controllo visivo continuo.

### 12. Regolazioni automatiche

L'automazione deve essere integrale. Ad esempio:

- movimenti del carro ponte e della benna;
- produzione di vapore con regolazione della alimentazione dei rifiuti;
- regolazione dell'aria di combustione in funzione dei rifiuti sia come quantitativo che come qualità;
- regolazione fine dell'aria di combustione in funzione dell'ossigeno dei prodotti della combustione in modo da mantenere costante l'eccesso d'aria predeterminato;
- regolazione della temperatura nella camera di combustione e nella zona di completamento della combustione;
- regolazione del quantitativo dei reagenti dell'impianto di depurazione in funzione della concentrazione di inquinanti in ingresso o in uscita.

Dato lo scopo di questa relazione, qui di seguito e nei capitoli seguenti vengono forniti solo gli elementi delle apparecchiature o dei lavori.

Ogni voce richiede una ben dettagliata specifica tecnica.

### 13. Ciclo termico

- tutte le tubazioni, coibentate, complete di valvolame per il vapore;
- impianto di trattamento acqua (demineralizzazione) di alimento al generatore di vapore; impianto su due linee, una di riserva all'altra, e batteria tampone finale;
- condensatore ad acqua o ad aria;
- vasca condense;
- addizione idrazina;
- degasatore;
- pompe di alimento;
- turbogruppo;
- trasformatori di uscita;
- trasformatori di ricevimento;
- quadro di parallelo completo di tutta la strumentazione relativa alla produzione di energia elettrica e di calore, nel caso sia prevista la cogenerazione per teleriscaldamento.

### 14. Installazioni e lavori vari

- laboratorio di analisi per il controllo e la taratura di tutti gli strumenti. Nel caso di combustione di rifiuti pericolosi (tossici e nocivi) è necessaria l'analisi degli scarti in arrivo, per controllarne la loro compatibilità per essere trattati nell'impianto;
- officina per interventi di emergenza, piccole riparazioni, sia meccaniche che elettriche;
- magazzino ricambi;
- impianti elettrici per tutto l'impianto; devono essere stabilite ben dettagliate specifiche per la loro rispondenza alla normativa esistente;
- verniciature, isolamenti, pannellature, in base a ben precise specifiche.

### 15. Affidabilità - costi - personale - spese di esercizio

L'affidabilità dell'impianto è una delle garanzie che devono essere fornite dal fornitore dell'impianto.

Attualmente si può garantire un funzionamento continuo dell'impianto di circa 8000 ore (90% di affidabilità); durante tale periodo possono essere ammesse fermate per guasti accidentali pari al 5%, cioè 400 ore. Viene prevista, in questo ambito, una fermata, per grande manutenzione, di circa un mese all'anno, programmata nel periodo di minor produzione dei rifiuti. E' comunque indispensabile mantenere in attività per questa eve-

nienza una discarica e per ricevere le scorie e gli inerti che vengono giornalmente prodotti.

I costi dell'impianto sono molto variabili in funzione delle specifiche riguardanti la depurazione dei prodotti della combustione e della potenzialità.

Solo a titolo informativo, variando la potenzialità da 200 a 600 t/d, il costo dell'impianto, riferito alla tonnellata giorno, può passare da 200.000.000 a 130.000.000 di lire. Se le specifiche sono particolarmente severe il costo può raggiungere anche i 400.000.000 t/d. Il costo si intende per impianto realizzato "chiavi in mano" comprese le opere edili, civili ed allacciamenti fino alla recinzione. Resta escluso il costo del terreno.

In via di massima il costo può considerarsi così suddiviso: (impianto da 200 t/d):

- impianto di combustione; 15 - 20 %
- linea di depurazione (con tendenza all'aumento): 20 - 25%
- generatore di vapore, turbogruppo, ciclo termico; 8 - 10%
- impianti elettrici - strumentazioni - regolazioni; 15 - 20%
- opere civili. 20 - 25%

I costi di esercizio sono rappresentati, escluse le spese finanziarie, dal personale, dalla manutenzione, dai materiali di consumo e, positivo, dalla cessione di energia elettrica, eccedente gli autoconsumi, alla rete esterna, e dall'eventuale vendita del materiale ferroso recuperato.

Per il personale, tenuto conto delle ferie e malattie, onde ottenere un funzionamento su 24 ore, è necessario prevedere 5 turni. Il personale non varia molto con la potenzialità dell'impianto.

Senza entrare in particolari dettagli sono necessarie 10 persone per turno, più 10 compreso il direttore, su un solo turno giornaliero. Complessivamente circa 60 persone.

I materiali di consumo dipendono da molti fattori e principalmente del grado di depurazione richiesto.

Il costo specifico per tonnellate giorno dipende inoltre dal grado di utilizzo dell'impianto è cioè dalle effettive tonnellate bruciate rispetto alla potenzialità nominale. E' evidente che meglio viene utilizzato l'impianto, minore sarà il costo specifico.

Attualmente, tenuto conto del notevole riconoscimento per il valore del chilovattora prodotto (per 8 anni), le spese di esercizio si possono considerare compensate dalla cessione dell'energia. Tenuto conto degli oneri finanziari, solo a titolo informativo e di larga massima, il costo può valutarsi a circa 100 L./Kg. di rifiuti solidi urbani o assimilabili.

Valutazioni completamente diverse devono prevedersi per gli impianti di combustione di rifiuti pericolosi.

## 16. Norme

Nella realizzazione dell'impianto si devono rispettare tutte le norme ISPESL, VVFF e quelle locali, più quelle relative alle emissioni, italiane e CEE.

Per le caratteristiche tecniche e di collaudo richiamiamo le norme CTI - UNI seguenti:

- 9246 - 88 Forni di incenerimento di rifiuti solidi urbani e/o assimilabili con recupero di calore. Determinazione delle prestazioni energetiche.
- 10378 - 94 Sistema di combustione per rifiuti solidi urbani ed assimilabili. Regole per la progettazione, l'offerta, l'ordinazione, la fornitura ed il collaudo.



# Processi corrosivi negli impianti di incenerimento dei rifiuti

Gian Pietro De Gaudenzi (1), Alfredo Colombo (2), Gabriele Rocchini (2), Franco Uberti (1)

(1) CISE SpA, Laboratorio di Corrosione ad Alta Temperatura, Segrate (Mi)

(2) ENEL SpA DSR/CRAM-Milano

## Riassunto

La corrosione dei materiali metallici dei componenti degli impianti convenzionali di incenerimento dei rifiuti solidi urbani (RSU), che hanno caratteristiche molto simili a quelli alimentati con polverino di carbone, ha caratteristiche peculiari a causa della variabilità della composizione chimica dell'RSU, poiché generalmente si instaurano dei processi corrosivi con meccanismi più complessi.

L'agente maggiormente responsabile della corrosione è il cloro che proviene principalmente dalle plastiche. Il cloro, reagendo con gli alcali (sodio, potassio e calcio) e con i metalli (ferro, zinco, cadmio, piombo, mercurio), dà origine a miscele eutettiche, che, essendo liquide anche a basse temperature, sono molte corrosive.

Il problema della corrosione è di primaria importanza, in quanto esso si manifesta in modo molto severo, tanto da richiedere frequenti sostituzioni dei fasci tubieri del generatore di vapore. L'elevata velocità di corrosione comporta una diminuzione significativa del rendimento degli attuali impianti, poiché l'esercente tende a proteggere i tubi con materiali refrattari, che riducono il flusso termico scambiato, ad abbassare la temperatura dei fumi, oppure a spostare il surriscaldatore fuori dalla camera di combustione, rinunciando all'utilizzazione del calore di irraggiamento.

La corrosione negli inceneritori di RSU può essere prevenuta o attenuata mediante l'adozione di misure che comportano la variazione delle caratteristiche di progetto e/o delle condizioni di esercizio, l'iniezione di additivi di combustione, la modifica della composizione del combustibile ed infine la sostituzione dei materiali dei fasci tubieri.

## 1. Introduzione

Il recupero di materiali ed energia dai rifiuti solidi urbani e/o assimilabili rappresenta uno degli indirizzi fon-

damentali delle più moderne politiche ambientali. La gestione degli RSU si sta orientando verso scenari che prevedono sistemi complessi di smaltimento. Una quota rilevante dell'RSU viene destinata alla termoutilizzazione con recupero di energia (termoutilizzazione) in conseguenza della sua composizione merceologica. Si è infatti registrata negli anni una diminuzione della frazione organica umida, associata ad un aumento di carta, plastica, gomma e legno, che hanno determinato un innalzamento del potere calorifico dalle 1000 kcal/kg del 1950 alle oltre 2000 kcal/kg del 1992, che consente di annoverare i rifiuti tra le risorse rinnovabili.

La termoutilizzazione ha avuto in Italia un discreto sviluppo all'inizio degli anni 70, seguito da una battuta d'arresto verso il 1978; infatti, dopo l'incidente di Seveso, sono stati eseguiti controlli più accurati che hanno permesso di rilevare la presenza di diossine all'emissione dei fumi di alcuni impianti, dovuta probabilmente a problemi di progettazione o ad una gestione non ottimale. Oggi la situazione è cambiata: la normativa sulle emissioni inquinanti è divenuta più restrittiva, le tecnologie per il trattamento dei fumi sono migliorate, gli impianti esistenti sono stati modificati e in molti casi sono stati installati dei sistemi per il monitoraggio continuo delle emissioni.

La tab. 1 riporta dei dati sull'incenerimento dei rifiuti in alcuni dei principali stati in Europa e nel mondo. Da un suo esame appare chiaro che l'Italia si colloca in una posizione sfavorevole. La quota dei rifiuti inceneriti in Svizzera, Giappone, Danimarca e Svezia è compresa fra il 50 e l'80%; in paesi come Germania, Francia, Olanda, Belgio e Finlandia tale valore si colloca in una fascia compresa tra il 20 e il 50%. Gli Stati Uniti, pur incenerendo solo il 15% degli RSU, manifestano una tendenza alla crescita fino al 30%. Dopo l'Italia (8%) si trovano solo la Spagna (6%) e paesi come Lussemburgo, Grecia, Portogallo ed Irlanda, dove la termoutilizzazione può ritenersi, ai fini pratici, inesistente.

Tab. 1 - Percentuali di incenerimento dei rifiuti in alcuni paesi industrializzati.

| Paese         | percentuale rifiuti inceneriti |
|---------------|--------------------------------|
| Svizzera      | 80                             |
| Giappone      | 68                             |
| Danimarca     | 65                             |
| Svezia        | 50                             |
| Germania      | 40                             |
| Francia       | 35                             |
| Olanda        | 32                             |
| Belgio        | 23                             |
| Gran Bretagna | 18                             |
| Stati Uniti   | 15                             |
| Italia        | 8                              |
| Spagna        | 6                              |
| Lussemburgo   | -                              |
| Grecia        | -                              |
| Portogallo    | -                              |
| Irlanda       | -                              |

Peraltro, la più recente normativa italiana è venuta adeguandosi alle indicazioni comunitarie in materia (Direttive CEE n. 91/156 e 91/689). In particolare per quanto concerne il recupero di energia, sono previsti incentivi alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili: il D.M. del 4/08/94 stabilisce che i prezzi di cessione all'ENEL SpA di energia elettrica prodotta da impianti alimentati con fonti rinnovabili e assimilabili possano variare da 128.1 a 247.0 Lit/kWh. In particolare, nel caso di impiego di biomasse, RSU e/o refuse derived fuel (RDF), la valorizzazione economica del kWh prodotto è di 243.7 Lit per i primi otto anni di esercizio.

Il recupero di energia dall'incenerimento degli RSU presenta ancora alcuni problemi tecnologici irrisolti connessi ai componenti impiegati nel circuito di produzione del vapore che sono esposti ai fumi caldi di combustione. Infatti, l'elevata aggressività chimica dell'ambiente che si produce negli inceneritori induce fenomeni di corrosione ad alta temperatura che riducono la vita di esercizio di tali componenti. Fino ad ora le soluzioni adottate sono state rivolte al contenimento dei valori dei principali parametri di ciclo (temperatura e pressione del vapore), entro limiti che sono risultati penalizzanti per l'efficienza del processo. Inoltre, al danno economico dovuto al minor ricavo per produzione di energia elettrica, si aggiunge anche quello, considerevole, costituito dal mancato conferimento dell'RSU nei periodi di fermata dell'impianto per la sostituzione e/o la

manutenzione dei componenti danneggiati.

Attualmente, l'interesse per la problematica energia dall'incenerimento dei rifiuti è vivo in tutti i paesi industrializzati, come è dimostrato, per esempio, dal numero di progetti europei di ricerca (COST, BRITE, THERMIE, EUREKA) incentrati sullo scopo di aumentare il rendimento di questi impianti.

## 2. Problemi di corrosione riscontrati negli inceneritori di RSU

La termodistruzione dei rifiuti solidi urbani risale alla fine del secolo scorso. Il primo inceneritore, denominato "Destructor", fu costruito in Inghilterra, a Manchester[1], da Alfred Fryer. I primi impianti avevano l'unica funzione di distruggere i rifiuti, allo scopo di ridurre il volume. Già nel 1893 era però operativo ad Amburgo un impianto che produceva vapore e, tra il 1903 ed il 1905, due impianti americani che teleriscaldavano due isolati e generavano anche energia elettrica[2].

Lo sviluppo di impianti di cogenerazione prese piede solo alla fine degli anni '60, allorché, allo scopo di ridurre le emissioni di inquinanti, gli inceneritori furono dotati di sistemi di raffreddamento dei fumi esausti. Infatti, tra i vari accorgimenti adottabili, quali lavaggi con acqua, diluizioni con notevoli quantità di aria o asportazione del calore mediante scambio termico, venne scelta quest'ultima soluzione, che offre l'indubbio vantaggio di produrre e vendere vapore e/o elettricità.

Inizialmente venne applicata la tecnologia di combustione delle centrali termoelettriche alimentate con carbone, anche se la caldaia era solo parzialmente dotata di tubi evaporatori. In seguito, grazie all'aumento del potere calorifico dei rifiuti e all'introduzione dei surriscaldatori, gli inceneritori divennero del tutto simili, come mostrato nella figura 1, alle centrali convenzionali.

Nei primi impianti europei risalenti agli anni '60 furono osservati, dopo tempi relativamente brevi di esercizio, casi molto severi di corrosione. Nel 1965, presso l'impianto parigino di Yssi, che produceva vapore a 410 °C e 51 bar, si verificarono rotture catastrofiche dei tubi evaporatori dopo sole 5000 ore di funzionamento[2]. Il surriscaldatore, installato nel 1969 ed operante a 470 °C e 76 bar fu soggetto a problemi fin dal suo avviamento e solo con l'applicazione di un rivestimento protettivo si riuscì ad ottenere una vita media di un anno. Sempre nel 1965, a Düsseldorf, entrarono in funzione 4 gruppi che operavano con temperatura di vapore di 500 °C e pressione di 90 bar. Il verificarsi di numerose rotture obbligò a ricoprire i tubi ebollitori con materiale refrattario. Su un quinto im-



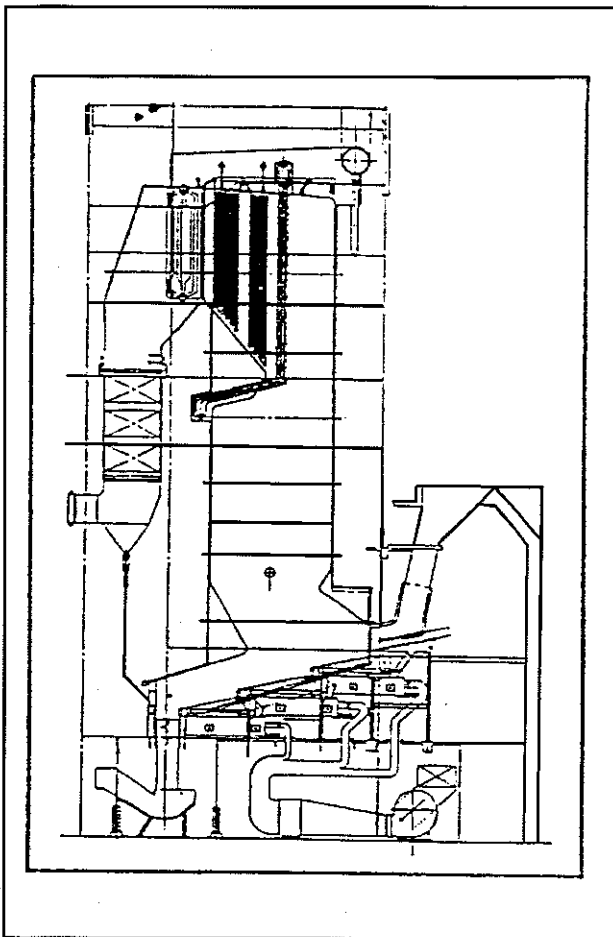


Fig. 1 - Schema di inceneritore di rifiuti solidi urbani.

pianto, entrato in funzione nel 1972, si ebbero, in un quinquennio, 35 rotture di tubi del surriscaldatore e sui tubi irraggiati dalla fiamma si osservarono velocità di corrosione fino a 41 mm/anno. Si sostituì allora il materiale impiegato con un acciaio inossidabile simile all'AISI 347 e, su un successivo impianto, il surriscaldatore venne spostato in una regione a temperatura inferiore[3]. Ad Amburgo (1970, 410 °C, 41 bar) sui tubi evaporatori, ricoperti con materiale refrattario, si riscontrarono velocità di corrosione pari a 1,32 mm/anno. Non si osservarono problemi particolari sul surriscaldatore[2]. Invece, nell'inceneritore di Mannheim-North (1965), dove il vapore veniva prodotto a 525 °C e 125 bar, i tubi evaporatori ebbero una vita di sole 3000 ore e quelli surriscaldatori di sole 2000 ore. La frequenza del danneggiamento venne ridotta diminuendo la potenza dell'impianto del 25%[4]. Fenomeni simili si verificarono anche nell'impianto di Stoccarda (525 °C)[5]. Negli impianti di Rosenheim e di Stoccolma i problemi di corrosione vennero ridotti abbassando la temperatura rispettivamente da 500 °C a 425 °C e da 360 °C a 315 °C[3].

Gli impianti americani furono progettati in maniera più conservativa. Nonostante ciò in parecchi di essi furono

riscontrati severi problemi di corrosione. In un impianto di New York, con temperatura di vapore di 240 °C, le rotture dei tubi iniziarono già nel primo anno di funzionamento (1965). L'analisi dei tubi danneggiati dimostrò l'importanza del ruolo giocato dal cloro e dalla temperatura dei gas di combustione (982-1038 °C)[6]. A Nashville[7] ed a Harrisburg[8], furono osservati fenomeni di corrosione/erosione nella zona di caldaia in corrispondenza dei soffiatori. La tecnologia di incenerimento, sviluppata negli USA, si è adeguata gradualmente, a partire dal 1980, con la costruzione di impianti aventi caratteristiche di processo (427 °C e 63 bar) paragonabili a quelli europei.

Una recente ricerca bibliografica di Krause[9] riassume le varie contromisure adottate per superare i problemi riscontrati in vari inceneritori europei ed americani:

- ricoprimento dei tubi con carburo di silicio (SiC);
- applicazione di rivestimenti protettivi;
- adozione di bruciatori secondari od immissione di aria secondaria per completare la combustione;
- utilizzo di schermi di acciaio inossidabile;
- impiego dell'acciaio inossidabile nei tubi evaporatori;
- spostamento del surriscaldatore in una regione della caldaia a temperatura inferiore;
- riduzione della velocità dei gas di combustione;
- riduzione della frequenza di pulitura e della pressione del fluido dei soffiatori;
- applicazione di branchetti sacrificali sui tubi per impedire la deposizione delle ceneri;
- diminuzione della potenza dell'impianto;
- riduzione della temperatura del vapore;
- addizione di additivi.

Gli accorgimenti adottati non sono risultati efficaci in tutti i casi e, quando hanno contribuito a ridurre la severità degli attacchi corrosivi, hanno in linea generale portato ad una riduzione del rendimento.

### 3. Processi corrosivi

Le tipologie ed i meccanismi di corrosione negli impianti di incenerimento degli RSU sono simili a quelli riscontrati negli impianti convenzionali dove viene utilizzato polverino di carbone. Gli attacchi corrosivi sono però più severi negli impianti di termodistruzione a causa della maggiore quantità di specie corrosive, come composti clorurati e metalli pesanti, presenti nell'atmosfera di combustione, che si concentrano nei depositi sulla superficie degli scambiatori di calore.

Tab. 2 - Composizione dei gas derivanti dalla combustione dei rifiuti [10].

| Specie  | mol%     | ppm      |
|---|----------|----------|
| N <sub>2</sub>  | 10-100   |          |
| CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>                         | 1-10     |          |
| CO, SO <sub>2</sub> , NO, HCl   | 0.01-0.1 | 100-1000 |
| NO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> ,<br>acidi organici, idrocarburi        |          | 10-100   |
| HF  |          | 1-10     |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , fosfati |          | 0.1-1    |
| KCl, NaCl, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HClO, Cl <sub>2</sub>        |          | 0.01-0.1 |

Tab. 3 - Composizione dei depositi presenti su tubi evaporatori e surriscaldatori [10].

| Analisi spettrografica (semi-quantitativa) dei depositi (%) |                                |             |      |
|---|--------------------------------|-------------|------|
| elemento  | composto                       | evaporatori | SH   |
| Si  | SiO <sub>2</sub>               | 3.3         | 8.0  |
| Al  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.3         | 5.0  |
| Fe  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | abbondante  | 1.0  |
| Ti  | TiO <sub>2</sub>               | 3.0         | 0.7  |
| Ca  | CaO                            | 2.5         | 7.6  |
| Mg  | MgO                            | 0.2         | 1.3  |
| Na  | Na <sub>2</sub> O              | 20.9        | 7.1  |
| Cu  | CuO                            | 0.4         | 0.3  |
| Zn  | ZnO                            | 2.3         | 11.0 |
| Pb  | PbO                            | 1.2         | 22.0 |
| Sn  | SnO <sub>2</sub>               | 0.2         | 0.7  |
| C   | -                              | 5.7         | ?    |
| S   | SO <sub>3</sub>                | 2.7         | 37.1 |
| Cl  | -                              | 22.7        | 0.18 |
| K   | K <sub>2</sub> O               | 6.1         | 9.4  |

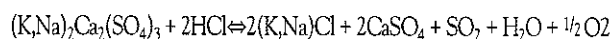
Analisi XRD

| quantità   | evaporatori   | SH   |
|------------|---|--|
| abbondante | NaCl  | PbO/PbSO <sub>4</sub><br>(Na,K) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| scarso     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> | CaSO <sub>4</sub> , SiO <sub>2</sub>                         |

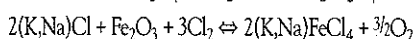
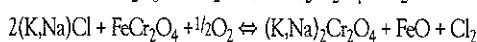
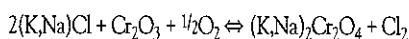
Nella tab. 2[10] è riportata, tratta dal riferimento [24], la composizione dei gas di combustione, che in generale è da ritenere abbastanza variabile. Il cloro nei rifiuti urbani è presente principalmente nei materiali plastici, quali il cloruro di polivinile (PVC), e nei composti inorganici, come il cloruro di sodio (NaCl), e la sua concentrazione può raggiungere valori di 2,06%[11]. Con riferimento a tale valore di concentrazione e secondo le

modalità di combustione, la presenza del cloro nei fumi caldi si stima pari a  $8 \times 10^{-6}$  kg/kcal. In condizioni operative corrette, con eccesso di aria normale, il cloro è presente nei gas di combustione come acido cloridrico, poiché i cloruri non sono termodinamicamente stabili. Tuttavia, essendo il controllo della combustione negli inceneritori abbastanza difficoltoso, in particolare quando si bruciano rifiuti massivi, possono instaurarsi condizioni locali sottostechiometriche, nelle quali i cloruri sono stabili. Per concentrazioni di HCl nei gas caldi pari a 10 ppm, essi possono depositarsi sulle superfici dei tubi a temperatura inferiore a 632°C[12]. Per questa ragione la presenza di NaCl è stata riscontrata nei depositi prelevati in zona tubi evaporatori, ma non in quella delle serpentine dei tubi surriscaldatori (tab. 3[10]). Alcune esperienze hanno mostrato che la corrosione dell'acciaio al carbonio, in inceneritori municipali, è strettamente correlata alla quantità di PVC presente nei rifiuti[13].

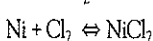
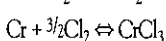
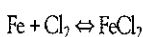
Recentemente è stato proposto in letteratura[14] un meccanismo (fig. 2) che prevede la formazione di NaCl per reazione dell'acido cloridrico con i composti solforati presenti nei depositi:



I rifiuti contengono anche elevate quantità di alcali e di metalli pesanti (piombo, zinco, cadmio, mercurio), che, se clorurati, hanno, non solo punti di fusione relativamente bassi, ma possono anche formare eutettici, con temperatura di fusione inferiori a 200°C[15] (fig. 3 e 4). Se i composti clorurati sono allo stato liquido si possono verificare velocità di corrosione molto elevate, in quanto il sale fuso ha un'elevata capacità di dissoluzione verso gli ossidi metallici, con reazioni del tipo



che avvengono sotto il deposito, che agisce da barriera alla diffusione dell'ossigeno verso il metallo. In queste condizioni il cloro può reagire anche direttamente con gli elementi presenti nella lega



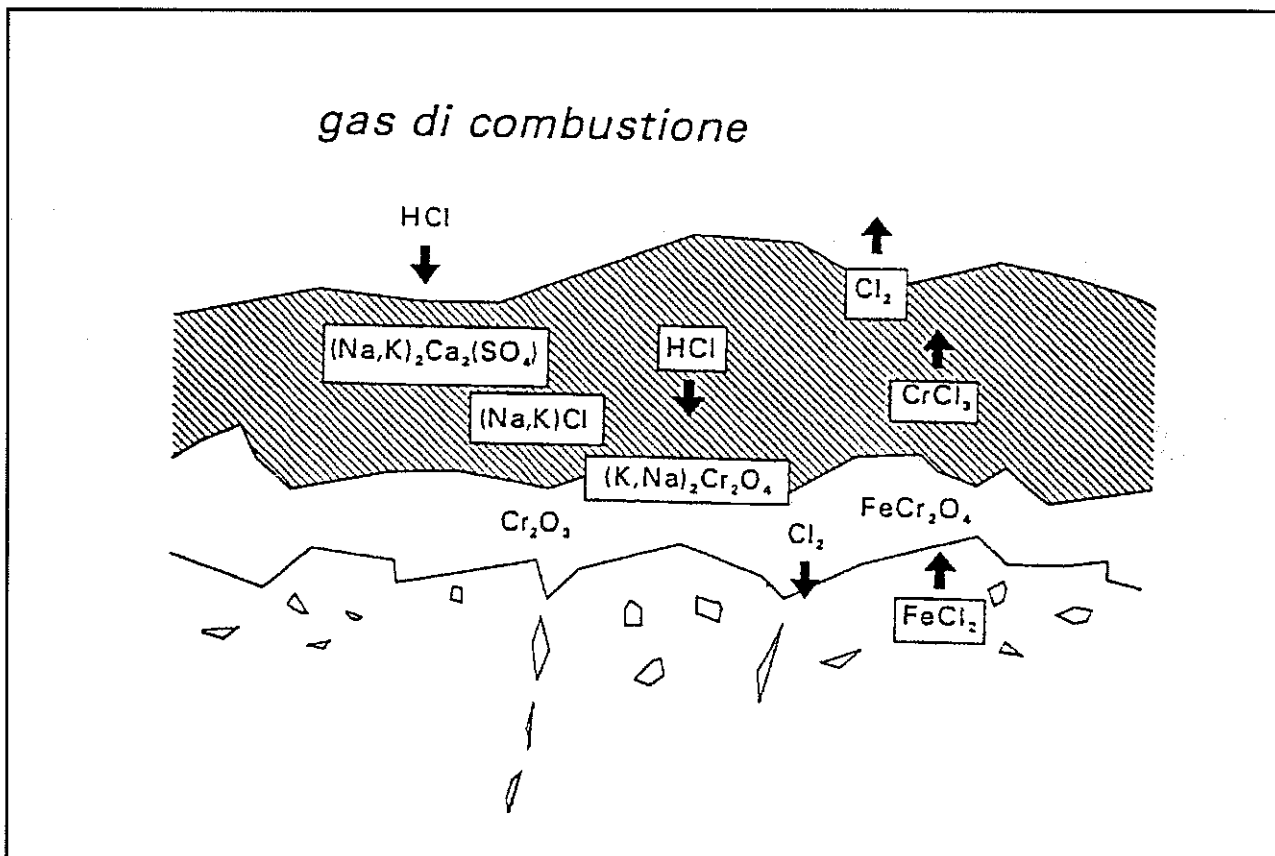


Fig. 2 - Illustrazione del meccanismo di attacco da cloro.

formando cloruri volatili, che diffondono attraverso la scaglia di ossidi ed il deposito, giungono a contatto con i gas di combustione ricchi in ossigeno, e, riossidandosi, costituiscono una scaglia molto porosa, non protettiva. L'attacco da cloruri si manifesta con la presenza di cavità lungo i bordi di grano, dovute alla volatilità dei cloruri degli elementi di lega. Altri meccanismi di attacco sono dovuti ai composti dello zolfo. Uno di essi è simile a quello che si verifica nella caldaie alimentate a carbone, noto fin dagli anni '40 come attacco da trisolfati. Tale forma di attacco si manifesta generalmente a temperature superiori a quelle dell'attacco da cloruri (fig. 5) e coinvolge in particolare i surriscaldatori. Se però la pressione parziale di anidride solforica ( $pSO_3$ ) nei gas è sufficientemente elevata (concentrazione di  $SO_3 > 2500$  ppm)[16] gli alcali possono formare composti complessi, quali i piro-solfati  $(Na,K)_2S_2O_7$ , con punti di fusione a 300-400C (fig. 3), prossimi alle temperature dei tubi evaporatori. Alti valori  $pSO_3$  possono però derivare dalla catalisi, dovuta alle superfici metalliche, o per dissociazione dei solfati presenti nella zona più calda dei depositi[17]. Esistono invece dei dubbi se i trisolfati complessi  $(Na,K)_3Fe(SO_4)_3$  siano effettivamente gli agenti aggressivi oppure semplicemente i prodotti di reazione con i materiali metallici. Un meccanismo simile, in grado di dissolvere le scaglie di ossidi protettivi, è noto come fluidificazione della scaglia, che si manifesta nelle due forme acida

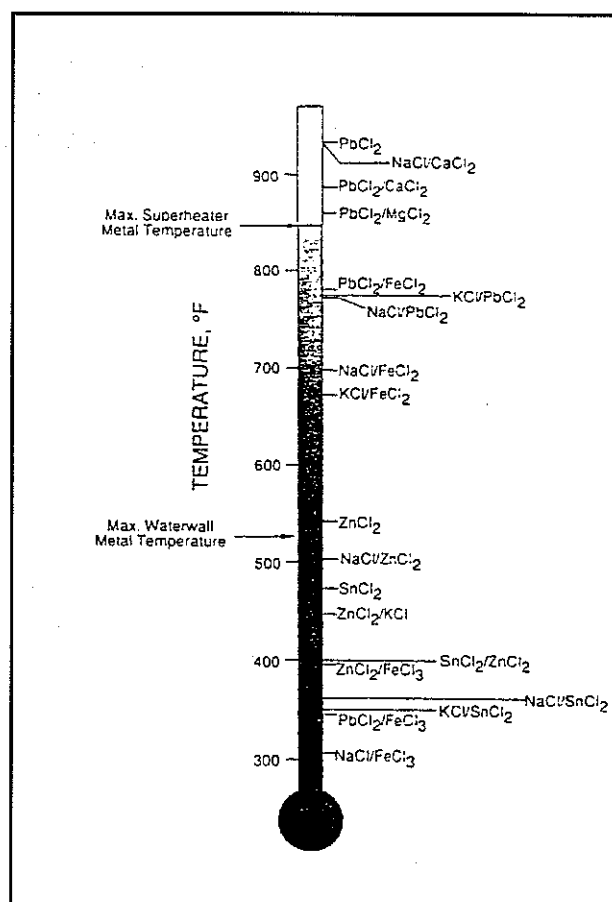


Fig. 3 - Miscele eutettiche di sali di cloro di possibile formazione nei depositi e loro temperatura di fusione<sup>[15]</sup>.

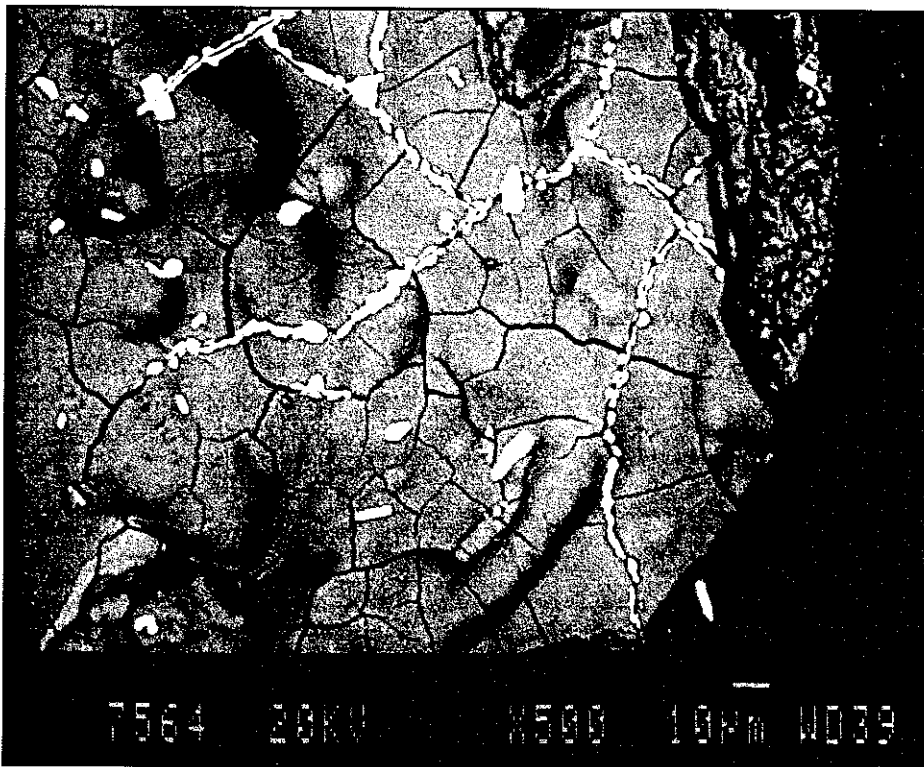
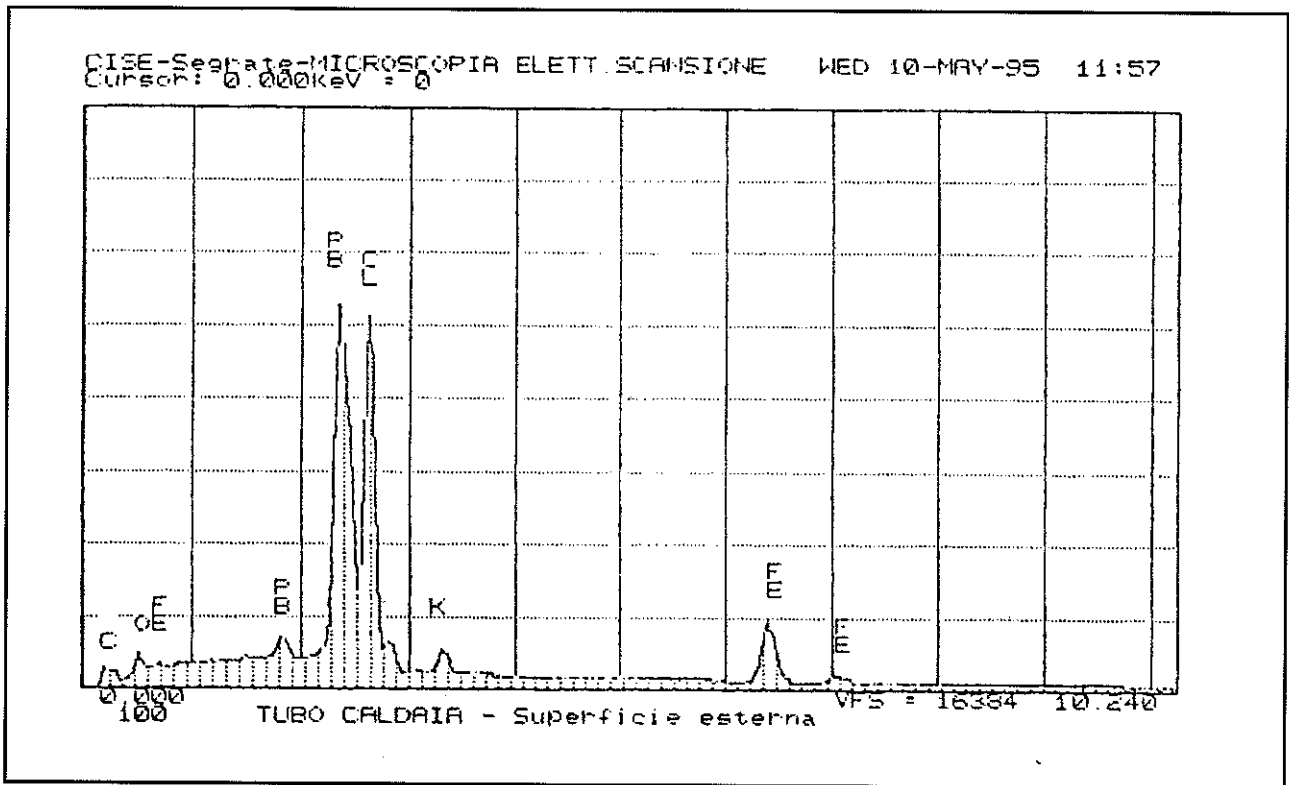
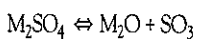


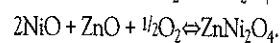
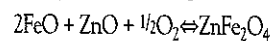
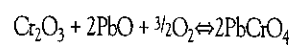
Fig. 4 - Immagine SEM e spettro EDS di un deposito contenente cloruri di Pb bassofondenti.

e basica. In entrambi i casi è necessaria la presenza di solfati fusi (fig. 6). Il processo di fluidificazione della scaglia è controllato dall'equilibrio



ove  $M = Na, K, Pb, Zn$ . Quando il valore dell'attività di  $M_2O$  ( $a_{M_2O}$ ) è alto, si è in condizioni di fluidificazione ba-

sica, che è caratterizzata dagli equilibri:



Quando, invece, è  $pSO_3$  ad assumere valori elevati, l'attacco, che si esplica attraverso gli equilibri

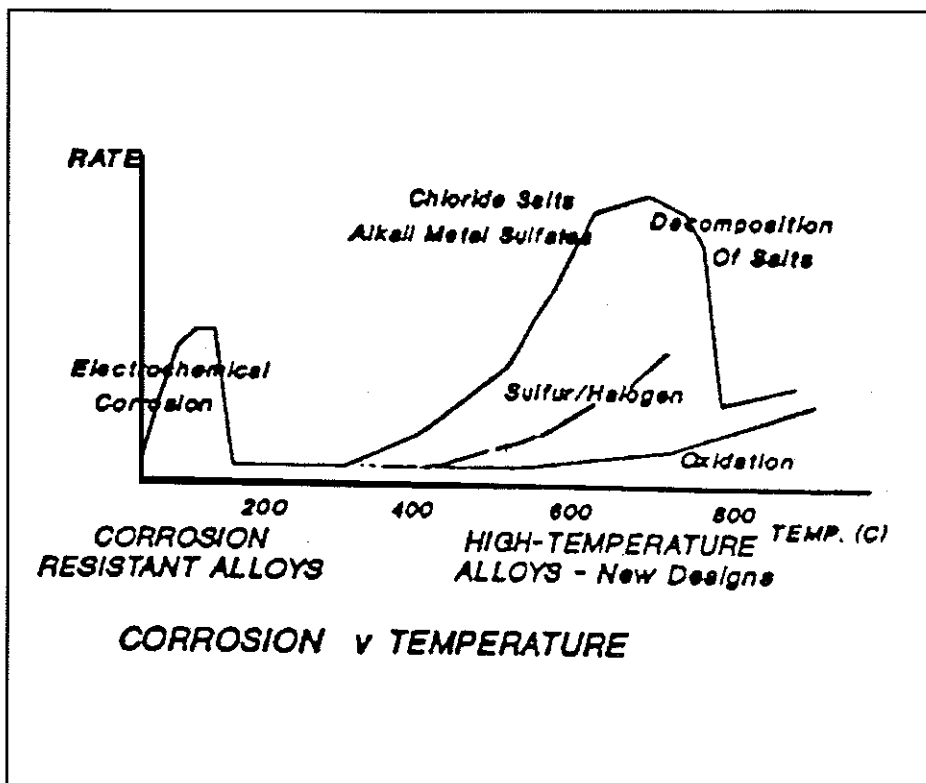
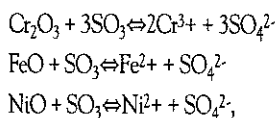
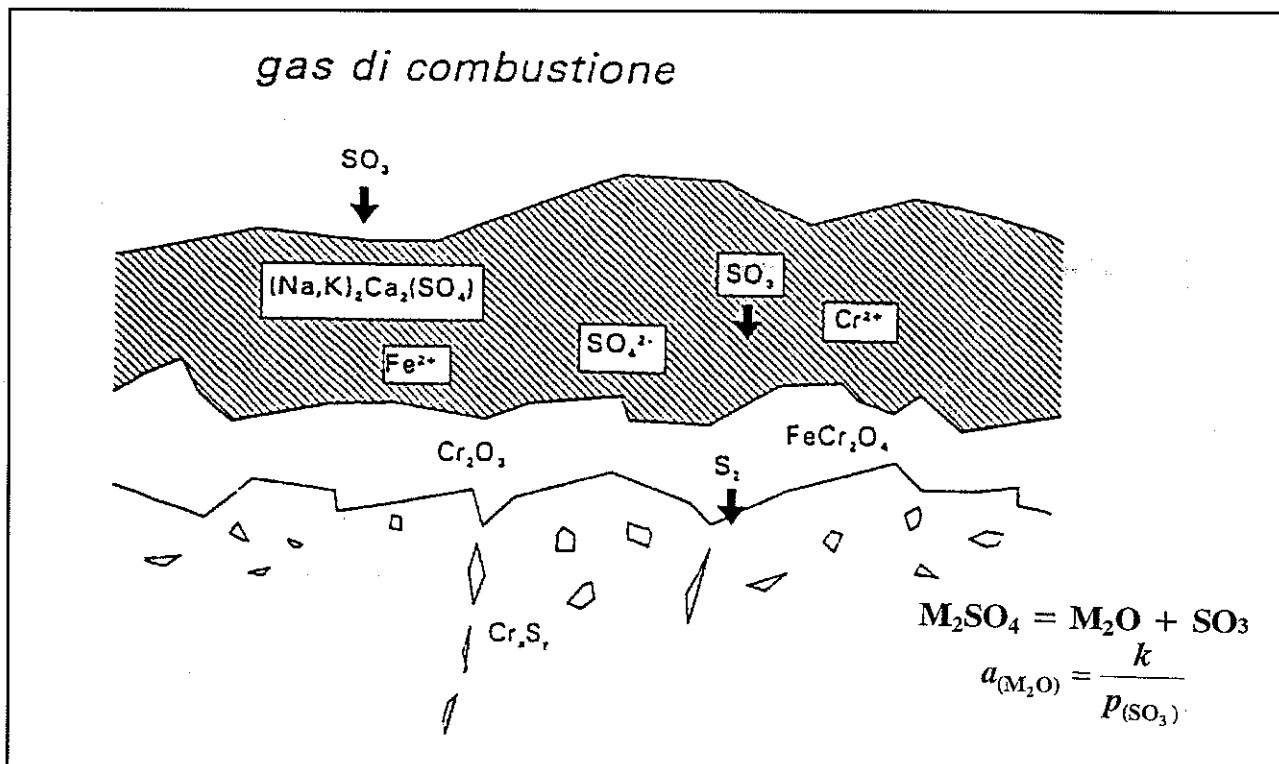


Fig. 5 - Andamento della velocità di corrosione e meccanismi di attacco in funzione della temperatura di metallo.

Fig. 6 - Schematizzazione del meccanismo di attacco da zolfo per fluidificazione della scaglia

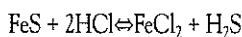


viene definito fluidificazione acida.

L'attacco da solfuri si manifesta sotto forma di ossidazione/solfurazione interna, che si sviluppa preferenzialmente lungo il bordo dei grani.

I rifiuti urbani contengono generalmente bassi tenori di zolfo. Di conseguenza il problema della corrosione da composti dello zolfo è di gran lunga inferiore a quello originato dai composti del cloro. Per quanto riguarda l'azione congiunta di cloro e zolfo, vengono distinte, in letteratura due situazioni. Nella prima l'azione aggressiva del cloro può venire accelerata dalla presenza di solfuri, prodotti, nelle zone di caldaia a bassa concentrazione di

ossigeno e ad alta concentrazione di monossido di carbonio (CO)[18], dalla decomposizione dei solfati. Infatti, in queste condizioni si può innescare un meccanismo di ossidazione/solfatazione/clorurazione regolato dall'equilibrio



che ha carattere catastrofico.

Nella seconda situazione, tipica delle condizioni ossidanti, si ha la solfatazione dei cloruri alcalini da parte delle anidridi di zolfo, con lo sviluppo di un attacco da solfati e l'inibizione della corrosione dovuta al cloro.

Un altro elemento aggressivo tipico dell'ambiente dell'inceneritore è il fluoro. I composti fluorurati sono più stabili e meno volatili di quelli clorurati. Tuttavia la maggiore diffusività e solubilità del fluoro rispetto al cloro ed all'ossigeno possono produrre fenomeni di fluorurazione interna[18]. In presenza di fluoro, contrariamente a quanto avviene nella maggior parte dei casi, il cromo ha un effetto negativo sulla stabilità della lega, in quanto può verificarsi la formazione di fluoruri di cromo non protettivi  $\text{Cr}_x\text{F}_y$  e/o di eutettici basso-fondenti[19]. Anche le leghe contenenti cobalto non sembrano utilizzabili in quanto suscettibili a corrosione di tipo catastrofico per ossidazione/fluorurazione[19].

Va infine ricordata, in analogia quanto avviene negli impianti di gassificazione del carbone, la particolare forma di attacco di tipo elettrochimico denominata downtime corrosion (DTC), che si verifica durante i transitori di avviamento e spegnimento. Essa è originata dai depositi clorurati igroscopici e/o deliquescenti, che, in presenza di umidità, si idrolizzano dando origine a HCl. Nel caso degli acciai inossidabili austenitici in prossimità delle zone termicamente alterate delle saldature e di quelle soggette a sollecitazioni meccaniche, l'HCl prodotto è in grado di innescare fenomeni di corrosione generalizzata o localizzata (corrosione sotto tensione e/o vaiolatura)[20,21].

## 5. Metodi per ridurre il danneggiamento da corrosione

Il problema della corrosione negli inceneritori di RSU può essere prevenuto, o quanto meno minimizzato, variando le caratteristiche di progetto, le condizioni di esercizio, la composizione del combustibile, modificando l'ambiente mediante additivi di combustione o, infine, scegliendo opportunamente i materiali dei fasci tubieri.

### 5.1 Caratteristiche di progetto e delle condizioni di esercizio

L'abbassamento della temperatura dei fumi ha l'effetto

di rallentare la velocità di corrosione[15,22] (figg. 7 e 8). Esso viene ottenuto inserendo gli scambiatori di calore in zone sufficientemente lontane dalla camera di combustione[23] (fig. 9) o, in alternativa, mediante inserzione di un fascio di tubi raffreddati ad acqua o di sistemi di insufflazione di aria in caldaia, prima che i gas vadano a lambire i tubi del generatore di vapore.

Altri sistemi prevedono l'installazione in posizione verticale dei fasci tubieri e l'adozione di tecniche di pulizia meccanica (rapping), in sostituzione di quelli a soffiatura a vapore, che non danneggiano le scaglie di ossidi protettivi e non introducono umidità nei depositi[24].

Infine per ottenere una riduzione della temperatura di parete del metallo, si può esercire l'impianto con il gas di combustione ed il fluido termovettore in equicorrente.

### 5.2. Variazioni della composizione del combustibile

Un altro metodo per ridurre la corrosione dei componenti consiste nel trattare il rifiuto, in modo da "diluire" la concentrazione del cloro e/o impedire la formazione dell'acido cloridrico e dei cloruri alcalini.

Esperimenti condotti negli Stati Uniti hanno dimostrato che l'aggiunta dell'1,5% di zolfo al rifiuto ha ridotto notevolmente la concentrazione di cloro nei depositi delle sonde utilizzate per monitorare l'impianto. Con tale trattamento la velocità di corrosione dei tubi della caldaia si è drasticamente ridotta[25] (fig. 10). Tale fenomeno si spiega tenendo presente la solfatazione dei cloruri. Utilizzando tali processi, che favoriscono la formazione dei solfati rispetto ai cloruri, si può aumentare la temperatura del vapore, anche se esiste il rischio di innescare la corrosione da tri- o piro-solfati ed i fenomeni di fluidificazione.

### 5.3. Additivi

Il problema della corrosione può essere affrontato anche mediante il trattamento dei fumi direttamente in caldaia. Sono noti[13] processi di additivazione di prodotti a base di  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  o di calce. Queste sostanze reagiscono con l'HCl formando  $\text{MgCl}_2$  e  $\text{CaCl}_2$ , che hanno un punto di fusione superiore a quello degli altri cloruri alcalini.

### 5.4. Materiali

La selezione dei materiali ottimali per gli scambiatori di calore degli impianti di incenerimento degli RSU necessita di dati sulla loro resistenza all'aggressività chi-

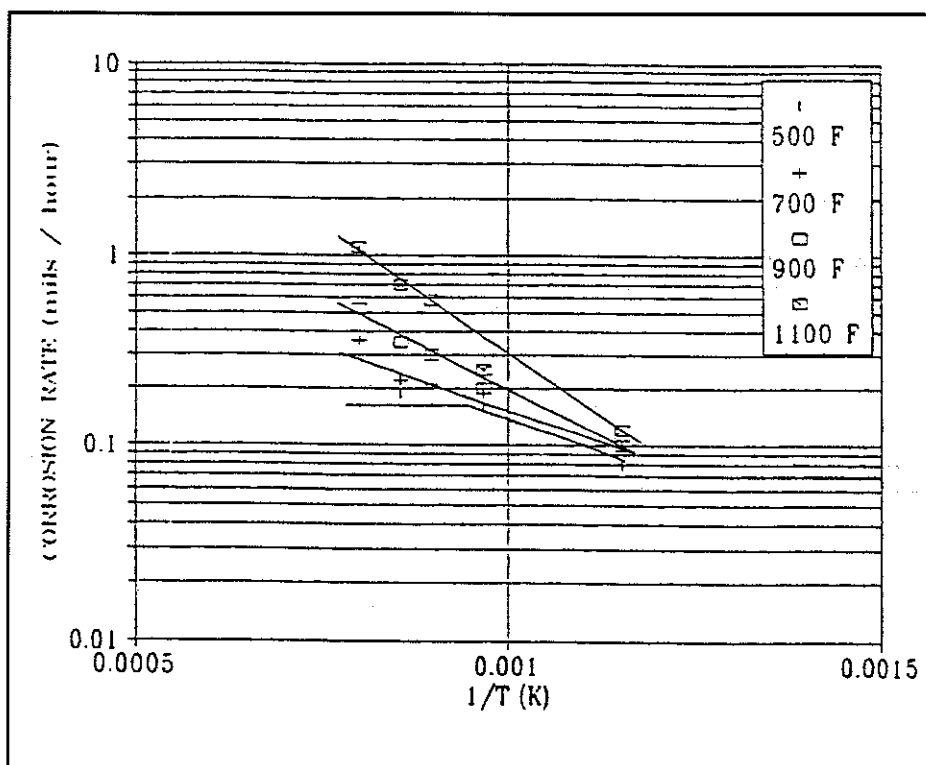


Fig. 7 - Andamento della velocità di corrosione in funzione della temperatura dei fumi[15].

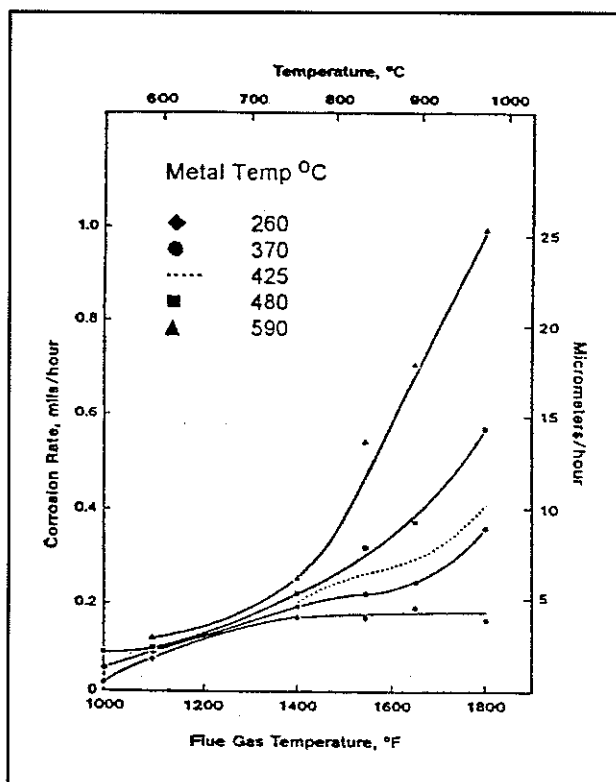


Fig. 8 - Andamento della velocità di corrosione in funzione della temperatura dei fumi[22].

mica dell'ambiente di lavoro. La raccolta di tali dati può essere effettuata mediante prove in laboratorio, in ambiente simulante l'atmosfera di combustione, o esponendo campioni dei materiali esaminati direttamente in campo. A causa della difficoltà di riprodurre il complesso ambiente dell'inceneritore, le prove di laboratorio

vengono utilizzate per ottimizzare la composizione dei materiali o per selezioni preliminari. L'esposizione in campo di sonde di corrosione è, invece, largamente predominante in letteratura, benché il controllo delle loro condizioni operative sia difficoltoso, a causa delle continue oscillazioni della composizione e della temperatura dei gas di combustione, dovute alle variazioni nella composizione dell'RSU.

Sistemi per il monitoraggio "in situ" della corrosione sono stati sviluppati sia dal CISE che dall'ENEL. Alcuni di essi, che utilizzano sonde raffreddate con aria, sono stati qualificati dal CISE presso gli inceneritori milanesi AMSA e sono ora disponibili commercialmente.

Le sonde del tipo a scambio termico (fig. 11) erano realizzate con leghe commerciali e rivestimenti protettivi. Nell'istogramma di figura 12 sono riportati i risultati di tali prove. Si osserva che, pur se sottoposti a temperatura superiore a quella di esercizio del surriscaldatore di vapore, la velocità di corrosione dei materiali innovativi risulta inferiore di almeno un ordine di grandezza rispetto a quella del T22. Alcuni rivestimenti appaiono promettenti, anche se è necessario ottimizzare il processo di deposizione.

La letteratura attualmente disponibile sull'impiego di materiali avanzati fornisce una discreta quantità di dati, che presentano una dispersione significativa, in funzione dell'impianto in cui sono state effettuate le prove.

Malgrado ciò, è possibile trarre alcune indicazioni:

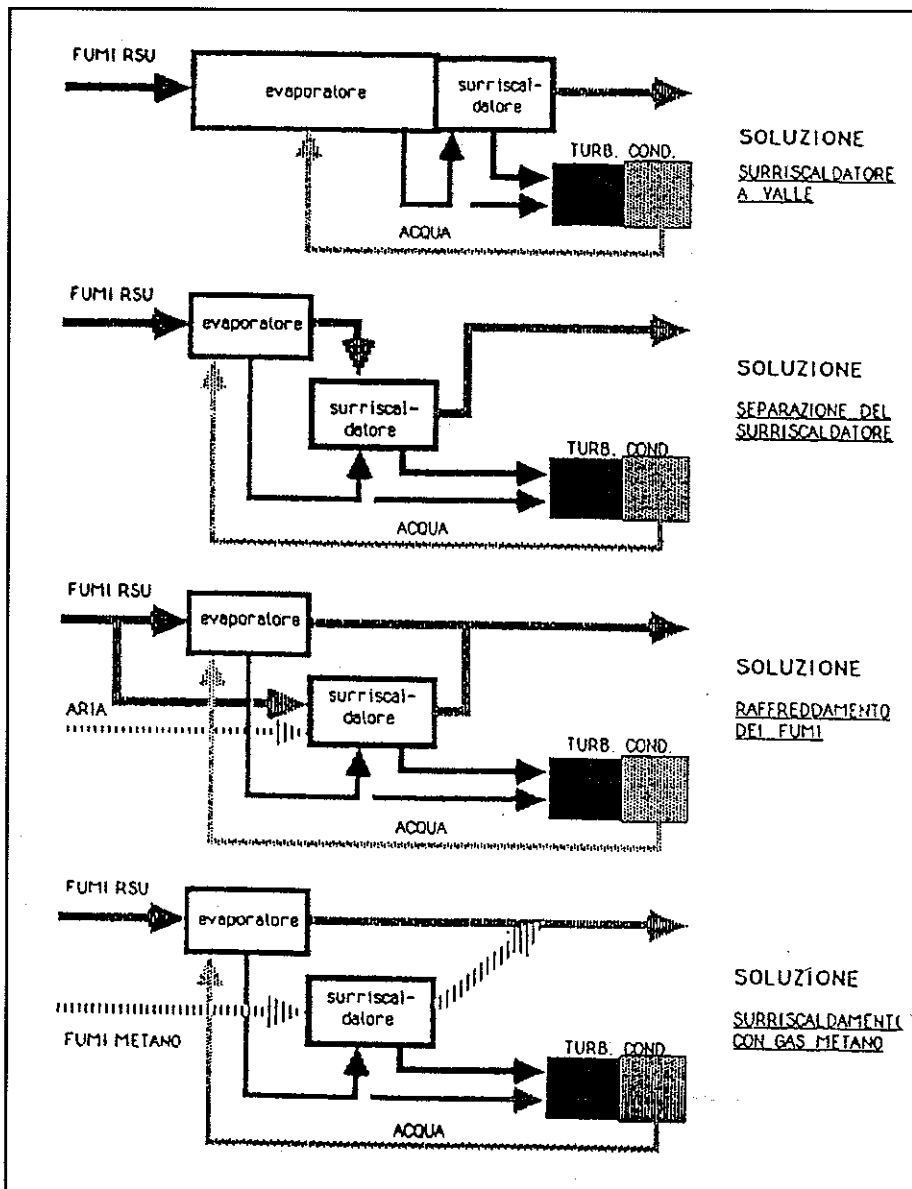


Fig. 9 - Soluzioni costruttive per l'esposizione del surriscaldatore a temperature inferiori dei fumi di combustione[23].

- tra i materiali massivi, solo gli acciai altolegati e le leghe a base nichel possono fornire prestazioni adeguate;
- in particolare, le leghe a base di nichel sembrano avere prestazioni migliori di quelle a base ferro. Le leghe Inconel 600, 625 e 690 e quelle Incoloy 800 e 825, ad esempio, hanno mostrato un buon comportamento nelle condizioni di esercizio degli evaporatori[26], così come in quelle del surriscaldatore (velocità di corrosione pari a  $0,1 \div 0,2$  mm/anno[27]); le leghe base nichel, inoltre, sono favorite rispetto agli acciai inossidabili austenitici in quanto non sono suscettibili a SCC dai cloruri presenti nei depositi in caso di assorbimento di umidità durante i transitori di esercizio. Il loro impiego, però, è spesso condizionato da difficoltà di saldatura o, più in generale, di fabbricazione dei tubi. Ciò ha mantenuto vivo l'interesse per le leghe a base ferro, che sono attualmente oggetto di studi, da parte dei principali produttori europei, indirizzati verso l'individuazione di elementi leganti mi-

nori che conferiscano loro una maggiore stabilità chimica;

- la possibilità di impiego di leghe difficilmente lavorabili, sottoforma di rivestimenti a materiali meno pregiati, applicati con tecnologie che vanno dalla diffusione in cassetta alla deposizione al plasma, è oggetto di studio;
- l'applicazione della tecnologia di costruzione ha fornito risultati contrastanti, ad esempio, con tubi coestrusi di AISI 304 su acciaio al carbonio provati in inceneritori attualmente in servizio[10].

L'impiego di materiali metallici pregiati o di tecnologie più costose può ritenersi giustificato sia dalle migliori prestazioni ottenibili dall'impianto, sia dal fatto che il costo del materiale (tab. 4) costituisce una quota minore rispetto ai costi di sostituzione dei componenti e di fermo esercizio.



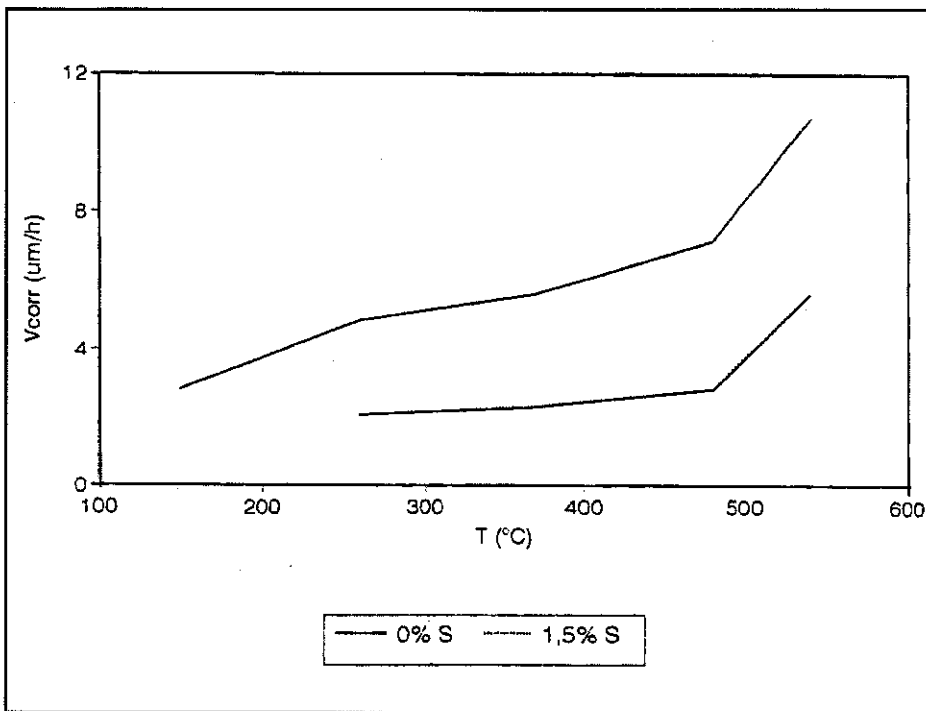


Fig. 10 - Effetto dell'aggiunta di zolfo sulla velocità di corrosione[25].

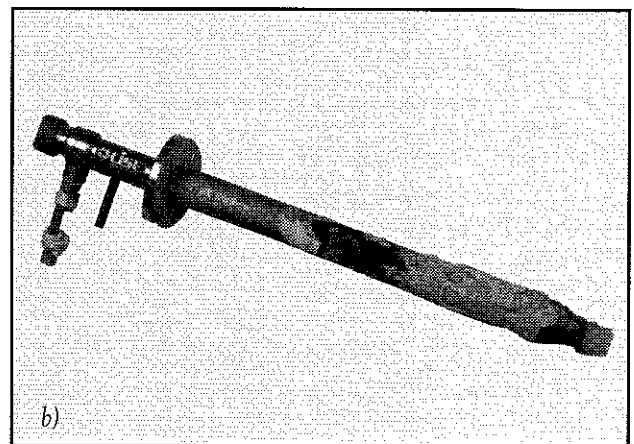
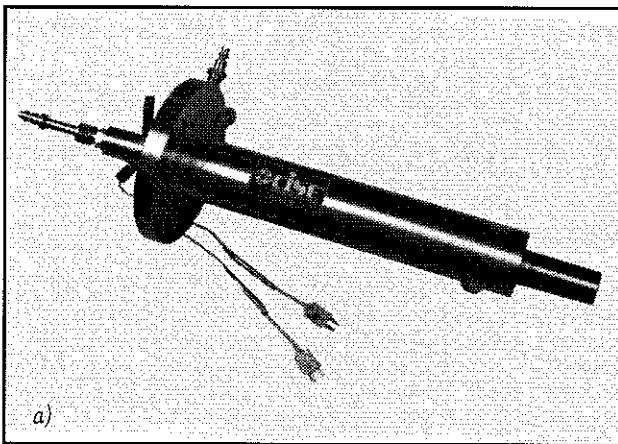


Fig. 11 - Foto delle sonde a scambio termico per l'esposizione di materiali in inceneritore:  
a) sonda tal quale,  
b) sonda dopo 500 ore di esposizione.

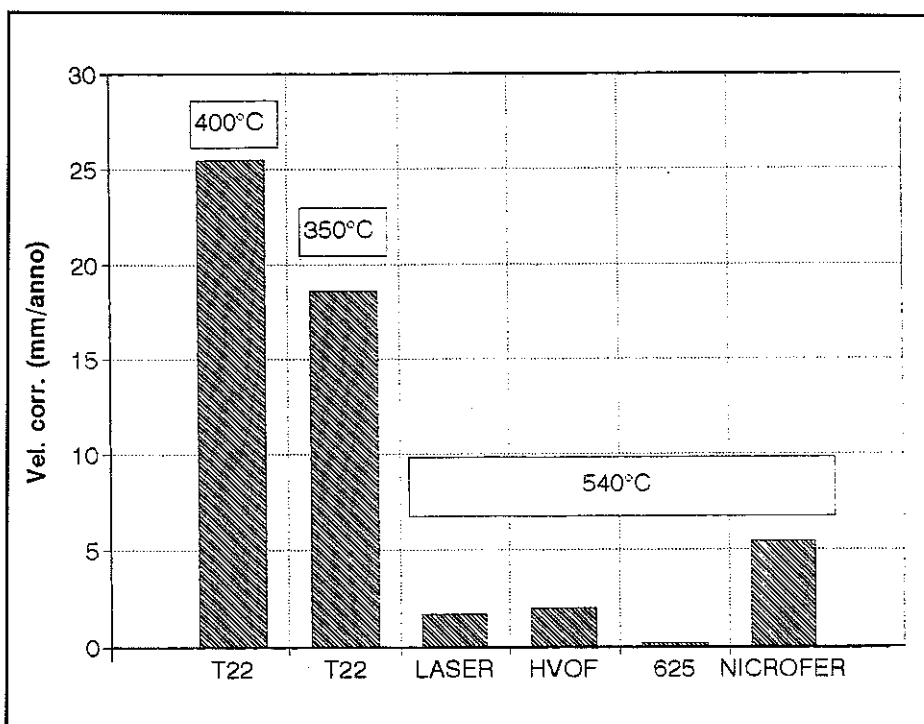


Fig. 12 - Istogramma della velocità di corrosione di materiali e rivestimenti esaminati in campo con sonde a scambio termico.

Tab. 4 - Confronto dei costi relativi dei materiali.

| materiale           | velocità di corrosione<br>(mils/year) | costo relativo |
|---------------------|---------------------------------------|----------------|
| acciaio al carbonio | >191                                  | 1              |
| AISI 410            | 71                                    | 2              |
| AISI 304            | 42                                    | 3              |
| AISI 321            | 18                                    | 4              |
| AISI 316            | 32                                    | 6              |
| Alloy 825           | 14                                    | 14             |
| 20Cb320             | 15                                    |                |
| Alloy 600           | 3.2                                   | 16             |
| Titanio2.5          | 18                                    |                |
| Alloy 625           | 2.4                                   | 34             |
| C-276<0.3           | 37                                    |                |
| Alloy 263           | 1.4                                   | 53             |

## 6. Conclusioni

- L'RSU può convenientemente essere riutilizzato come fonte di energia, mediante la combustione negli inceneritori con recupero di calore e produzione di energia elettrica, anche, e soprattutto, perché negli ultimi anni molti passi avanti sono stati fatti per quanto riguarda il contenimento delle specie inquinanti, in particolare le diossine ed i furani, che per lungo tempo hanno rappresentato un ostacolo alla diffusione di questa tecnologia.
- A causa della variabilità della composizione chimica degli RSU, negli inceneritori si possono instaurare una varietà di processi corrosivi, con meccanismi molto complessi; la specie più aggressiva è sicuramente il cloro, che reagendo con gli alcali (sodio, potassio e calcio) e con i metalli (zinco, piombo, cadmio e mercurio), provoca la formazione di miscele eutettiche basso-fondenti, che essendo liquide anche a basse temperature, sono molto corrosive; altre forme di corrosione possono essere indotte da zolfo, fluoro e metalli fusi; il problema della corrosione si manifesta in modo molto severo, tanto da richiedere frequenti sostituzioni dei fasci tubieri del generatore di vapore e del surriscaldatore.
- L'alta velocità di corrosione penalizza notevolmente il rendimento degli attuali impianti, in quanto si tende a proteggere i tubi con materiali refrattari, diminuendo lo scambio termico, o ad abbassare la temperatura dei fumi di combustione, e di conseguenza quella del vapore, od infine a spostare il surriscaldatore fuori dalla zona primaria di caldaia, non sfruttando il calore di irraggiamento; in questo modo l'energia elettrica prodotta risulta essere inferiore a quella effettivamente ricavabile.
- Il problema della corrosione negli inceneritori RSU può

essere prevenuto, o quanto meno ridotto, mediante accorgimenti quali variazioni delle caratteristiche di progetto e/o delle condizioni di esercizio, modifiche della composizione del combustibile, iniezioni di additivi in caldaia o sostituzione dei materiali dei fasci tubieri. Le prime due contromisure si possono dimostrare efficaci, ma prevedono condizioni operative moderate, e quindi penalizzanti dal punto di vista energetico; le altre tre, che invece prevedono la possibilità di operare in condizioni di esercizio più spinte, con una maggiore produzione di energia elettrica, necessitano la caratterizzazione del comportamento alla corrosione dei nuovi materiali candidati alla sostituzione di quelli attualmente impiegati, e la verifica dell'efficacia dei trattamenti di additivazione; la sperimentazione può essere eseguita mediante prove di laboratorio, in condizioni che simulano l'ambiente dell'inceneritore, o direttamente in impianto, utilizzando sonde mantenute a temperatura costante mediante raffreddamento.

- I produttori di materiali sono in grado di fornire leghe resistenti alla corrosione; il loro costo è maggiore di quello degli acciai basso-legati, ma questo fattore non deve sembrare penalizzante, in quanto l'incidenza del costo del materiale su quello complessivo del generatore di vapore è sicuramente inferiore al danno economico conseguente alle fermate non programmate ed alla sostituzione dei componenti danneggiati, che impediscono lo smaltimento dei rifiuti e la produzione di energia elettrica.

## Bibliografia

- [1] W.H. Maxwell, Proc. Inst. Civil. Eng., 122 (1967), p.443.
- [2] P.R. Beltz et al., "Evaluation of European Refuse-Fired Energy Systems Design Practices", Battelle Report to U.S.Environmental Protection Agency, March 15, 1979.
- [3] R.E. Sommerlad, C.H.Marks, "A new Concept Separately Fired Superheaters for Waste-to-Energy Plants", Incinerating Municipal and Industrial Waste, ed. R.W.Bryers, Hemisphere Publishing Corp., New York, NY (1990), p. 119.
- [4] H. Hilsheimer, Proc. of the National Incinerator Conference, May 1970, ASME, New York, NY (1970), p. 93.
- [5] F. Novak, Combustion 40, 11 (1968), p. 32.
- [6] C.O. Velzy, "Corrosion Experience in Incineration", CORROSION 74, Paper N 133, NACE, Houston, TX (1974).

- [7] R.B. Engdahl, "Identification of Technical and Operating Problems of Nashville Thermal Transfer Waste-to-Energy Plant", Battelle Report BML-1947 to U.S.ERDA, February 25, 1976.
- [8] H.H. Krause et al., "Corrosivity Studies in Coincineration of Sewage Sludge and Solid Waste", U.S. EPA Report IERL-CI-602, Dec. 1978.
- [9] H.H. Krause, *Mat. Perform.*, March 1994, pp. 6369.
- [10] P.L. Daniel et al., *Mat. Perform.*, 27, 5, (1988), p. 22.
- [11] E.E. Hugues, "Power Generation from Waste: USA Experience and Future Perspectives", presented at Garbatech: Waste Incineration and Materials, NACE, Amsterdam, The Netherlands, May 1991.
- [12] I.G. Wright et al., "Effect of Chlorine on Materials Performance in the Fireside Circuit of Pulverized Coal-Fired Boilers", Proc. of the 1st International Conference on Heat-Resistant Materials, K.Natesan and D.J.Tillack, eds., ASM International (1991), pp. 415427.
- [13] G. Parri e C. Vergerio, *Acqua-Aria*, 5-1993, p. 543.
- [14] M. Spiegel, H.J. Grabke, "High temperature corrosion of high alloy steels under fly ash deposits in simulated waste incineration atmospheres", Proc. UK Corrosion & Eurocorr 94, Institute of Metals, UK (1994) pp. 307316.
- [15] V.K.Sethi et al., "Approaches to Solving Fireside Corrosion Problems in Incinerators", CORROSION 92, Nashville (TE), Paper N 123.
- [16] J. Stringer, *High Temperature Technology*, vol. 3, August 1985, p. 119.
- [17] W.T. Reid et al., *Trans. ASME J.Engin.Power*, A90, 1968, p. 38.
- [18] P. Elliott, *Mat. Perform.*, February 1993, p. 8287.
- [19] G. Marsh and P. Elliott, AIME/ASM Symposium on High Temperature Corrosion in Energy Systems, Detroit, AIME (1985), p. 467.
- [20] W.T. Bakker et al., "Corrosion in Syngas Coolers of Coal Gasification, Combined Cycle Plants", CORROSION 84, New Orleans, Paper N 76, e *Mat. Perform.*, Jan. 1985, p. 9.
- [21] F. Uberti, "Problematiche di Downtime Corrosion negli impianti di gassificazione del carbone", Rapporto Topico CISE 6159 (1991).
- [22] G. Ciancio, A. Mura, RS, vol. III, 2, 03-04/94
- [23] R.J. Nieminen, T.J. Tiainen, Proc. "Materials for Advanced Power Engineering 1994", Liège (B), October 1994, D. Coutsouradis et al. ed., Kluwer Academic Publishers, 1607.
- [24] A.J. Licata et al., Proc. of the National Waste Processing Conference, May 1988, ASME, New York, NY (1988), p. 9.
- [25] H.H. Krause, *J. Mater. Energy Systems*, 7, 4 (1986), p. 322.
- [26] P.L. Daniel et al., Proc. of the National Waste Processing Conference, May 1986, ASME, New York, NY (1986), p. 221.
- [27] J.A. Harris et al., "Field Experience of High Nickel Containing Alloys in Waste Incinerators", CORROSION 87, Paper N 402, NACE, Houston, TX (1987).



# Esperienze AMSA nel campo della termoutilizzazione dei rifiuti

Dante Salimbeni  
AMSA - Milano

Lo smaltimento dei rifiuti è uno dei problemi che si è sviluppato contemporaneamente al progredire e migliorare del tenore di vita.

Che il fuoco potesse essere impiegato per rendere innocui i rifiuti dell'attività umana deve essere stato constatato fin da epoche remote, ma solo in epoca più recente l'aumento della popolazione, l'inurbamento e la conseguente carenza di spazi ove abbandonarli o collocarli, ha reso indispensabile adottare iniziative di vario tipo, per risolvere il problema. Il fuoco attraverso la combustione comporta l'ossidazione di tutte le sostanze che al loro stato originale presentano in ogni ordinata attività gravi problemi igienici, estetici, organizzativi.

A fronte di queste considerazioni già nel 1963/64 l'AMSA di Milano allora denominata S.I.D., (Servizio Immondizie Domestiche del Comune di Milano) decise di passare da un impianto di selezione semiautomatico degli R.S.U. alla progettazione e realizzazione di un termodistruttore con recupero energetico e produzione di energia elettrica.

Questo impianto, attivato nel gennaio del 1968 e realizzato presso il nuovo stabilimento di Via Zama, era costituito da un forno a sviluppo verticale con doppia coppia di griglie contrapposte ed un tamburo rotante finitore secondo una tecnologia mista italiana (Volund Venien).

I fumi, alla temperatura di 850°C/900°C, passavano in una caldaia a recupero con produzione di vapore surriscaldato e, dopo essere passati in un elettrofiltro a doppio campo, entravano nel camino per la loro dispersione in atmosfera. Poiché il vapore prodotto non è stato accettato dal mercato dell'utilizzazione o per teleriscaldamento o per produzione di freddo, si è dovuto realizzare una centrale termoelettrica per produzione di energia elettrica per gli autoconsumi interni e per alimentazione della rete urbana gestita dall'A.E.M.

I rifiuti degli anni '64-'68 erano già in fase di modificazione merceologica e quindi anche come composizione chimico-fisica:

|                    | 1964  | 1968  |
|--------------------|-------|-------|
| Acqua (%)          | 35,12 | 39,65 |
| Combustibili (%)   | 27,62 | 39,63 |
| Incombustibili (%) | 37,26 | 23,42 |
| P.C.I. (Kcal/kg)   | 1435  | 1643  |

Le materie cellulosiche e plastiche in pochi anni hanno subito incrementi produttivi tali che la loro presenza nei rifiuti ha creato, oltre che problemi di conduzione degli impianti, anche problemi di scelta dei materiali costituenti i vari moduli impiantistici.

L'impianto di Via Zama ha funzionato dal 1968 al 1982, dopodiché è rimasto fermo sino al mese di luglio del 1990 per essere sottoposto ad una ristrutturazione così articolata per ogni linea:

- forno a tutta griglia inclinata dotato di camera di post-combustione
- rifacimento completo dell'elettrofiltro
- inserimento delle torri di lavaggio fumi a umido per la deacidificazione degli stessi
- sistema a nastro per la separazione delle polveri dalle scorie
- trasporto scorie a nastro
- depurazione acque di scarico del processo
- deferrizzatore
- centrale di monitoraggio fumi

I dati relativi all'esercizio per il 1993 sono:

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Rifiuti inceneriti (t)         | 100.000    |
| R.O.T. inceneriti (t)          | 5.000      |
| E.E. prodotta (KWh/a)          | 40.278.000 |
| E.E. ceduta all'A.E.M. (KWh/a) | 26.594.000 |

Nel 1970 l'AMSA ha iniziato la progettazione di un nuovo termodistruttore di R.S.U. con recupero energetico entrato in esercizio nel marzo del 1975.

A fronte della varia composizione merceologica e quindi del P.C.I. ( 2.000 Kcal/kg) il nuovo forno è stato realizzato nel-

la versione tutta griglia inclinata con sviluppo orizzontale (eliminato quindi il tamburo rotante); il banco surriscaldatore realizzato in acciai legati è stato posizionato più distante rispetto alla bocca d'ingresso fumi in caldaia. Inoltre è dotato di camera di post combustione ed il trattamento fumi è stato integrato con scrubbers (torri di lavaggio fumi a umido) e con scambiatori per produzione aria calda di miscelazione ai fumi al fine di evitare il classico pennacchio al camino.

I dati relativi all'esercizio si possono così riepilogare:

|                                 | 1976       | 1989       | 1994       |
|---------------------------------|------------|------------|------------|
| Rifiuti inceneriti (t/a)        | 85.553     | 119.580    | 97.052     |
| R.O.T. inceneriti (t/a)         | —          | 98,80      | 3.302,06   |
| Energia elettrica prod. (Kwh/a) | 24.910.345 | 37.060.100 | 32.749.000 |
| Energia ceduta all'AEM (Kwh/a)  | 18.006.573 | 24.763.200 | 18.886.272 |

Come ben si può vedere dalla tabella, i quantitativi di energia elettrica ceduta sono apprezzabili e, seppur in fase decrescente, possono rappresentare un buon ritorno economico se venissero applicate le attuali quotazioni previste dal provvedimento C.I.P.E.

Le condizioni attuali di esercizio di questo impianto sono ancora valide anche se condizionate da notevoli mutazioni merceologiche degli R.S.U. Infatti nell'attuale composizione dei rifiuti si notano con valori sempre più crescenti la presenza di cadmio, piombo, nichel, cromo, rame, zinco, mercurio, oltre ai vari tipi di materie plastiche.

E' evidente che la presenza di questi elementi impone occulatezza gestionale e continuo aggiornamento dei processi di trattamento fumi, solidi e liquidi, prodotti dal processo di termodistruzione.

## Impianto di termoutilizzazione

### “Milano1” - Via Zama

#### Descrizione generale dell'impianto

L'impianto di termoutilizzazione è articolato nelle seguenti sezioni:

- Ricevimento e stoccaggio dei rifiuti
- Combustione dei rifiuti
- Recupero del calore con produzione di energia elettrica
- Depurazione dei fumi e sistemi ausiliari
- Impianti per il trattamento dei residui e delle acque di scarico
- Strumentazione elettrica e sistemi di controllo
- Infrastrutture e opere civili

L'impianto è realizzato su due linee di combustione indipendenti. Sono comuni invece per le due linee le sezioni di produzione di energia elettrica, di trattamento dei residui, e delle acque di scarico.

Tutti i sistemi di controllo e i comandi sono centralizzati in un'unica sala di controllo.

#### Conferimento dei rifiuti e combustione

Il conferimento dei rifiuti avviene a mezzo camion in una fossa che è una struttura interamente chiusa e leggermente in depressione, onde impedire che l'odore provochi fastidi all'ambiente circostante. Per l'alimentazione dei rifiuti alle unità di combustione sono installati due carriponte con benna. I combustori sono costituiti da una suola di fondo formata da griglie a barrotti, da una camera di combustione rivestita da mattoni refrattari e da una camera di post-combustione, dove avviene la termodistruzione dei microinquinanti organo-clorurati.

Dalla camera di post-combustione i fumi passano al generatore di vapore dove sono raffreddati dall'acqua che in questo modo evapora.

#### Movimentazione dei residui della combustione

Il sistema prevede l'evacuazione dei residui dal sottogriglia e dal pozzo di spegnimento delle scorie, posto al termine della suola di combustione. La movimentazione è effettuata tramite trasportatori e successivamente nastri vibranti. Dai nastri vibranti i residui vengono immessi in una stazione di deferrizzazione per poi essere trasportati nel “fabbricato scorie”. In condizione di sterilità biologica, vengono inviati in discarica. In seguito, le parti ferrose separate vengono inviate al recupero.

#### Depurazione fumi

I fumi in uscita dal generatore di vapore passano attraverso un filtro elettrostatico dove vengono rimosse le ceneri volatili in essi contenute.

La rimozione degli inquinanti acidi e dei composti di metalli pesanti e volatili, avviene in una torre di lavaggio ad umido. I fumi, depolverati e deacidificati, raggiungono l'imbocco del camino dove vengono miscelati con aria opportunamente preriscaldata e quindi inviati in atmosfera mediante ventilatori ad un'altezza virtuale di 100m.

#### Deposito e trattamento dei residui

Le ceneri, dalle tramogge di raccolta dell'elettrofiltro e in minore quantità da quelle del generatore di vapore, sono convogliate ai silos di stoccaggio mediante sistemi di trasporto. Dopo inertizzazione eseguita in impianti autorizzati, vengono inviate in discarica.

## Circuiti acque

I quattro circuiti d'acqua dell'impianto sono:

- acqua di alimento caldaia
- acqua torri di raffreddamento
- acqua spegnimento scorie
- acqua torre lavaggio fumi

Ogni circuito preleva l'acqua necessaria da un serbatoio di accumulo alimentato dalla rete pubblica.

Poiché ogni circuito è di tipo chiuso, il consumo di acqua dell'impianto è determinato solo dal reintegro delle perdite e degli spurghi (blow down) necessari al mantenimento dei valori di progetto dei diversi processi.

Il blow down delle acque di lavaggio della torre, assieme a tutti gli spurghi delle acque di processo dell'impianto, è trattato in una sezione di depurazione chimico-fisica, prima di essere immessi nella rete fognaria.

L'acqua di alimento caldaia viene trattata in due impianti di demineralizzazione basati sullo scambio ionico attivato da resine speciali.

L'acqua di raffreddamento, che ha condensato il vapore impiegato per azionare la turbina, è riportata alle idonee condizioni di temperatura in un impianto costituito da torri di tipo evaporativo. L'acqua di processo viene "addolcita" in un impianto a base di resine cationiche forti rigenerabili con una soluzione satura di NaCl.

## Sistema di produzione di energia

Il calore ottenuto dalle linee di combustione viene utilizzato per la produzione di vapore surriscaldato alle caratteristiche di 350°C e 32bar. La quantità di vapore prodotta complessivamente è di 42 t/h.

L'energia termica contenuta nel vapore viene trasformata successivamente in energia meccanica a mezzo di una turbina a condensazione e quindi in energia elettrica, a mezzo di un alternatore sincrono ad essa accoppiato.

Il recupero energetico passa quindi attraverso le seguenti trasformazioni:

- flusso termico nei fumi disponibile all'uscita del post-combustore: 1.000 MWh/giorno
- energia termica contenuta nel vapore: 855 MWh/giorno
- energia elettrica prodotta: 140 MWh/giorno pari al fabbisogno energetico giornaliero di circa 10.000 abitanti

Non tutta l'energia termica contenuta nel vapore viene trasformata in energia elettrica: una parte di essa viene prelevata a monte del turbogruppo per il preriscaldamento dell'aria primaria di combustione e dell'aria di diluizione fumi al camino. L'energia elettrica prodotta, al netto degli autoconsumi

dell'intero dipartimento di via Zama, viene ceduta alla rete pubblica dell'AEM previo innalzamento della tensione da 9 kV a 23 kV.

Gli autoconsumi elettrici ammontano a circa il 18% dell'energia prodotta, con un consumo specifico massimo di 90 kWh per ogni tonnellata di rifiuto trattato.

## SCHEDA TECNICA

### impianto di Milano-1, Zama

#### ubicazione:

- paese: Italia
- città: Milano, via Zama

#### tipo di rifiuto trattato:

RSU + ROT (al massimo il 10% del RSU)

#### tipo d'impianto:

combustore con produzione e cessione di energia elettrica all'AEM

#### caratteristiche dell'impianto:

##### generali

- anno di avviamento: 1968
- fermata per adeguamento impianto: 1982
- riavviamento dopo ristrutturazione: 1990
- capacità 10 t/h per linea riferite al p.c.i. di 7535 kJ/kg
- n° linee 2
- combustione su griglia del tipo a gradini fissi e mobili

##### recupero energetico

- portata vapore 21 t/h per C.d.V.
- temperatura vapore 350 °C
- pressione vapore 32 bar
- 1 turbogruppo di potenza nominale di 7350 kW

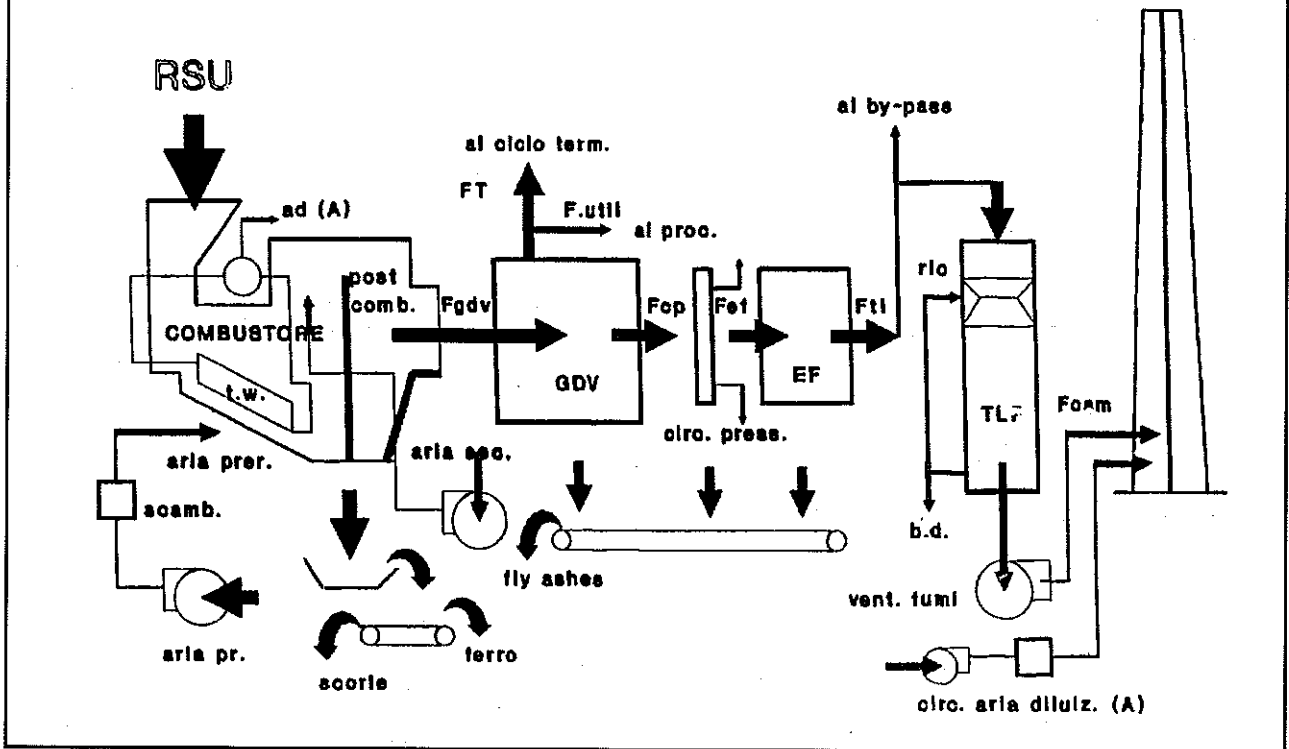
##### impiego energetico

- elettrico - per autoconsumi per il 18% della produzione totale  
- vendita all'AEM per il 82% della produzione totale
- termico - per servizi igienici interni

##### fumi

- portata fumi 100000 Nm<sup>3</sup>/h in totale per le due linee
- configurazione impianto di depurazione fumi:
  - 1) elettrofiltro a secco
  - 2) scrubber
- camino a 2 canne indipendenti

## IMPIANTO MI 1 FLOW-CHART GENERALE LINEA DI COMBUSTIONE



### emissioni:

| Componente                                 | unità di misura<br>-fumi umidi- | valori misurati<br>aggiomati | Limite di emissione<br>(delibera reg.<br>del 05-05-94) |
|--|---------------------------------|------------------------------|--|
| polveri                                    | mg/Nm <sup>3</sup>              | 3                            | 30   |
| HCl  | mg/Nm <sup>3</sup>              | 5,5                          | 50   |
| HF, HBr                                    | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,001                      | 3  |
| SOx  | mg/Nm <sup>3</sup>              | 34                           | 300  |
| CO   | mg/Nm <sup>3</sup>              | 12                           | 100  |
| <i>metalli pesanti:</i>                    |                                 |                              |  |
| totale                                     | mg/Nm <sup>3</sup>              | 0,25                         | 5  |
| piombo                                     | mg/Nm <sup>3</sup>              | 0,08                         | 3  |
| cadmio                                     | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,1                        | 0,1  |
| mercurio                                   | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,001                      | 0,1  |
| <i>microinquinanti organici clorurati:</i> |                                 |                              |  |
| PCDD + PCDF                                | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,0001                     | 0,004  |
| di cui TCDD + TCDF                         | g/Nm <sup>3</sup>               | < 0,001                      | 0,05   |
| PCB  | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,001                      | 0,1  |
| idrocarburi policiclici<br>aromatici (IPA) | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,001                      | 0,05   |
| cianuri (come HCN)                         | mg/Nm <sup>3</sup>              | < 0,01                       | 0,5  |
| fosforo come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | mg/Nm <sup>3</sup>              | 0,10                         | 5  |
| carbonio organico<br>totale (TOC)          | mg/Nm <sup>3</sup>              | 5,5                          | 20   |

# Impianto di termoutilizzazione

## “Milano2” - Via Silla

### Descrizione generale dell'impianto

L'impianto di termoutilizzazione è articolato nelle seguenti sezioni:

- Ricevimento e stoccaggio dei rifiuti
- Combustione dei rifiuti
- Recupero del calore con produzione di energia elettrica
- Depurazione dei fumi e sistemi ausiliari
- Impianti per il trattamento dei residui e delle acque di scarico
- Strumentazione elettrica e sistemi di controllo
- Infrastrutture e opere civili

L'impianto è realizzato su due linee di combustione indipendenti. Sono comuni invece per le due linee le sezioni di produzione energia elettrica, di trattamento dei residui e delle acque di scarico.

Tutti i sistemi di controllo e i comandi sono centralizzati in un'unica sala di controllo.

### Conferimento dei rifiuti e combustione

Il conferimento dei rifiuti avviene a mezzo camion in una fossa che è una struttura interamente chiusa e leggermente in depressione onde impedire che l'odore provochi fastidi all'ambiente circostante.

Per l'alimentazione dei rifiuti alle unità di combustione sono installati due carriponte con benna.

I combustori sono costituiti da una suola di fondo formata da griglie a barrotti, da una camera di combustione rivestita da mattoni refrattari e da una camera di post-combustione dove avviene la termodistruzione dei microinquinanti organo clorurati.

Dalla camera di post-combustione i fumi passano al generatore di vapore dove sono raffreddati dall'acqua che in questo modo evapora.

### Movimentazione dei residui della combustione

Il sistema prevede l'evacuazione dei residui dal sottogriglia e dal pozzo di spegnimento delle scorie, posto al termine della suola di combustione.

La movimentazione è effettuata da un flusso di acqua che convoglia i residui nella apposita vasca di raccolta.

### Depurazione fumi

I fumi in uscita dal generatore di vapore passano attraverso

so un filtro elettrostatico dove vengono rimosse le ceneri volatili in essi contenute.

La rimozione degli inquinanti acidi e dei composti di metalli pesanti e volatili avviene in una torre di lavaggio ad umido.

I fumi, depolverati e deacidificati raggiungono l'imbocco del camino dove vengono miscelati con aria opportunamente preriscaldata e quindi inviati in atmosfera mediante ventilatori ad un'altezza di 100m.

### Deposito e trattamento dei residui

I residui della combustione, con le ceneri dalle tramogge di raccolta dell'elettrofiltro e in minore quantità da quelle del generatore di vapore, sono convogliate ai silos di stoccaggio.

Dopo inertizzazione eseguita in loco, vengono inviati in discarica.

### Circuiti acque

I quattro circuiti d'acqua dell'impianto sono:

- acqua di alimento caldaia
- acqua torri di raffreddamento
- acqua spegnimento scorie
- acqua torre lavaggio fumi

Tutti i circuiti sono alimentati da acqua prelevata da un pozzo idrico interno all'impianto, profondo 100m e dotato di un gruppo di pompaggio costituito da 3 pompe sommerse. Ogni circuito è di tipo chiuso, pertanto il consumo di acqua dell'impianto è determinato solo dal reintegro delle perdite e degli spurghi (blow down) necessari al mantenimento dei valori di progetto dei diversi processi.

Il blow down delle acque di lavaggio della torre, assieme a tutti gli spurghi delle acque di processo dell'impianto, è trattato in una sezione di depurazione chimico-fisica, prima di essere immesso nel canale ricettore.

L'acqua di alimento caldaia viene trattata in due impianti di demineralizzazione basati sullo scambio ionico attivato da resine speciali.

L'acqua di raffreddamento, che ha condensato il vapore impiegato per azionare la turbina, è riportata alle idonee condizioni di temperatura in un impianto costituito da due torri di tipo evaporativo.

L'acqua di processo viene "addolcita" in un impianto a base di resine cationiche forti rigenerabili con una soluzione satura di NaCl.

### Sistema di produzione di energia

Il calore ottenuto dalle linee di combustione viene uti-



lizzato per la produzione di vapore surriscaldato alle caratteristiche di 330°C e 32bar.

La quantità di vapore prodotta complessivamente è di 49 t/h. L'energia termica contenuta nel vapore viene trasformata successivamente in energia meccanica a mezzo di una turbina a condensazione e quindi in energia elet-

trica a mezzo di un alternatore sincrono ad essa accoppiato.

Il recupero energetico passa quindi attraverso le seguenti trasformazioni:

flusso termico nei fumi disponibile all'uscita del post-combustore: 1256 MWht/giorno

energia termica contenuta nel vapore: 1067 MWht/giorno

energia elettrica prodotta: 170 MWh/giorno pari al fab-

bisogno energetico giornaliero di circa 11.400 abitanti

Non tutta l'energia termica contenuta nel vapore viene

trasformata in energia elettrica: una parte di essa viene

prelevata a monte del turbogruppo per il preriscaldamento

dell'aria primaria di combustione e dell'aria di diluizione

fumi al camino. L'energia elettrica prodotta, al netto degli

autoconsumi dell'intero dipartimento di via Silla, viene

ceduta alla rete pubblica dell'AEM previo innalzamento

della tensione da 9 kV a 23 kV.

Gli autoconsumi elettrici ammontano a circa il 18%

dell'energia prodotta, con un consumo specifico massimo

di 90 kWh per ogni tonnellata di rifiuto trattato.

## SCHEDA TECNICA

### impianto di Milano-2, Silla

#### ubicazione:

- paese: Italia
- città: Milano, via Silla

#### tipo di rifiuto trattato:

RSU + ROT (al massimo il 10% del RSU)

#### tipo d'impianto:

combustore con produzione e cessione di energia elettrica all'AEM

#### caratteristiche dell'impianto:

##### generali

- anno di avviamento: 1975
- capacità 12,5 t/h per linea riferite al p.c.i. di 7535 kJ/kg
- n° linee 2
- combustione su griglia del tipo a gradini fissi e mobili

##### recupero energetico

- portata vapore 24,5 t/h per G.d.V.
- temperatura vapore 330 °C
- pressione vapore 32 bar
- 1 turbogruppo di potenza nominale di 11400 kW

##### impiego energetico:

- elettrico - per autoconsumi per il 18% della produzione totale  
- vendita all'AEM per il 82% della produzione totale
- termico - per servizi igienici interni

##### fumi

- portata fumi 161000 Nm<sup>3</sup>/h in totale per le due linee
- configurazione impianto di depurazione fumi:
  - 1) elettrofiltro a secco
  - 2) scrubber
- camino di 100 metri, costituito da un'unica ciminiera a 2 canne.

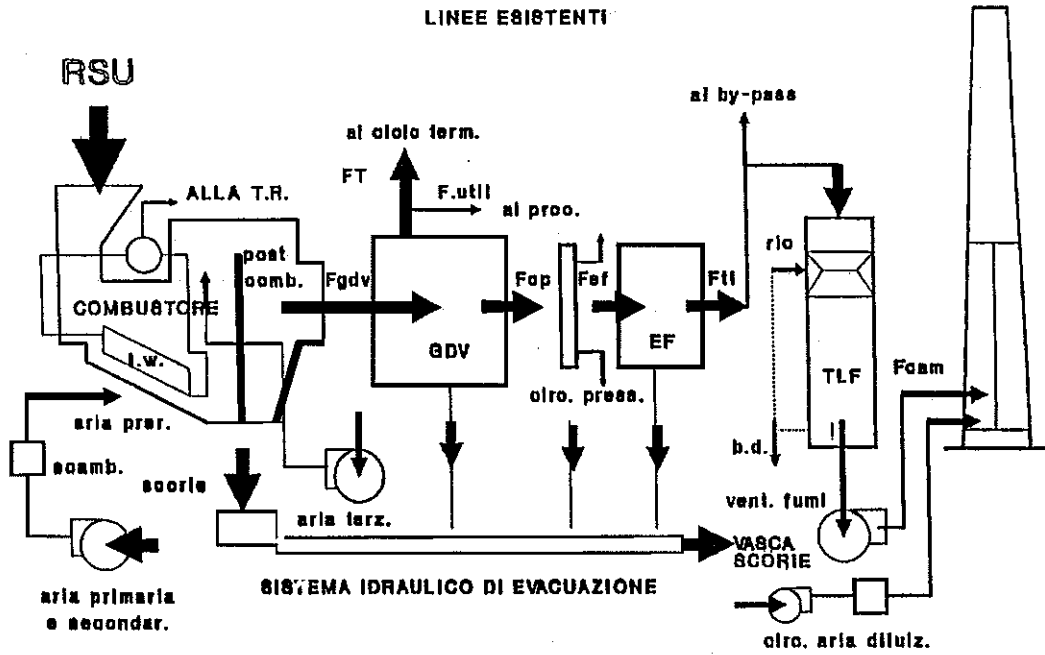
#### emissioni:

| Componente                                 | unità di misura    | valori misurati<br>emissione | limiti di aggiornati<br>(delibera reg.<br>del 05-05-94) |
|--|--------------------|------------------------------|---|
| polveri                                    | mg/Nm <sup>3</sup> | 12,57                        | 30  |
| HCl  | mg/Nm <sup>3</sup> | 15                           | 30  |
| HF, HBr                                    | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,001                      | 3   |
| SOx  | mg/Nm <sup>3</sup> | 68                           | 300   |
| CO   | mg/Nm <sup>3</sup> | 14                           | 100   |
| <i>metalli pesanti:</i>                    |                    |                              |   |
| totale                                     | mg/Nm <sup>3</sup> | 0,32                         | 5   |
| piombo                                     | mg/Nm <sup>3</sup> | 0,11                         | 3   |
| cadmio                                     | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,1                        | 0,1   |
| mercurio                                   | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,001                      | 0,1   |
| <i>microinquinanti organici clorurati:</i> |                    |                              |   |
| PCDD + PCDF                                | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,0001                     | 0,004   |
| di cui TCDD + TCDF                         | g/Nm <sup>3</sup>  | 0,0016                       | 0,05  |
| PCB + PCN + PCT                            | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,001                      | 0,1   |
| idrocarburi policiclici<br>aromatici (IPA) | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,01                       | 0,05  |
| cianuri (come HCN)                         | mg/Nm <sup>3</sup> | < 0,01                       | 0,5   |
| fosforo come P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 0,14                         | 5   |
| carbonio organico<br>totale (TOC)          | mg/Nm <sup>3</sup> | 6,5                          | 20  |

# IMPIANTO MI 2

## FLOW-CHART GENERALE LINEA DI COMBUSTIONE

LINEE ESISTENTI



# Ottimizzazione del trattamento delle emissioni derivanti dalla combustione dei rifiuti solidi urbani ed ospedalieri: l'esperienza di Padova

Aulo Magagni, Giorgio Boschi  
AMNIUP-Padova

## Riassunto

Si esaminano le Direttive della Unione Europea in materia di termodistruzione rifiuti. Viene poi presentato l'impianto AMNIUP di Padova che ha installato un forno fusorio per la vetrificazione delle ceneri volanti tossico nocive. Infine si esamina quella che è stata l'evoluzione delle caratteristiche quali e quantitative delle emissioni aeriformi dagli impianti di termodistruzione rifiuti in relazione ai nuovi sistemi di depurazione.

## 1. - Premessa

Nella bozza di direttiva sull'incenerimento dei rifiuti (Draft Directive Incineration of Waste) vengono sviluppati alcuni concetti già anticipati nella direttiva sull'incenerimento dei rifiuti pericolosi.

In particolare, va evidenziato che la bozza contiene anche delle prescrizioni sull'eluato dai prodotti di combustione (art. 9 par. 2), riportate nella tabella 1.

Da una prima analisi dei limiti fissati per l'eluato dei residui solidi (scorie, ceneri volanti e fanghi da depurazione acque) sembra che l'unico processo che potrebbe far rispettare con certezza i valori fissati sia la vetrificazione delle ceneri volanti.

Per quanto riguarda invece i limiti fissati per le acque di scarico, tenuto conto che:

- i cloruri sono composti estremamente solubili in acqua;
- in ogni kg di RSU sono presenti 6000 mg di cloro;
- la normativa permette che solo 100 mg di cloruri vengono trasferiti alle acque (50 mg) ed ai residui solidi (50 mg)

si deve concludere che non rimane altra possibilità che quella di recuperare i cloruri.

Alla luce di queste novità si ritiene possa risultare di estremo interesse quanto si sta facendo a Padova.

TABELLA 1

Limiti di emissioni previsti per le acque reflue da impianti di incenerimento e per l'eluato dei residui della combustione e del trattamento fumi.

I limiti sono riferiti al kg di rifiuto incenerito

|                           | acque     | residui  |
|---------------------------|-----------|----------|
| pH                        | 5,5 - 8,5 | 5,5 - 13 |
| composti filtrabili mg/kg | 6         | -        |
| frazione solubile mg/kg   | -         | 3000     |
| COD mg/kg                 | 24        | -        |
| cloruri mg/kg             | 50        | 50       |
| fluoruri mg/kg            | 4,5       | 4        |
| solfati mg/kg             | 300       | 300      |
| nitrati mg/kg             | 100       | -        |
| ammonio mg/kg             | 3         | -        |
| cianuri mg/kg             | 0,02      | 0,02     |
| fenoli mg/kg              | 0,1       | -        |
| solfuri mg/kg             | 0,06      | -        |
| mercurio mg/kg            | 0,0015    | 0,0015   |
| cadmio mg/kg              | 0,015     | 0,01     |
| cromo mg/kg               | 0,15      | 0,1      |
| nichel mg/kg              | 0,15      | 0,15     |
| rame mg/kg                | 0,15      | 0,15     |
| piombo mg/kg              | 0,03      | 0,03     |
| zinco mg/kg               | 0,3       | 0,3      |
| arsenico mg/kg            | -         | 0,2      |
| somma metalli mg/kg       | 1,5       | -        |
| diossine e furani ng/kg   | 0,03      | 0,03     |

## 2.- Descrizione impianto di Padova

### 2.1- Premessa

Nell'inceneritore di Padova sono trattati i Rifiuti Solidi Urbani (RSU) della città e i Rifiuti Ospedalieri (RSO) provenienti dalle USSL della Regione Veneto e di altre, limitatamente ai rapporti di "mutuo soccorso" con Aziende consorelle.

L'impianto è costituito da due linee indipendenti di combustione della capacità nominale di 150 t/g per linea.

La prima linea è entrata in funzione nel 1962 (primo impianto in Italia con produzione di energia elettrica). La seconda linea è entrata in funzione nel 1972, con contemporanea fermata della prima linea.

Nel Dicembre 1986 è rientrata in servizio la prima linea completamente ristrutturata ed è stata fermata la seconda linea che è in attesa di ristrutturazione.

Per la prima linea è prevista la sostituzione nel 1994 del generatore di vapore e termogruppo (che è ancora quello del 1962 con potenzialità di 1,4 MWe) per raggiungere poco più di 2,5 MWe.

La linea di depurazione dei fumi è costituita da uno scrubber a secco, un elettrofiltro e una torre di lavaggio ad umido a doppio stadio a piatti del tipo a valvole.

Il Servizio Chimico Ambientale dell'AMNIUP con il suo staff composto da 10 addetti e con il Laboratorio di Analisi esistente presso l'impianto di incenerimento opera da alcuni anni con indagini e ricerche mirate per studiare nuovi possibili trattamenti delle emissioni e per ottimizzare quelli esistenti.

## 2.2.-Descrizione generale dell'impianto

L'impianto di incenerimento di Padova tratta Rifiuti Solidi Urbani (R.S.U.), per la quasi totalità raccolti nel Comune di Padova, e Rifiuti Solidi Ospedalieri (R.O.T.) prodotti dalle strutture ospedaliere della Regione Veneto (cfr Ordinanza della Regione Veneto n.262 del 26/4/1988)

I R.O.T. rappresentano circa il 15 - 20 % della totalità dei rifiuti inceneriti.

I Rifiuti Solidi Urbani, trasportati all'impianto direttamente dagli automezzi di raccolta, vengono scaricati nella fossa di raccolta, attraverso porte a bilico azionate con sistemi oleodinamici.

I Rifiuti Ospedalieri, confezionati con sacchi di polietilene e scatole di cartone, vengono invece caricati direttamente nella tramoggia di carico con apposito sistema semiautomatico.

Per limitare le fuoriuscite di odori e polveri, la fossa di raccolta rifiuti viene tenuta in leggera depressione mediante l'aspirazione dalla stessa dell'aria occorrente alla combustione dei Rifiuti nel forno.

La fossa è servita da due gru a ponte, una di riserva all'altra, scorrevoli lungo tutta la loro luce di stoccaggio e sono munite di benna per la movimentazione dei rifiuti e per il caricamento del forno.

I carri ponte e le benne sono comandate a distanza da un gruista, che ha il compito di gestire la ricezione dei rifiuti e il caricamento della linea di incenerimento.

### 2.2.1.- Forno di incenerimento

Il Forno di incenerimento è costituito da:

- una tramoggia di carico dove vengono immessi i rifiuti con la benna;
- un alimentatore a gradini ad azionamento oleodinamico, alternativo, orizzontale (avanti-indietro) che provoca lo spostamento verso il basso dei rifiuti, dove inizia l'essiccamento ed in parte anche l'accensione del materiale volatile.

Una griglia mobile leggermente inclinata, a comando oleodinamico, riceve il materiale dall'alimentatore sovrastante.

La griglia si suddivide in tre zone di lavoro: di essiccazione, di combustione e di scorificazione. La velocità di movimento dei gradini componenti la griglia viene regolata a seconda della natura del rifiuto che viene incenerito (umidità, potere calorifico), per garantire la completa combustione del materiale. L'aria di combustione che viene immessa nel forno si divide in aria primaria, che viene soffiata sottogriglia per favorire la combustione del carbonio fisso che brucia sulla griglia, e aria secondaria che viene immessa sopra la griglia per la combustione del materiale volatile che brucerà sopra la griglia stessa. L'aria primaria e secondaria di combustione possono essere regolate adeguatamente e la distribuzione delle stesse è stata studiata per creare una buona turbolenza per un'efficace miscelazione tra comburente e combustibile e per mantenere il più uniforme possibile la distribuzione del calore per avvicinarsi all'isocinetismo della combustione nelle varie zone del forno. Il materiale combusto, raggiunto il termine della griglia, cade in una vasca dove avviene lo spegnimento delle scorie. Una estrazione è prevista per le ceneri sotto griglia, ed è realizzata con un trasportatore a raschietti che convoglia il materiale annesso nella vasca di spegnimento delle scorie. L'estrazione delle scorie dalla vasca avviene tramite un trasportatore a raschietti, che le invia ad un trasportatore elevatore, a nastro in gomma, e da questo le scorie vengono scaricate ad un contenitore mobile di raccolta che verrà portato quindi alla discarica. Il forno è completo di un bruciatore di accensione e di un secondo bruciatore di post-combustione per il mantenimento della temperatura nei limiti prefissati.

### 2.2.2.- Camera di post-combustione

Innanzitutto i fumi, in uscita dalla camera di combustione, passano nella camera di post-combustione, prevista dalla Normativa tecnica di applicazione del D.P.R. 915/82.

La temperatura in questa camera si attesta normalmente intorno a valori di 1000 - 1100 °C senza la necessità di entrata in funzione del bruciatore ausiliario.

La concentrazione di ossigeno libero nei fumi in uscita da tale camera è normalmente superiore all'8% in volume.

La geometria della vasca è tale per cui - entro un noto intervallo di portata dei fumi - vengono garantite le altre due condizioni minimali previste dalla normativa citata: il tempo di contatto superiore ai 2 secondi e la velocità dei fumi in ingresso alla camera superiore ai 10 m/s.

I gas arrivano quindi ad una camera di decantazione dove gli agglomerati di cenere e scorie cadono sul fondo e quindi in una vasca sottostante con acqua per lo spegnimento delle scorie.

Nella camera di decantazione i gas vengono attemperati con immissione di aria esterna regolata da una serranda motorizzata in funzione della temperatura in uscita della camera di decantazione ed entrano nel gruppo termoelettrico per la produzione di energia elettrica.

### 2.2.3.- Recupero calore

Il gruppo termoelettrico consiste in un surriscaldatore verticale a serpentina funzionante prevalentemente ad irraggiamento.

Il generatore di vapore è costituito da fasci tubieri ad evaporazione a disposizione verticale, funzionante prevalentemente per convezione.

Il vapore prodotto viene inviato in turbina e, tramite un riduttore posto sul rotore della stessa, va a comandare un alternatore sincrono trifase raffreddato ad aria e munito di eccitazione principale direttamente accoppiata. Dalla turbina il vapore viene inviato in un condensatore a fasci tubieri, attraversati dall'acqua condensatrice proveniente dal vicino canale.

L'estrazione della parte non condensata viene effettuata tramite due pompe (una di riserva all'altra) che servono anche a svuotare il condensatore stesso.

Il condensato viene inviato ad un pozzetto di raccolta e da questo per mezzo di due pompe (una di riserva all'altra) inviato al degasatore montato sopra il recipiente di contenimento dell'acqua di alimentazione.

I gas in uscita dalla camera di decantazione vanno alla caldaia per la produzione di vapore, come già visto, ma vanno anche ad una torre di raffreddamento di by-pass (di caldaia).

Lo scopo di questo circuito di by-pass è quello di ricevere i gas eccedenti la potenzialità della caldaia e della turbina (questo è connesso al potere calorifico dei rifiuti). Infatti, quando la produzione di energia elettrica è arrivata al suo massimo (1500 Kw), un comando elettrico farà aprire la valvola motorizzata sulla uscita della torre di raffreddamento per ricevere i gas eccedenti.

### 2.2.4.- Torre di raffreddamento di by - pass

La torre di raffreddamento ha lo scopo di abbassare la temperatura dei gas attorno ai 360° C. Il sistema di raffreddamento usato è ad acqua che viene nebulizzata da lance di tipo acqua-aria.

I gas in uscita dalla torre di raffreddamento ed i gas in uscita dalla caldaia confluiscono in un miscelatore che ha lo scopo di uniformare le temperature dei gas in arrivo.

Il circuito di by-pass può anche servire come tale nei confronti del circuito principale di caldaia/turbina nei casi di fuori servizio di questo, anche se in questo caso il forno non può marciare alla massima portata, in quanto il circuito di by-pass è dimensionato per una portata ridotta.

Sul circuito di by-pass all'ingresso del miscelatore, è posizionata una serranda dell'aria falsa che viene interessata quando la temperatura dei fumi in uscita del miscelatore superi i 270°C.

### 2.2.5.- Scrubber a secco

I gas provenienti dal miscelatore entrano nei reattori progettati per l'assorbimento a secco dei gas acidi in esso contenuti prima della loro depolverazione finale. L'impianto di assorbimento è composto da due unità in parallelo in modo da permettere il funzionamento anche a carichi ridotti del forno senza incorrere in cali del rendimento di captazione dovuti alla scarsa velocità dei gas nei reattori. La parte inferiore di ciascun reattore è progettata in modo da separare le polveri grossolane che altrimenti potrebbero creare dei problemi di accumulo nei reattori a causa della loro alta velocità di caduta e conseguentemente scarsa facilità di ritrascinamento alle velocità esistenti negli stadi di reazione. I reattori sono a doppio stadio di reazione in modo da permettere un'alta efficienza di assorbimento dei gas acidi. A valle dei reattori vi sono dei cicloni tarati per il parziale ricircolo del reagente tramite valvole rotative e ventilatore di iniezione tubazione ed ugelli nel reattore, in modo da aumentare il rapporto di conversione e diminuire così il consumo di reagente e di conseguenza il quantitativo di polveri nei fumi che entreranno nell'elettrofiltro.

Il trattamento dei gas acidi: acido cloridrico, ossidi di zolfo, acido fluoridrico, viene effettuato con il "sistema di scrubber a secco".

Come reattivo viene utilizzata calce idrata ventilata o bicarbonato di sodio (dal 1991 viene impiegato quest'ultimo reattivo).

L'efficienza dell'adsorbimento e quindi dell'abbattimento degli inquinanti, dipende da parecchi fattori:

- dalla superficie specifica dell'adsorbente per ogni metro cubo di gas da depurare;
- dalla concentrazione degli inquinanti;
- dal tempo di contatto tra gas e l'adsorbente;
- dalla omogeneità di miscelazione.

Il consumo di reattivo dipende oltre che dai fattori appena detti anche:

- dalla temperatura di reazione;
- dall'umidità dei fumi.

Le polveri più grossolane cadono nel fondo dei reattori e vengono evacuate tramite coclee e valvole rotative e scaricate in una coclea comune ai due reattori.

Da quest'ultima coclea il materiale viene convogliato nel trasportatore già menzionato per lo scarico del miscelatore.

#### 2.2.6.- Elettrofiltro

I gas in uscita dai reattori vanno ad un filtro elettrostatico per la captazione del particolato presente.

L'effetto elettrostatico viene generato applicando un'alta tensione (da 40 a 50 Kv), fornita da un trasformatore/raddrizzatore (T/R) al sistema di emissione. L'alta tensione applicata agli elettrodi di emissione crea un campo elettrico, denominato "effetto corona", che ionizza i gas creando grandi quantità di ioni positivi e negativi.

Gli ioni positivi sono immediatamente attratti dagli elettrodi di emissione (a polarità negativa), mentre gli ioni negativi vengono attratti dalle piastre di captazione (a polarità positiva). Sul loro percorso gli ioni incontrano le particelle solide presenti nei gas, che vengono attratte dalle piastre di captazione, caricandole elettricamente. Sulle piastre di captazione vanno quindi a depositarsi tutte le particelle solide presenti nei gas. La rimozione di queste particelle captate viene effettuata mediante uno scuotimento periodico delle piastre di captazione. Per effetto dello scuotimento la polvere si stacca dalle piastre e scivolando lungo le pareti si deposita in tramoggia. La polvere viene quindi evacuata con appositi sistemi di trasporto.

L'alta tensione applicata agli elettrodi di emissione del filtro forma un campo elettrico; le particelle solide presenti nei gas, vengono caricate elettrostaticamente e vengono catturate dalle piastre di captazione poste a terra.

La rimozione delle particelle captate sulle piastre, e parzialmente sugli elettrodi di emissione, è affidata ad un sistema di scuotimento del tipo a martelli a caduta libera che imprime forti accelerazioni, sia alle piastre di capta-

zione, che al sistema di emissione.

La regolazione dell'intervento del sistema di scuotimento e il disegno particolare delle piastre di captazione dà garanzia di buona pulizia e di scarsi ritrascinamenti di polvere captata.

Gli elettrodi di emissione sono di tipo spiralato autotendente a molla e garantiscono un buon rendimento dal punto di vista elettrostatico e una lunga garanzia di funzionamento.

Il filtro elettrostatico è formato da due campi o sistemi elettrici indipendenti posti in serie, che permettono, in caso di disservizio elettrico (per esempio ad un trasformatore di A.T.), di collegare due sistemi sotto un unico trasformatore/raddrizzatore, senza compromettere più di tanto il rendimento del filtro.

La polvere captata cade nella tramoggia del filtro e viene quindi evacuata da una coclea e da una valvola rotativa e scaricata nel trasportatore elevatore che va al silo generale di raccolta. Questo silo di stoccaggio riceve gli scarichi che provengono dal miscelatore, dai reattori, e dal filtro elettrostatico.

L'estrazione dal silo, che avviene due volte alla settimana, viene realizzata tramite coclea sul fondo del silo che scarica in una seconda coclea a doppia elica con ugelli di umidificazione, per ottenere l'eliminazione della polvere durante il caricamento sugli automezzi di trasporto.

#### 2.2.7.- Torre di lavaggio ad umido

La torre di lavaggio è del tipo a due stadi (acido e basico). Nella prima sezione, situata nella parte inferiore della torre, avviene il raffreddamento dei fumi e la solubilizzazione del HCl e l'assorbimento dei metalli quali Hg e Cd; essa è completata da un piatto, del tipo a piattelli flottanti, nel quale i fumi e la soluzione ricircolata entrano in contatto. È previsto un sistema per reintegrare l'acqua persa per evaporazione e per trascinamento. Lo spurgo della soluzione, inviata al successivo trattamento, consente l'allontanamento dei metalli.

Nella seconda sezione, posta superiormente alla prima, avviene il lavaggio basico dei fumi che avviene mediante piatti dello stesso tipo di quelli utilizzati nella sezione acida. La soluzione basica fatta circolare in questa sezione ha il compito di assorbire la SO<sub>2</sub> e neutralizzare i residui di HCl.

#### 2.2.8.- Post-riscaldamento dei fumi

È ottenuto per miscelazione dei fumi puliti, provenienti dalla torre di lavaggio, con fumi caldi prodotti in generatore di gas caldi alimentato da gas metano, dotato di un bruciatore avente una potenza di 2300 kW.

Per la gestione del sistema è presente un sistema di regolazione e controllo dei principali parametri di processo quali la temperatura a valle del quencher, il livello della soluzione di lavaggio acida, il livello, la portata, pH della soluzione di lavaggio basica, temperatura dei fumi all'uscita dei camini.

### 2.2.9.- Impianto per il trattamento delle acque

Si articola in due fasi: il trattamento delle acque provenienti dalle due sezioni della torre di lavaggio e quelle provenienti dall'inceneritore (raffreddamento scorie, dilavamento piazzale scorie, rigenerazione delle resine dell'impianto di demineralizzazione, ecc.).

Il trattamento dei reflui provenienti dalla torre di lavaggio comprende le seguenti fasi:

- neutralizzazione
- precipitazione solfuro di sodio per addizione di  $\text{Na}_2\text{S}$
- sedimentazione
- accumulo fanghi
- filtrazione su quarzite
- filtrazione su resine a scambio ionico
- disidratazione dei fanghi mediante filtro pressa.

Il trattamento delle acque provenienti dall'impianto di incenerimento prevede:

- sollevamento
- dissabbiatura
- omogeneizzazione
- chiari-flocculazione
- sedimentazione
- accumulo dei fanghi
- neutralizzazione
- filtrazione su quarzite
- filtrazione su carbone attivo
- filtrazione con resine a scambio ionico
- accumulo fanghi
- disidratazione dei fanghi su filtro pressa a piastre

### Rese abbattimento torre lavaggio fumi

Nella tabella allegata si riportano le concentrazioni a monte ed a valle della torre di lavaggio ad umido recentemente installata.

Come si può notare le rese di abbattimento sono del 99,7% per l'acido cloridrico, del 78% dell'acido fluoridrico e dell'80% del mercurio.

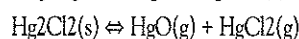
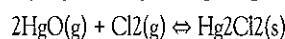
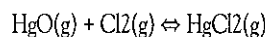
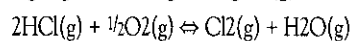
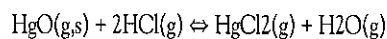
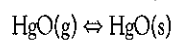
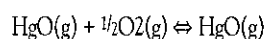
In particolare va detto per quest'ultimo inquinante che detta resa è stata raggiunta unicamente dosando un ossidante nell'acqua nella sezione basica della torre. Ciò è do-

vuto alla presenza, nei gas in ingresso alla torre, di mercurio metallico.

Nei rifiuti urbani il mercurio è presente principalmente allo stato elementare o allo stato di ossido. Alla temperatura di combustione il mercurio, in ambiente ossidante, evapora. L'ossido di mercurio ( $\text{HgO}$ ) è termicamente instabile a temperature superiori a  $500^\circ\text{C}$  e si decompone a mercurio elementare e ossigeno. In queste condizioni il solfuro di mercurio ( $\text{HgS}$ ) reagisce con l'ossigeno per dare origine a mercurio elementare e biossido di zolfo.

A temperature inferiori a  $500^\circ\text{C}$  il mercurio elementare può ossidarsi a  $\text{HgO}$ .

Le reazioni in gioco sono le seguenti:



La presenza di cloro risulta necessaria per passare da mercurio metallico a cloruro di mercurio, composto solubile in acqua.

## 4.- Verifica dei residui da incenerimento tossico nocivi e recupero dei sali

### 4.1.- Premessa

Il vetro, noto fin dall'antichità per le sue caratteristiche di stabilità fisica e chimica, è un materiale composto principalmente di silice combinata atomicamente con tutti i metalli e metallioidi presenti nelle ceneri in forma ossidata.

La silice è l'elemento più diffuso in natura ed è capace di mantenere i legami con i metalli per un tempo indefinito nelle condizioni più avverse, senza alcun rilascio all'ambiente.

Le ceneri miscelate in proporzione opportune con silice (sabbie, loppe di alto forno, ecc.) e con bassofondenti (principalmente composti di sodio e potassio) introdotti in un forno da vetro, ad alta temperatura (oltre  $1400^\circ\text{C}$ ), danno origine ad una massa fusa principalmente costituita da silicato di calcio, nella quale è dispersa una fase vetrosa. La silice può talvolta essere sostituita in tutto o in parte, dall'anidride borica ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) o dall'anidride fosforica ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

Dalla vasca il vetro fuso cola in continuità, subisce un raffreddamento rapido, e si trasforma in un prodotto granulato, che trova vastissimo impiego nell'industria ceramica e dei laterizi quale dimagrante, oppure quale inerte nei conglomerati cementizi.

## 3.2.- Descrizione Impianto Vetrificazione

### 3.2.1- Pretrattamento

Le ceneri provenienti dall'elettrofiltro vengono lisciviate in un apposito reattore lavaggio ceneri per allontanare da queste i sali solubili in acqua. Una centrifuga provvede alla separazione del solido dal liquido (salamoia). L'acqua è avviata all'impianto di trattamento reflui esistente. I fanghi provenienti dalla filtropressa, a servizio dell'impianto trattamento acque, si uniscono ai fanghi provenienti dalla centrifuga in una tramoggia.

I fanghi vengono quindi essiccati in apposito apparato ad aria calda. L'acqua residua trattenuta dai fanghi viene eliminata spruzzando i fanghi in una corrente di aria preriscaldata a spese dei fumi prodotti nel forno di fusione. L'aria calda umida viene avviata all'impianto lavaggio fumi.

### 3.2.2.- Vetrificazione

Ai fanghi essiccati vengono aggiunti degli inerti vetrificanti:

- sabbia silicea, per la formazione dei silicati che costituiscono la struttura vetrosa;
- vetro macinato, per migliorare la fluidità del bagno vetroso fuso;
- bassofondenti, tipo feldspati, nel caso sia necessaria una ulteriore fluidificazione del bagno vetroso fuso.

La massa opportunamente miscelata ed omogeneizzata viene ridotta in pellets prima di essere alimentata al forno di fusione vetraria, previo passaggio da un tamburo di preriscaldamento.

Il forno di fusione è di tipo continuo con vasca a geometria allungata per aumentare il tempo di contatto fra carica e bagno fuso e lavora a temperature comprese tra i 1500° C del bagno ed i 1700°C della fiamma; queste temperature garantiscono la completa distruzione dei composti organici in carica. Si ottiene quindi una massa fusa di tipo vetroso che fissa nella propria struttura i metalli pesanti sotto forma di ossidi e silicati.

Il prodotto liquido uscente dal bagno viene raffreddato istantaneamente scaricandolo in una vasca alimentata con continuità con acqua. Dal fondo conico della vasca stessa viene scaricato di tanto in tanto il prodotto vetroso granulare inerte. Detto prodotto ha la forma di un granulato di colore nero e potrà essere insaccato.

### 3.2.3- Trattamento fumi

I fumi in uscita dalla camera di vetrificazione vanno ad essiccare in controcorrente i fanghi di carica nello scambiatore

re e da qui al trattamento fumi (filtro a maniche seguito da torre di lavaggio ad umido a corpi di riempimento).

### 3.2.4- Impiego dell'inertizzato vetroso

Il granulato vetroso prodotto dall'impianto di inertizzazione è stato proposto per l'utilizzo ai produttori della industria vetroceramica i quali, dopo varie prove, hanno dichiarato il prodotto adatto per essere utilizzato nella produzione di piastrelle vetroceramiche.

Questo risultato è importante sia dal punto pratico che concettuale, in quanto costituisce una chiara dimostrazione della possibilità di trasformare metalli tossici quali Cr, Cd, Se, Mg in ossidi metallici, necessari all'industria ceramica.

Va qui sottolineata anche la possibilità di distruggere nel forno di fusione l'amianto, in quanto il silico alluminato di Mg che lo costituisce reagisce nel bagno fuso con SiO<sub>2</sub>, CaO ed Na<sub>2</sub>O formando dei silicoalluminati bassofondenti, che vengono conglobati nella struttura vetrosa.

Campioni rappresentativi della sostanza vetroso granulare prodotta dall'impianto di inertizzazione sono stati analizzati, per conoscerne la composizione chimica e verificarne il grado di inerzia chimica, attraverso il test di cessione condotto secondo quanto previsto dalle Normative Tecniche in vigore.

I risultati delle analisi hanno confermato l'elevato grado di inerzia chimica del materiale vetrificato.

### 3.2.5.- Potenzialità

L'impianto è stato progettato per trattare l'intera attuale produzione giornaliera di ceneri da elettrofiltro prodotte dall'AMNIUP (circa 4 t/giorno) e di fanghi da trattamento acque (1 t/giorno).

## 3.3.- Importanza del progetto

L'importanza del progetto si riassume così:

- Il progetto è tra i pochissimi finanziati dalla CEE nell'ambito del progetto MEDSPA; la CEE ha criteri di selezione molto elevati e ha ritenuto di dover finanziare l'impianto in quanto di elevato interesse per la Comunità Europea;
- Il progetto rappresenta una opportunità per l'AMNIUP di sperimentare su scala praticamente reale una tecnologia, tra le più interessanti per il trattamento dei rifiuti tossici, impiegata in Giappone, Germania e USA;
- La tecnologia può essere impiegata per trattare RTN di svariata natura dando origine ad un conglomerato vetroso inerte. Il granulato vetroso prodotto dall'impianto di inertizzazione è stato proposto per l'utilizzo ai produttori della industria vetroceramica i quali, dopo varie



prove, hanno dichiarato il prodotto adatto per essere utilizzato nella produzione di piastrelle vetroceramiche.

- In prospettiva detto impianto, superata la fase sperimentale richiesta dalla Regione Veneto, potrà costituire un sistema di trattamento per le ceneri completo per le attuali esigenze AMNIUP aperto al trattamento di rifiuti analoghi per conto terzi.

### 3.4.- Vetrificato: residuo e non più rifiuto

Con l'entrata in vigore del Decreto Legge 7 settembre 1995 n. 373 il residuo prodotto dalla vetrificazione non è da considerare più un rifiuto tossico nocivo, ma bensì un residuo riutilizzabile. Il processo realizzato nel forno fusorio non è più considerato un trattamento, ma parte integrante della

produzione, essendo effettuata nell'ambito del luogo dove il residuo è prodotto.

L'importanza di queste nuove definizioni risulta evidente agli operatori del settore che conoscono bene le difficoltà legate alla procedura di impatto ambientale richiesta per la autorizzazione alla realizzazione di un impianto di termidistruzione di rifiuti tossico nocivi.

Le ceneri provenienti dalla combustione di rifiuti urbani e assimilabili, se stabilizzate termicamente, onde conferire alle ceneri stesse caratteristiche vetrose, sono da considerare residui riutilizzabili e non più rifiuti, così come previsto al punto 13 dell'allegato 3 al Decreto del Ministero dell'Ambiente 5 settembre 1994, recante le norme tecniche generali per il riutilizzo dei residui in un processo produttivo.



# Emissioni al Camino: Esperienze e Tecnologie

Francesco Albasser, Angelo Briccola  
ACSM - Como

## Premessa

L'incenerimento dei rifiuti è un processo termochimico di ossidazione veloce con aria; durante tale processo il rifiuto viene trasformato ed il risultato è la produzione di incombusti, raccolti al termine della griglia e di gas e vapori (fumi).

Dai processi di depurazione dei fumi e delle acque, si producono polveri, fanghi, raccolti in appositi contenitori e fumi trattati immessi all'atmosfera con camini di altezza idonea.

L'inceneritore di Como, della capacità di 100 t/d in fase di raddoppio con una seconda linea da 150 t/d, è dotato di elettrofiltro per la depurazione dei fumi e di torre di lavaggio ad umido per l'assorbimento dell'HCl e per ulteriore depolverazione dei fumi.

Le polveri ed i fanghi del processo contengono metalli pesanti: piombo, cadmio, mercurio.

I fumi emessi a camino sono regolamentati da apposita normativa: Legge n° 203/88 D.M. 12 luglio 1990 e autorizzazione regionale all'esercizio. I limiti risultano:

| Limiti di emissione a camino          |             |        |
|---------------------------------------|-------------|--------|
| Polveri totali (ceneri e polveri)     | 30          | mg/Nmc |
| Metalli pesanti di cui:               | 5           | "      |
| piombo                                | 3           | "      |
| cadmio                                | 0,1         | "      |
| mercurio                              | 0,1         | "      |
| Carbonio organico totale              | 20          | "      |
| SO <sub>x</sub>                       | 300         | "      |
| CO                                    | 100         | "      |
| Anelli policiclici clorurati          | PCDD + PCDF | 0,004  |
| di cui:                               | TCDD + TCDF | 0,05   |
|                                       |             | 0,1    |
| Idrocarburi policiclici aromatici IPA |             | 0,05   |
| Cianuri                               |             | 0,05   |
| Acido Cloridrico                      |             | 30     |
| Acidi fluoridrici e bromidrici        |             | 3      |
| Fosforo                               |             | 5      |

Per il controllo delle emissioni è prescritta l'installazione a camino e sul forno di appositi strumenti analizzatori in continuo per i seguenti parametri:

- temperatura di post-combustione
- ossigeno camera di post-combustione
- polveri a camino
- HCl " "
- ossido di carbonio " "
- ossidi di zolfo " "
- carbonio organico totale " "

## Tipologia strumenti

Gli strumenti analizzatori di emissioni si differenziano per l'installazione e per il principio chimico/fisico di analisi.

Gli strumenti possono essere del tipo estrattivo o in situ ognuno dotato di vantaggi e svantaggi legati alla posizione, alla manutenzione, alla taratura, ai problemi della linea di trasporto del campione.

Per la misura dell'ossigeno si usano strumenti all'ossido di Zirconio.

Per la misura delle polveri si usano strumenti ottici a camino in cui l'assorbimento di luce dipende dalla concentrazione delle polveri.

Per la misura di ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ossido di carbonio, ecc., si utilizzano spettrometri all'infrarosso o all'ultravioletto, dove l'assorbimento è proporzionale alla concentrazione a particolari frequenze.

## La situazione del forno incenerimento di Como

Per l'impianto di incenerimento di Como, in fase di costruzione della 2<sup>a</sup> linea, è stata scelta l'installazione di uno strumento estrattivo all'infrarosso che analizza le emissioni/assorbimenti con il principio della Trasformata di Fourier, tipo CEMAS FTIR della Hartmann e Braun.

Tale strumento è in grado di analizzare contemporaneamente i seguenti parametri:

SO<sub>2</sub>  
HCl  
NO  
NO<sub>2</sub>  
CO  
CO<sub>2</sub>  
H<sub>2</sub>O

Lo strumento è costituito da:

- sonda di prelievo;
- linea di convogliamento del campione riscaldata a 180 °C;
- unità di analisi all'infrarosso per l'intero spettro nel campo di lunghezza d'onda da 2,5 a 10 µm;
- elaboratore per sviluppare i risultati delle analisi e renderli disponibili per visualizzazione, registrazione, trasmissione a distanza. Per l'analisi dell'ossigeno, del carbonio organico totale e delle polveri, si utilizzano strumenti tradizionali;
- la misura di COT viene realizzata con un analizzatore a FID a ionizzazione di fiamma;

- la misura delle polveri è eseguita con strumento ad estinzione, insensibile alla presenza di condensa e dedicato a campi di misura particolarmente bassi.

I vantaggi del nuovo analizzatore consistono nella elevata stabilità di taratura, nella ridotta manutenzione, elevata precisione e ripetitività della misura.

La condensa presente nei fumi non interferisce con le misure né con la misura del contenuto di vapore acqueo nei fumi.

#### Analisi di laboratorio

Oltre alla misura in continuo, ogni 3 mesi vengono effettuate misure in laboratorio con metodo gascromatografico.

I valori sono riferiti ad un tenore di O<sub>2</sub> del 10% alla temperatura = 273 °C alla pressione P = 101,3 KPa per gas secco.

Indicativamente le emissioni dell'inceneritore di Como rilevate si collocano nei campi sottoindicati.

Le polveri sono ~ 5 ÷ 10 volte inferiori al limite di 30 mg/Nm<sup>3</sup>

L'acido cloridrico ~ 50% del limite di 30 mg/Nm<sup>3</sup>

CO e SO<sub>x</sub> 5 - 10% del limite

microinquinanti organici da 10 a 100 volte inferiori ai limiti.

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

### Requisiti principali richiesti:

- Elevata precisione delle misure
- Elevata ripetitività delle misure
- Elevata disponibilità delle misure
- Velocità di risposta
- Ridotta manutenzione
- Ridotti costi di installazione

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

### Problemi applicativi da risolvere

- Mantenere inalterato il gas da analizzare dal punto di presa al sistema di analisi
- Composizione del gas da analizzare (presenza di acidi, umidità elevata)
- Elevata solubilità di componenti gassosi in H<sub>2</sub>O quali HCl, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>
- Alto rapporto tra componenti da misurare e componenti interferenti

“La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni” A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

### Soluzioni tecniche:

- Sistema di campionamento e filtrazione gas “a caldo”
- Sistema di trasporto gas da analizzare “a caldo”
- Analisi con strumenti robusti e affidabili multicomponente
- Contenuto rapporto costi/numero misure eseguite
- Avanzato software applicativo per la determinazione analitica

“La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni” A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

Realizzazione finale

# CEMAS - FTIR

Sistema di monitoraggio delle emissioni basato sulla tecnologia FTIR (analisi all'infrarosso con trasformata di Fourier applicata)

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

Caratteristiche principali (1)

- Unico punto di prelievo per l'analisi di tutti i componenti gassosi
- Semplicità di progetto per ridurre i costi di manutenzione
- Possibilità di analizzare fino a 10 componenti gassosi senza ulteriori implementazioni/aggiunte di strumenti
- Contenuto rapporto costi/numero misure eseguite
- Applicabilità illimitata (inceneritori, caldaie, forni, ecc)

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

### Caratteristiche principali (2)

- Misura reale del contenuto di vapore acqueo
- Campi di misura liberamente programmabili
- Calibrazione di Zero automatica
- Elevata stabilità di Span
- Campi di misura estremamente bassi

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M. Como

## Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

### Campi di misura minimi:

- |                                      |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|
| - CO                                 | 0 - 75 mg/m <sup>3</sup>  |
| - CO <sub>2</sub>                    | 0 - 1% Vol.               |
| - NO                                 | 0 - 200 mg/m <sup>3</sup> |
| - NO <sub>2</sub>                    | 0 - 60 mg/m <sup>3</sup>  |
| - SO <sub>2</sub>                    | 0 - 75 mg/m <sup>3</sup>  |
| - HCl                                | 0 - 15 mg/m <sup>3</sup>  |
| - NH <sub>3</sub>                    | 0 - 15 mg/m <sup>3</sup>  |
| - H <sub>2</sub> O                   | 0 - 1% Vol.               |
| - HF                                 | dato non disponibile      |
| - O <sub>2</sub> (ZrO <sub>2</sub> ) |                           |
| - Hc (FID)                           |                           |

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M. Como

# Monitoraggio in continuo delle emissioni al camino

## Comparazione tecnica FTIR/sistemi tradizionali

- Unico analizzatore per tutti i componenti gassosi  
(in particolare HCl - NH<sub>3</sub> - H<sub>2</sub>O)
- Unico punto di prelievo per il gas campione da analizzare
- Sistema di trattamento/condizionamento del gas campione non necessario (analisi "a caldo" a 180° C)
- Calibrazione trimestrale con bambole di taratura
- Dimensioni di ingombro contenute
- Approvazione TUV per la misura di HCl, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, NO, CO, SO<sub>2</sub>

"La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti: problemi e soluzioni" A.C.S.M.



# Problematiche funzionali della combustione di ROT e RSU

Renato Faini  
Public Consult

## Premessa

La seguente relazione è stata possibile grazie alla diretta esperienza di gestione e manutenzione svolta dalla Public Consult S.p.A. presso l'impianto del Consorzio Igiene Ambientale che raggruppa i comuni della Riviera Adriatica.

L'impianto in questione costruito negli anni '70 sempre dalla nostra società, è stato ristrutturato recentemente al fine di aumentarne le capacità di smaltimento aggiornando la tecnologia, sia per il recupero energetico che per la depurazione dei fumi.

Tutto questo perseguendo la filosofia aziendale che mira a non abbandonare il Committente, anche una volta esaurite le pratiche di collaudo, ma a fornirgli servizi complementari - ben graditi al Cliente - quali corsi periodici di aggiornamento professionale, e soprattutto servizi di assistenza, di gestione diretta, iniziale o continuativa, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di ricambistica con pronto intervento, di analisi e controllo delle tecnologie applicate.

Infatti la Public Consult S.p.A., fondata nel 1962, fornisce impianti realizzati secondo la formula chiavi in mano, interpretata come apporto integrale dell'esperienza e dei brevetti della società in ogni fase del progetto, dalla progettazione alla realizzazione e alla messa in funzione, con relativa istruzione del personale.

La termoutilizzazione dei rifiuti ha un contributo dallo smaltimento dei rifiuti ospedalieri negli impianti di incenerimento dei rifiuti solidi urbani.

L'incenerimento dei rifiuti ospedalieri (ROT) in impianti di smaltimento di rifiuti solidi urbani (RSU) concessa dalla legge, porta un consistente introito alla gestione, ma comporta delle penalizzazioni di esercizio.

Tali penalizzazioni sono diffuse in tutte le fasi, compendabili in combustione, raffreddamento e depurazione fumi, ma sono più eclatanti nella camera di combustione, come occorre all'impianto di Coriano.

All'uopo è stata condotta un'indagine su impianti di in-

cernimento di RSU e di ROT e RSU, in modo da confrontarne i risultati.

A conferma di quanto sopra si è esposta in dettaglio l'esperienza della terza linea dell'impianto di Coriano (FO), il cui forno presenta, per il rivestimento interno consumi nella parte superiore e incrostazioni in quella inferiore, e per le griglie notevoli usure. Tale situazione è stata oggetto di studio per la ricerca della causa dei suddetti fenomeni i cui risultati sono riportati.

Le conclusioni inquadrano le penalizzazioni della combustione di ROT e RSU e danno indicazioni sulla limitazione delle loro conseguenze.

## 1. L'indagine sull'esercizio di inceneritori di ROT e/o RSU

Questa, scaturita dalle problematiche emerse sulla 3a linea di Coriano (FO) di cui si riferisce successivamente, si è basata su un questionario redatto in maniera essenziale e semplice, per avere la maggior probabilità di successo, e senza risposte precostituite, in modo da non creare condizionamenti.

Il questionario è stato inviato agli impianti funzionanti da più tempo, cosicché si potessero avere probanti notizie sulle variazioni da incenerimento da soli RSU a ROT e RSU. Inoltre sono stati scelti anche quegli impianti, sempre con una certa anzianità di esercizio, che non avevano mai smaltito ROT, poiché si poteva così avere la certezza di quali eventuali variazioni dipendessero dai ROT.

Infine si sono ricercati impianti di potenzialità simile, quantomeno per le singole linee.

Le suddette condizioni, non disgiunte da un non sicuro e aggiornato censimento degli impianti, hanno limitato il numero degli inceneritori e oltretutto non tutti hanno risposto. Abbiamo compendato i risultati nelle tabelle allegate, dalle quali si vede che gli impianti sono solo 6; i primi 4 hanno avuto un periodo di smaltimento di soli RSU a cui ne è seguito uno di combustione di ROT e RSU, mentre gli ultimi 2 hanno incenerito sempre e solo RSU.



Nella tabella compaiono i dati tecnici significativi e alcuni simboli, quali “\*” che significa “affermativo” e “—” “negativo”; ovviamente ove non è indicato nulla è un elemento non noto.

Dalla lettura della tabella, nonostante l'esiguo numero di impianti esaminati, sono emersi dati significativi, che vedremo di commentare secondo l'identica impostazione.

#### a) Generalità

La capacità delle singole linee è contenuta in 100÷200 t/d e la potenzialità attuale è diminuita per tutti salvo che per Livorno.

Praticamente tutti gli impianti, salvo anomalamente Livorno, segnalano un aumento del p.c.i. dei RSU e confermano un ulteriore incremento del materiale per i ROT.

#### b) Incenerimento ROT

La percentuale media dei ROT è del 10%, valore peraltro usuale, con un minimo del 3,5% e un massimo del 20%. A tal proposito si può notare come vi sia una certa corrispondenza tra la percentuale dei ROT e la diminuzione di potenzialità.

Per l'alimentazione dei ROT solo Padova ha un'apparecchiatura dedicata, mentre gli altri utilizzano l'originario carroponete.

Il p.c.i. dei ROT, tra 3.000 e 6.000 kcal/kg, è estremamente variabile, e deve far riflettere, a meno che non siano stime soggettive; anche in tal caso però si può intravedere una relazione tra il p.c.i. e la riduzione di potenzialità.

#### c) Caratteristiche della combustione

La quantità di aria sottogriglia è sempre superiore a quella sopragriglia, anche se per i più alti p.c.i. la tendenza dovrebbe essere opposta; ciò può essere anche dovuto all'anzianità dell'esercizio al cui inizio sicuramente i p.c.i. erano bassi con necessità di molta aria sottogriglia e poca sopragriglia.

L'aria totale dà la conferma della contenuta variazione della reale capacità delle linee di incenerimento.

Per gli impianti di cocombustione di ROT e RSU emerge un aumento della quantità di aria di combustione, congruente con l'aumento del p.c.i. del materiale da incenerire.

Tale aumento è confermato dall'elevata temperatura in camera di combustione, peraltro dipendente anche dal minimo richiesto in camera di postcombustione di 950°C.

Tutto quanto sopra è confermato dall'unanime aumento della temperatura di combustione per gli impianti che smaltiscono ROT.

#### d) Conseguenze della combustione

Pur nella varietà delle conseguenze della combustione nel forno, ben si nota come la formazione di colate è nettamente prevalente per i forni che bruciano ROT e RSU e come per gli stessi siano maggiori le difficoltà di esercizio.

L'aumento di polverosità in uscita dal forno è segnalata solo per la metà dei cocombustori di ROT e RSU e per quasi tutti questi si denuncia uno sporcamento maggiore di forno o di generatore di vapore.

#### e) Modalità di esercizio

Pur nella diversità delle campagne di funzionamento continuo, solo per la cocombustione di ROT e RSU e per tutti questi si è avuto un aumento delle fermate.

Ogni impianto poi ha preso provvedimenti propri per limitare le incrostazioni, legati anche alla specificità delle stesse (n.d.r.: emblematico è l'adozione di un braccio meccanico a Bologna).

#### f) Caratteristiche rivestimenti interni

In tutti i forni vi sono rivestimenti di elevata qualità, con materiali silico-alluminosi a elevato contenuto di allumina e anche al carburo di silicio.

Si nota anche che Livorno ha adottato i tube-walls (n.d.r.: tubi d'acciaio affiancati in cui circola acqua di raffreddamento), cosiccome sta facendo Padova.

## 2. L'Esperienza di Coriano

L'impianto è costituito da tre linee in parallelo di cui due da 150 t/d e la terza da 200 t/d; le tre linee sono nate in tempi diversi, principiando dal 1975, ma le ristrutturazioni che si sono succedute hanno consentito di realizzare un identico processo di incenerimento, come da schema di fig.1. Infatti ognuna è dotata di un forno a griglie mobili, con sovrastante postcombustione, di un generatore di vapore a tubi d'acqua, a pareti membranate con analoghi setti che definiscono i canali di fumo ad andamento verticale, e di un complesso di depurazione fumi completamente a secco, costituito da un elettrofiltro, da uno scambiatore aria-fumi in tubi di PTFE, da un Venturi di dispersione del reagente in polvere, da un reattore ciclonico e da un filtro a maniche in PTFE, nonchè da un ricircolo dei fumi dal filtro a maniche al Venturi.

Proseguendo nella definizione dell'impianto, per quanto attiene alla combustione, in sintonia con il questionario, si precisa che:

- i ROT smaltiti sono pari al 10% e vengono miscelati ai RSU in fossa;
- il p.c.i. è aumentato e non solo per la presenza di ROT, con conseguente maggiore quantità di aria di combu-

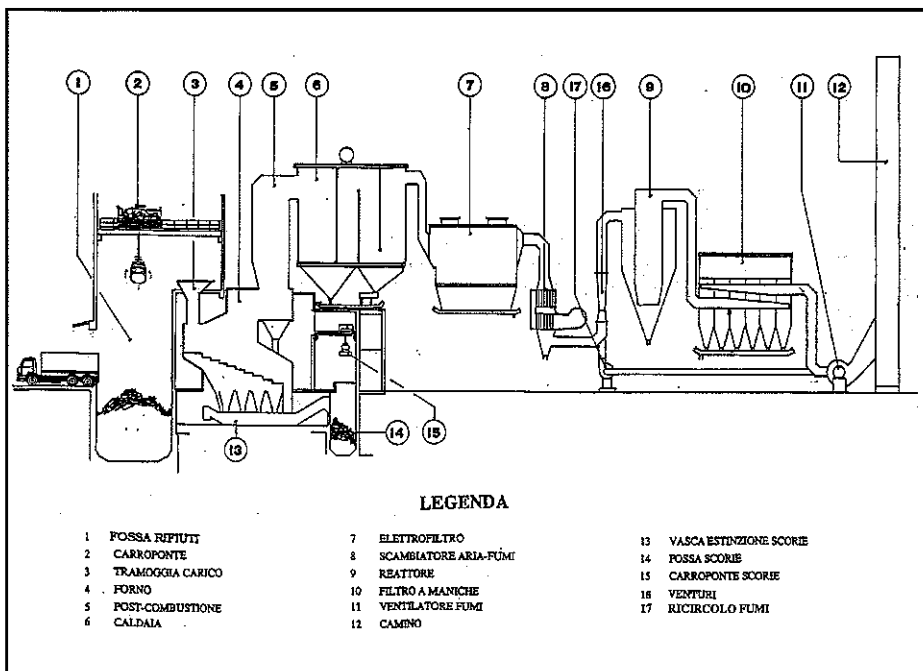


Fig. 1 - Schema di inceneritore di Coriano

stione, anche se la secondaria è poco utilizzata, ed elevazione della temperatura di combustione a  $1000 \div 1100^\circ\text{C}$ ;

- la formazione di colate nella parte inferiore è notevole, escluso la prima linea che ha installato il tube-walls, e il consumo dei refrattari nella parte alta è sensibile;
- le campagne di funzionamento si sono ridotte a due mesi con aumento del periodo di fermata per la rimozione delle colate;
- i rivestimenti interni sono di elevata qualità con materiali silico-alluminosi dal 65 all'85%.

Nel prosieguo si esamina quanto occorso al forno della terza linea entrata in funzione nel 1992, (disegno d'assieme di fig.2).

#### a) Rivestimento interno forno

E' sicuramente la parte in cui è più eclatante la penalizzazione della cocombustione dei RSU e ROT, con ripercussioni sul rivestimento interno del forno e in minor misura sulle griglie.

Il rivestimento è realizzato in muratura di mattoni per le pareti e in gettata per il cielo, con materiali silico-alluminosi.

La cocombustione porta a un consumo della parte alta e ha consistenti depositi nella parte inferiore, come da schizzo di fig. 3; il primo porta alla necessità di importanti interventi una volta l'anno e i secondi alla fermata ogni due mesi, per consentire l'avanzamento dei rifiuti sulle griglie.

Gli interventi annuali sulle pareti si sono tradotti nel loro rifacimento della parte superiore con mattoni il cui

contenuto di allumina è sempre cresciuto dall'originario  $42 \div 44\%$ , al  $65\%$  e all'attuale  $92\%$ .

Per la gettata del cielo l'originaria al  $20 \div 22\%$  di allumina è durata un anno, quella al  $62\%$  di allumina 2 anni e l'attuale al silicato di zirconio è stata installata da soli 6 mesi. Il crescente contenuto di allumina è stato dettato dalla convinzione che fossero le alte temperature la principale causa, ma la limitata durata, indipendentemente dal contenuto di allumina, ha spinto a indagini approfondite.

Tali indagini, principiate con l'analisi di campioni refrattari che indicavano un consistente depauperamento di allumina nello strato superficiale, portano alla seguente spiegazione del fenomeno che dovrà essere confermata da un ulteriore studio.

Il consumo della parte superiore del forno può essere spiegata da un'azione congiunta di aggressione chimica e di abrasione meccanica, esaltata dalle alte temperature. Infatti in tale zona si hanno le maggiori temperature della camera di combustione sia per l'irraggiamento del forno sia e soprattutto per la combustione delle parti volatili dei ROT con l'aria secondaria. Osservando il diagramma di stato silice-allumina, cioè i costituenti dei refrattari impiegati, riportato in fig. 4, si nota che per un contenuto di allumina inferiore al  $72\%$ , si ha presenza di liquido per temperature superiori a  $1.600^\circ\text{C}$ . Tale temperatura, che corrisponde a quella del dardo della fiamma, può sensibilmente diminuire per la presenza di impurezze; queste sono inevitabilmente presenti nei refrattari (n.d.r.: il detto diagramma di stato si riferisce a silice e allumina allo stato puro) e possono, almeno superficialmente, essere indotte dalle condizioni di combustione.

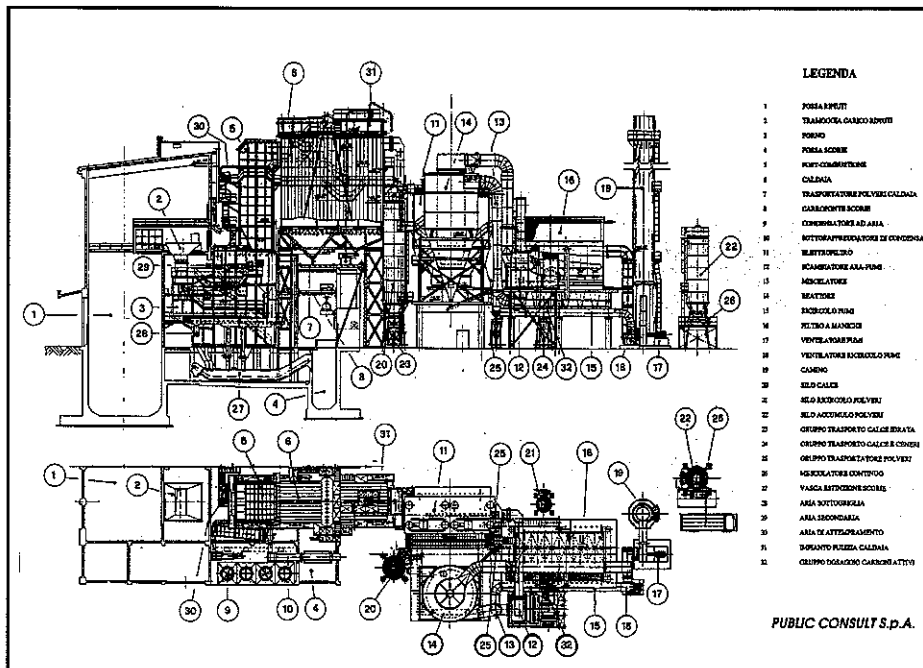


Fig. 2 - 3° linea di incenerimento di Coriano (Fo)

Nella parte alta del forno, a causa delle elevate temperature, anche solo saltuarie, il particolato si incolla al refrattario e la sua interazione, quale quella dei solfati e cloruri di sodio e potassio (n.d.r.: basso-fondenti) incentivata dall'acido cloridrico dei rifiuti ospedalieri, porta alla fusione superficiale. Il tutto poi è esaltato dall'effetto dinamico del particolato presente nei fumi che lasciano la camera di combustione:

A completamento vale la pena di far presente che il cielo, realizzato in silicato di zirconio, si sta comportando bene, come si può osservare paragonandolo direttamente al suo "tassello" silico-alluminoso, al 94% di allumina, anche se solo il funzionamento potrà confermarlo.

Inoltre anche la camera di postcombustione si è dovuta rifare dopo 3 anni di funzionamento; la maggior durata può essere spiegata con la sua "lontananza" dall'origine dei fenomeni, che le giungono così attenuati.

Infine per le incrostazioni pare stia dando buoni risultati la recente installazione di "air-stock", che dovranno essere confermati nel tempo, anche se il loro impiego non lascia tranquilli come progettisti per le ripercussioni a medio-lungo termine.

#### b) Griglie

Il piano è costituito da tre parti parallele, ma sfalsate per due salti intermedi, e i gradini sono realizzati da barrotti affiancati di acciaio speciale al 25% di cromo.

La parte centrale, quella in cui avviene la maggior parte della combustione, ha presentato qualche problema, come la deformazione delle travi porta barrotti, l'elevato consumo dei pattini e dei barrotti e la sensibile presenza di fusioni.

Ricordiamo che l'aria insufflata sottogriglia consente la diffusione della stessa nella massa dei rifiuti, ma esercita anche la funzione di raffreddare i barrotti.

Quindi i suddetti problemi lamentati sono riconducibili a quella parte di ROT "ingabbiata" dai RSU che bruciando porta a sovraccarichi termici. Infatti i ROT hanno un potere calorifico maggiore dei RSU e hanno una combustibilità molto più elevata, cioè liberano il loro contenuto termico in tempi, e quindi in spazi, molto più ristretti dei RSU.

In tal caso l'aria sottogriglia non riesce più a raffreddare la griglia e il conseguente surriscaldamento comporta il decadimento delle sue caratteristiche meccaniche con le suddette conseguenze.

Nella fattispecie la sostituzione dei barrotti e dei pattini avviene una volta l'anno e quella della struttura ogni 2 anni.

### 3. Conclusioni

Da quanto esposto in precedenza non vi è ombra di dubbio che l'incenerimento dei ROT in impianti per RSU comporta notevoli penalizzazioni per i forni.

Queste possono essere lenite con soluzioni e metodologie così compendiate:

- effettiva diluizione dei ROT nei RSU, al fine di evitare concentrazioni di ROT, nella carica del materiale con conseguenti sovraccarichi anche discontinui;
- utilizzo di materiali refrattari ad alto contenuto di allumina, cioè superiore al 72%, e con bassissimo contenuto di ferro, ossido di calcio, ecc., che costituiscono impurezze

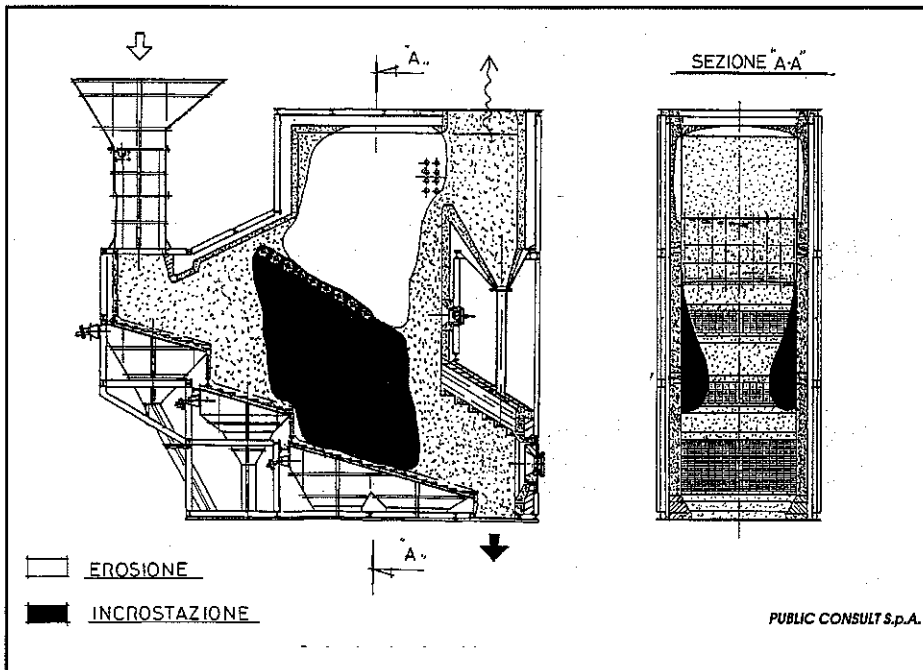


Fig. 3 - Situazione di forno della 3° linea di incenerimento

degli elementi fondamentali, silice e allumina;

- accorta gestione della combustione in modo da evitare elevate temperature sia alla camera di combustione che alle griglie.

Per le incrostazioni vale la pena di ricordare che buoni risultati si sono ottenuti con i tube-walls, cioè porzioni di pareti prossime alla zona di combustione, realizzate con tubi affiancati in cui circola acqua. Queste non consentono la formazione delle incrostazioni, poichè non si attaccano alla superficie "fredda", e la loro sottrazione di calore costituisce una sorta di attemperamento delle temperature

in camera di combustione; incidentalmente si ricorda che il loro collegamento con la caldaia consente il recupero di un ulteriore 10% di calore.

Le esperienze della terza linea di Coriano hanno messo in luce l'importanza del rivestimento interno del forno e come i refrattari debbano essere considerati un normale materiale di consumo, la cui sovrassollecitazione ne accorcia la vita. Infine non dobbiamo nasconderci che alle penalizzazioni della cocombustione di ROT e RSU corrisponde un notevole introito economico; ciò porta a considerare che il rapporto costi-benefici debba essere positivo, altrimenti tale prassi verrebbe abbandonata.

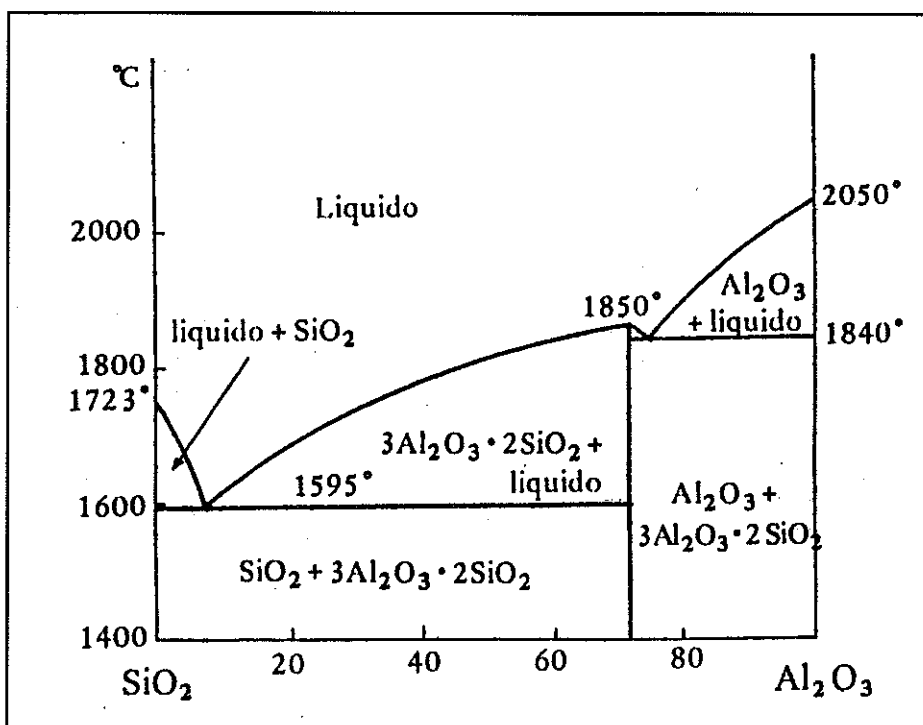


Fig. 4 - Diagramma di stato silice-allumina.

# Forno inceneritore rifiuti industriali speciali tossico nocivi della Soc. AMBIENTE SpA: l'esperienza di Ferrara

Mario Bertuzzi  
AMBIENTE S.p.A.

## Premessa

L'impianto di termodistruzione rifiuti speciali e tossico nocivi di Ferrara è in grado di smaltire rifiuti solidi, pastosi e liquidi ed ha una capacità di progetto di 24.000 Ton/anno (13.000 di solidi e 11.000 di liquidi). L'autorizzazione attuale permette di smaltire 12.000 Ton/anno, ma sono in corso le pratiche amministrative con gli Enti Pubblici per esercitare l'intera potenzialità del forno.

Quando è stato avviato, nel 1977, l'impianto era essenzialmente costituito da un tamburo rotante, una camera di post combustione e da uno scrubber di lavaggio fumi, oltre che da una sezione di stoccaggio e di alimentazione dei rifiuti.

Nel corso degli anni sono poi stati realizzati diversi interventi di aggiornamento tecnologico sia nella sezione di termodistruzione che in quella di depurazione fumi, onde adeguarle alle nuove normative e minimizzare l'impatto ambientale delle emissioni gassose.

Una prima modifica si è resa necessaria con l'emanazione, nel 1984, delle Disposizioni di prima applicazione dell'art.4 del DPR 915/82, che ha imposto, tra le altre cose, una velocità media dei gas in ingresso alla camera di post combustione superiore o uguale ai 10 m/sec.

Tale disposizione non poteva essere rispettata nel forno esistente, in quanto la sezione d'ingresso a detta camera era costituita dalla sezione finale del tamburo stesso, del diametro di 3 m. e quindi i ca. 70.000 m<sup>3</sup> di gas a ca. 1000 °C entravano ad una velocità inferiore ai 3 m/sec.

Invece di restringere la sezione della camera di post combustione subito dopo l'ingresso dei gas provenienti dal tamburo rotante, cosa che poteva determinare problemi di intasamento per deposito di polveri a monte della strozzatura, si è preferito costruire una nuova camera di combustione in serie a quella esistente, usufruendo di questa come camera per l'incenerimento di reflui acquosi a basso potere calorifico.

La nuova camera di post combustione è stata dotata di refrattario atto a sostenere temperature di incenerimento > 1200 °C in modo da avere la possibilità di incenerire ri-

futi con contenuto di cloro organico > 2 %, come richiesto dalla nuova normativa.

Con l'occasione è stato risolto anche il problema che spesso si verificava in fase di esercizio del tamburo rotante con rifiuti contenenti materiale vetroso.

Durante l'incenerimento, il materiale vetroso che fondeva nella prima zona del tamburo solidificava nel suo scorrimento verso la fine del tamburo stesso a causa di una progressiva diminuzione della temperatura, provocando un deposito che andava via via aumentando fino alla necessità di interrompere l'alimentazione dei rifiuti per permettere l'effettuazione di una descorticazione a temperatura elevata. Questa operazione, che durava 4 - 5 ore, veniva effettuata ogni 4 - 5 giorni con evidenti perdite di potenzialità di incenerimento.

Questo problema è stato risolto con l'installazione di un nuovo bruciatore nella vecchia camera di post combustione posizionato in modo tale che indirizzasse la fiamma verso la bocca di fondo del tamburo rotante onde mantenere, in quel punto, una temperatura sufficientemente elevata da impedire la solidificazione del vetro e quindi permettere il suo allontanamento, in modo continuo, con le scorie raccolte alla base della camera stessa.

Per quanto riguarda la sezione di depurazione fumi, prima di progettare o scegliere le nuove apparecchiature da installare secondo le nuove linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti (DM del 12/7/90), è stato effettuato uno studio approfondito degli inquinanti presenti nelle emissioni, in particolare per quanto riguarda le polveri, l'acido cloridrico ed i sali trascinati con l'aerosol.

Si è riscontrato che le polveri erano costituite da una miscela di particelle che andava dalle polveri vere e proprie, cioè quelle costituite da materiale terroso e ossidi metallici, alla fuliggine, ai sali di varia natura, ad aerosol, brume e nebbia: particelle qualitativamente molto diverse tra loro sia per caratteristiche fisico chimiche che per effetti sanitari.

Sono state fatte quindi delle indagini analitiche per deter-

minare la natura e la dimensione delle cosiddette "polveri". I risultati hanno evidenziato che ca. il 90 % del materiale definito come "polveri" era costituito da sali solubili, prevalentemente cloruri e solfati di sodio e potassio.

L'80 % delle particelle, sali compresi, aveva una misura inferiore ai 5µm ed era costituito in misura preponderante da cloruri di sodio e potassio.

Questo aerosol che si forma nella zona di quench fumi è particolarmente difficile da eliminare.

Lo studio delle caratteristiche chimico-fisiche del materiale particellare ha consentito di ottenere importanti informazioni per la scelta delle nuove apparecchiature di lavaggio fumi.

Per la separazione delle particelle più grossolane trascinata dai fumi, sono state installate due nuove colonne, a valle di quella già esistente, dotate di una serie di speciali schermi dinamici per il lavaggio dei fumi con acqua emessa ad alta velocità da spruzzatori di tipo centrifugo.

Tra le due colonne i fumi attraversano una serie di moduli Venturi dove subiscono un'accelerazione ed una successiva espansione adiabatica per favorire l'agglomerazione e quindi la precipitazione delle polveri.

Per la separazione delle particelle di natura salina, cariche elettricamente, è stata d'obbligo la scelta di una apparecchiatura con campi elettrici e quindi l'installazione di un precipitatore elettrostatico.

Per risolvere il problema della captazione delle particelle di dimensioni microscopiche (< 5 µm), si è deciso però di installare un'apparecchiatura che combinasse l'effetto Venturi con la precipitazione elettrostatica ad umido.

I rendimenti di abbattimento polveri e metalli pesanti, in questo tipo di precipitatori elettrostatici, sono previsti essere superiori al 95 %.

Con questo sistema si è riusciti ad avere, in particolare, un contenuto di polveri e una somma di metalli pesanti al camino, rispettivamente inferiori ai 30 e ai 3 mg/Nm<sup>3</sup> nei fumi secchi, in accordo con i limiti autorizzativi.

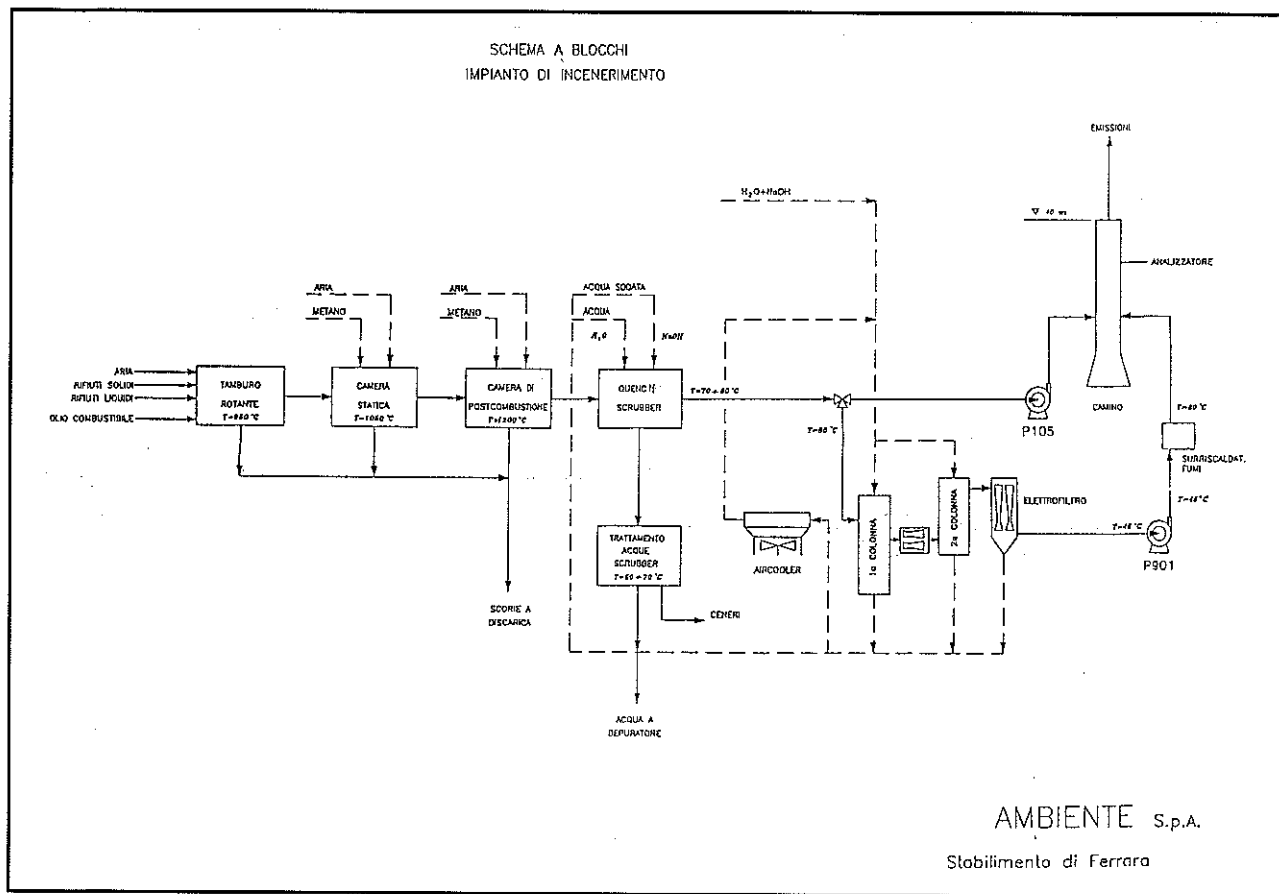
Un filtro a maniche verrà invece installato per rientrare entro i nuovi limiti di 10 mg/Nm<sup>3</sup> per le polveri e di 1 mg/Nm<sup>3</sup> per la somma dei metalli pesanti al camino come imposto dalla Direttiva 94/67/CE in materia di incenerimento dei rifiuti pericolosi.

### Descrizione dell'impianto

(vedere schema a blocchi e flow sheet allegati)

L'impianto è costituito dalle seguenti quattro sezioni :

- stoccaggio ed alimentazione rifiuti
- termodistruzione rifiuti
- depurazione fumi
- aspirazione e surriscaldamento fumi e camino per l'emissione in atmosfera



## Sezione stoccaggio ed alimentazione rifiuti

Poichè è prevista la possibilità di alimentare rifiuti solidi sia alla rinfusa che in fusti ed anche rifiuti liquidi, questa sezione è costituita da :

- un capannone con due fosse del volume totale di ca. 300 m<sup>3</sup> per il ricevimento e l'alimentazione di rifiuti solidi alla rinfusa.

Una benna preleva i rifiuti dalle fosse e li deposita in una tramoggia dalla quale, attraverso opportune serrande, vengono introdotti nel tamburo rotante.

Il capannone, che è chiuso da porte scorrevoli per permettere lo scarico diretto dei rifiuti dai camion scaricabili, è mantenuto in leggera depressione per evitare inquinamento da eventuali odori molesti ed è dotato di sistema antincendio.

L'aria aspirata viene inviata all'incenerimento nel tamburo rotante.

La tipologia dei rifiuti solidi che vengono qui stoccati, e quindi inceneriti, è molto vasta: dai rifiuti provenienti da industrie chimiche, farmaceutiche e della cosmesi, ai farmaci scaduti, ai fanghi di natura organica o inorganica, come le terre inquinate, agli imballaggi in genere, resine, fondami di serbatoi, melme e morchie oleose, peci varie anche clorurate, carboni esausti, fibre di legno, feltri e tessuti vari, escluso l'amianto.

- un sistema per l'alimentazione dei fusti contenenti i rifiuti.

Esso è costituito da un elevatore che provvede all'innalzamento dei fusti stessi, per posizionarli in una canale davanti alla bocca del tamburo rotante in cui vengono introdotti per mezzo di uno spintore attraverso opportune serrande.

Per questa via vengono smaltiti rifiuti ospedalieri, ricevuti in appositi contenitori sigillati, scatoloni contenenti farmaci scaduti e fusti di plastica contenenti materiali organici vari di consistenza solida o pastosa del peso massimo di 200 Kg.

Da notare che in passato l'alimentazione di fusti in ferro per questa via ha provocato seri problemi.

Il primo di natura meccanica: l'impatto del fusto in ferro con il refrattario del tamburo rotante provocava infatti spesso la rottura dei mattoni e rendeva quindi necessaria una continua manutenzione.

Il secondo problema, di natura fisica, derivava invece dall'accartocciamento del fusto in ferro all'interno del tamburo, e dall'inglobamento, nelle sue pieghe, di rifiuti che non venivano inceneriti o lo venivano solo in parte e quindi uscivano con le scorie.

Questi due problemi sono stati risolti sostituendo i fusti in ferro con fusti in plastica alla fonte, attraverso

un'azione di sensibilizzazione dei clienti a stoccare i rifiuti in questo tipo di fusti.

- due serbatoi per lo stoccaggio di reflui liquidi, uno per liquidi prevalentemente organici, ad elevato potere calorifico, e l'altro per liquidi prevalentemente acquosi, con basso potere calorifico.

Di norma i liquidi con elevato potere calorifico vengono alimentati al tamburo rotante, quelli a basso potere calorifico vengono alimentati alla camera di combustione per liquidi acquosi, dove possono comunque essere alimentati anche quelli con elevato potere calorifico.

Questa sezione è in fase di potenziamento con l'installazione di ulteriori serbatoi.

Tutti i serbatoi sono polmonati con azoto e sono dotati di sistemi antincendio.

## Sezione di termodistruzione rifiuti

Questa sezione è costituita dalle seguenti apparecchiature poste in serie :

- un tamburo rotante (diam. 3 m, lung. 10 m) per l'incenerimento di rifiuti solidi alla rinfusa ed in fusti e reflui liquidi ad elevato potere calorifico.

La temperatura di esercizio viene mantenuta a valori superiori a 1000 °C mediante due bruciatori posti in testa al tamburo, alimentati uno ad olio combustibile e l'altro a reflui liquidi ad elevato potere calorifico.

- una camera statica verticale a sezione rettangolare, volume circa 200 m<sup>3</sup>, in cui vengono alimentati i reflui liquidi acquosi a basso potere calorifico.

Alla base di questa camera è situato un dispositivo di raccolta ed allontanamento delle scorie, per mezzo di redler immerso in acqua, scaricate dal tamburo rotante. Questa camera dispone di due bruciatori alimentati a metano, uno posizionato davanti all'uscita del tamburo rotante, in modo da mantenere la temperatura ad un valore tale da impedire la solidificazione del materiale vetroso, l'altro, per mantenere la temperatura di esercizio nell'intervallo 1100 ÷ 1200 °C ed alimentare contemporaneamente anche i reflui liquidi.

- Una seconda camera statica verticale di post-combustione a sezione cilindrica, volume ca. 400 m<sup>3</sup>, con alla base un dispositivo per la raccolta ed allontanamento delle ceneri (stesso redler della precedente camera di combustione).

Questa camera dispone di un bruciatore a metano in grado di mantenere la temperatura al valore prefissato con blocco automatico dell'alimentazione qualora si scenda al valore di 950 °C, durante l'incenerimento di rifiuti con un contenuto in cloro organico inferiore al 2%, e di 1200 °C per quelli con cloro organi-

co superiore al 2%, alimentati però nelle precedenti camere perchè in quest'ultima, non vengono alimentati rifiuti, come previsto dalla Legge.

Al variare del potere calorifico dei rifiuti alimentati i bruciatori di sostegno aumentano il flusso termico per mantenere i valori di temperatura prefissati.

In questa camera vengono rispettati i parametri operativi di Legge relativi al tempo di ritenzione, > 2 sec., alla velocità di ingresso alla camera, > 10 m/sec., e alla temperatura, come detto sopra.

La capacità termica globale di questa sezione è di 13 Gcal/h, così ripartita:

- tamburo rotante : 6 Gcal/h
- camera di combustione per liquidi : 7 "

Le entalpie entranti con i rifiuti sono considerate essere le seguenti:

- 4-6 Gcal/h dai rifiuti solidi
- 2-7 Gcal/h dai rifiuti liquidi

I bruciatori di combustione hanno le seguenti capacità termiche:

- 3 Gcal/h per il bruciatore in testa al tamburo rotante
- 3+4 Gcal/h (3 + 3) per i 2 bruciatori in camera di combustione liquidi
- 3 Gcal/h per il bruciatore in camera di post combustione

### Sezione depurazione fumi

Questa sezione è costituita dalle seguenti torri poste in serie:

- vecchia torre di lavaggio a doppio stadio.

I fumi ad elevata temperatura, provenienti dalla camera di post combustione, vengono convogliati nel I° stadio di questa torre, a sezione cilindrica dove avviene il quench di temperatura da 1100 -1250 °C, secondo la marcia, a 60 - 70 °C.

L'acqua viene alimentata al quench per mezzo di uno speciale "spiral jet" di forma geometrica adatta per ridurre al minimo la formazione degli aerosol che, come è noto, sarebbero poi di difficile eliminazione.

Facciamo notare che un tale, drastico, immediato abbattimento di temperatura è il modo migliore per evitare eventuali formazioni di diossine:

I fumi passano poi nel secondo stadio di questa torre, sempre a sezione cilindrica, dove vengono lavati per mezzo di tre spruzzatori radiali d'acqua (in passato questo stadio era di lavaggio alcalino per bloccare eventuali inquinanti acidi).

- nuova torre di lavaggio ad acqua, a sezione cilindrica, dove i fumi, provenienti dal vecchio sistema di lavaggio appena descritto, vengono lavati con una serie di

8 speciali spruzzatori dinamici e raffreddati da 60 - 70 °C a 40 -50 °C con conseguente condensazione di parte dell'umidità e dei sali in essa contenuti.

- sezione con moduli Venturi orizzontali il cui effetto di agglomerazione delle particelle solide è già stato spiegato in premessa.

- torre di lavaggio alcalino, a sezione cilindrica per la rimozione dei residui acidi.

Anche questa torre è dotata di schermi dinamici ad acqua simili a quelli della torre precedente.

- precipitatore elettrostatico ad umido costituito da moduli Venturi, funzionanti in parallelo, che combinano l'effetto Venturi con la precipitazione elettrostatica.

### Sezione aspirazione e surriscaldamento fumi e camino per l'emissione in atmosfera

Questa sezione è costituita da:

- un ventilatore centrifugo che mantiene tutto l'impianto in leggera depressione.

In particolare il tamburo rotante lavora ad una depressione di 10 mm di acqua.

- un bruciatore di coda, inserito in linea, per il surriscaldamento dei fumi ad una temperatura > 80 °C, oltre cioè il dew point dei fumi stessi, al fine di migliorare la loro dispersione in atmosfera ed eliminare il pennacchio.

- un camino, alto ca. 40 m, per l'emissione dei fumi in atmosfera, dove sono stati installati gli strumenti per l'analisi in continuo di:

- carbonio (CnHm)
- CO
- O<sub>2</sub>
- polveri
- HCl
- SO<sub>2</sub>
- temperatura

Tutti questi analizzatori sono collegati con un Sistema Computerizzato, DCS; installato in sala controllo, al quale trasmettono in continuo i dati rilevati.

A questo sistema computerizzato sono collegate anche tutte le segnalazioni elettro-strumentali delle macchine e dei parametri operativi di regolazione e controllo, con blocchi automatici delle alimentazioni ed allarmi visivi ed acustici in caso di superamento di uno dei limiti di Legge tenuti sotto controllo continuo.

Questo sistema permette di avere informazioni sui parametri operativi del processo in tempo reale, e quindi un immediato intervento in caso di necessità.



### Materiali di costruzione dell'impianto.

L'impianto di incenerimento può essere suddiviso in due zone, una calda con temperature  $> 1000$  °C ed una fredda con temperature  $< 100$  °C.

La zona calda comprende il tamburo rotante, le camere di combustione e post-combustione e la zona di quench della vecchia torre di lavaggio fumi.

La zona fredda comprende invece la parte inferiore della stessa vecchia torre (radial scrubber), le due nuove torri di lavaggio, l'elettrofiltro, il ventilatore di aspirazione fumi in coda all'impianto e la sezione di surriscaldamento ed emissioni fumi in atmosfera.

Tutte le camere, tamburo rotante compreso, sono costituite da un involucro metallico esterno in acciaio al carbonio con refrattario all'interno di spessore tale da mantenere una temperatura della parete metallica di  $160 - 180$  °C, sopra cioè il 'dew point' dell'aria con presenza di sostanze acide (HCl,  $H_2SO_4$  ecc.), in modo da evitare la condensazione di questi acidi, con conseguente effetto corrosivo, eventualmente infiltrati attraverso l'intercapedine dei mattoni refrattari.

Facciamo notare che il tamburo rotante è verniciato all'esterno con una vernice di colore termovirante a ca.  $250$  °C per segnalare eventuali aumenti di temperatura dell'involucro metallico dovuti a rotture o caduta di refrattario all'interno del tamburo stesso.

La qualità del refrattario impiegato, in particolare per quanto riguarda il contenuto di  $Al_2O_3$ , è funzione della temperatura che può essere raggiunta sulla sua superficie. Nella prima parte del tamburo rotante, ca.  $1/5$  della sua lunghezza, dove la temperatura di superficie max prevista è  $1430$  °C, il refrattario contiene ca. il 44% di  $Al_2O_3$ , mentre nei rimanenti  $4/5$ , dove è prevista una temperatura max di superficie di  $1560$  °C, il contenuto di  $Al_2O_3$  è ca. 72 %:

Nelle successive camere di combustione, dove non c'è l'effetto di surriscaldamento dovuto alla combustione dei rifiuti solidi che scorrono lentamente sulla superficie del refrattario del tamburo rotante, ma la temperatura max prevista dell'aria di combustione è di  $1350$  °C, il contenuto di  $Al_2O_3$  nel refrattario è ca. 44 %, uguale cioè a quello della prima zona di combustione del tamburo.

La stessa qualità di refrattario è contenuta anche nella zona di quench della vecchia colonna di lavaggio fumi. In questa zona inoltre, la parete interna dell'involucro metallico, sotto il refrattario, è ebanitata, in modo da evitare fenomeni di corrosione chimica dovuti ad eventuali infiltrazioni di acqua acida del lavaggio fumi.

La zona inferiore di questa vecchia colonna di lavaggio

(radial scrubber) è invece costruita in acciaio AISI 316 L. In origine questa parte era in acciaio al carbonio ebanitato internamente.

Questa soluzione si è però dimostrata, nel tempo, molto precaria perchè un accidentale aumento di temperatura provocava delle deformazioni dell'ebanite con formazione di bolle che successivamente si fessuravano permettendo il passaggio dell'acqua acida di lavaggio con corrosione del mantello metallico.

Per ovviare a questo inconveniente, più volte verificatosi, è stata decisa la sostituzione della parte inferiore della colonna in acciaio al carbonio ebanitato con acciaio AISI 316 L.

Per la rimanente parte fredda dell'impianto, che è quella di nuova installazione, è stato scelto un materiale di costruzione che fosse resistente alla corrosione acida, in particolare resistente all'attacco di soluzioni diluite di HCl e  $H_2SO_4$  e loro sali.

A questo scopo è stato scelto un vetroresina speciale, il Derakane 470 per le due colonne di lavaggio fumi ed il relativo piping, mentre per i 4 moduli Venturi orizzontali tra le due colonne è stato scelto il PPHD (polipropilene ad alta densità), che ha una maggiore resistenza meccanica.

La parte meccanica dell'elettrofiltro è in Hastelloy C ed i 4 moduli Venturi verticali in PPHD come quelli orizzontali tra le due colonne di lavaggio.

Il ventilatore di coda che tiene in depressione l'intera linea dell'impianto ha la carcassa in acciaio al carbonio ebanitato internamente e la ventola in lega di titanio.

Il camino è in acciaio al carbonio verniciato internamente con vernice antiacida resistente fino a ca.  $150$  °C.

### Manutenzione.

Il punto critico per la manutenzione dell'impianto è il refrattario, in particolare quello del tamburo rotante, che viene completamente sostituito dopo  $12.000 - 14.000$  ore di lavoro che, considerando  $8.000$  ore di lavoro/anno, significa ca. ogni anno e mezzo.

Il tempo di lavoro previsto per la sostituzione di questo refrattario è ca. 30 giorni.

Ogni 6 mesi vengono però sostituite nel tamburo rotante le prime 2-3 file di mattoni, deteriorate per erosione e shock termici provocati dalla caduta dei rifiuti solidi alimentati.

La sostituzione completa del refrattario nelle camere statiche viene invece effettuata dopo  $24.000 - 28.000$  ore di lavoro, cioè dopo un periodo di tempo doppio rispetto a quello previsto per il tamburo rotante.

Altro punto da evidenziare è la resistenza alla corrosione chimica da condensate acide o acqua acida di lavaggio fumi dei rivestimenti interni delle apparecchiature.

L'ebanatura, che sarebbe una soluzione molto valida di questo problema, ha presentato sempre molti inconvenienti dovuti al distacco della stessa ebanite dalla parete metallica sia per effetto di un accidentale aumento di temperatura dei fumi ma spesso anche a causa di una non perfetta applicazione.

Infatti l'applicazione a caldo dell'ebanite richiede molta cura ed esperienza per evitare poi, durante l'esercizio, distacchi indesiderati senza cause specifiche come ad esempio l'effetto temperatura.

### Il nuovo forno di Ravenna

L'esperienza maturata nella gestione del forno di Ferrara è stata particolarmente utile per la progettazione del nuovo forno a tamburo rotante per l'incenerimento di rifiuti industriali tossico-nocivi che sarà realizzato presso il sito AMBIENTE di Ravenna.

In particolare l'esperienza acquisita sull'impianto di Ferrara e le conoscenze delle più recenti tecnologie di riduzione degli inquinanti nelle emissioni gassose all'atmosfera hanno condotto alla definizione del sistema di depurazione dei fumi di combustione del nuovo impianto di Ravenna.

In allegato sono riportati una descrizione sintetica delle attuali tecnologie di controllo delle emissioni gassose ed uno schema a blocchi del nuovo impianto di Ravenna (denominato F3).

### ALLEGATO

- Schema a blocchi dell'impianto di Ferrara
- Flow sheet dell'impianto di Ferrara
- Tecnologie di controllo delle emissioni gassose (inclusi tre schemi di depurazione: a secco, a semisecco, ad umido)
- Schema a blocchi dell'impianto F3 di Ravenna

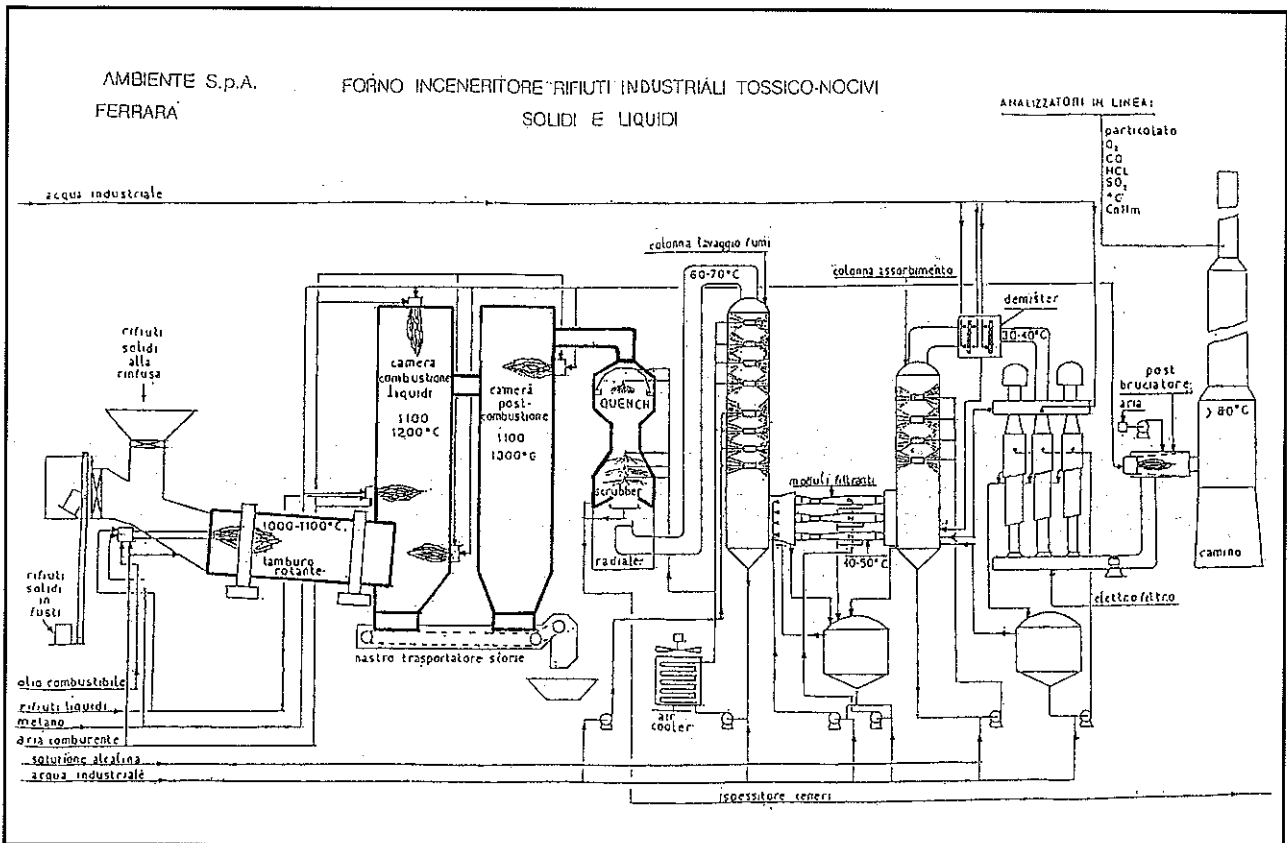
## Tecnologie di controllo delle emissioni gassose

### interventi preventivi

finalizzati alla minimizzazione della forma di alcuni composti durante la combustione ed il successivo raffreddamento dei fumi.

### interventi depurativi

rimozione degli inquinanti di interesse tramite opportune tecnologie a valle della combustione.



# Tecnologie di depurazione dei fumi

## sistemi convenzionali

fase di depolverazione + fase di assorbimento/assorbimento (sistemi a secco, a semisecco, ad umido)

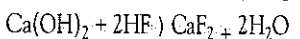
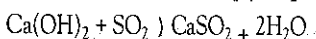
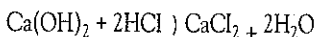
## sistemi avanzati

evoluzione in senso restrittivo delle normative sulle emissioni da impianti di combustione di rifiuti ) configurazioni impiantistica avanzata con capacità di controllo particolarmente potenziate per i microinquinanti.

## Sistemi convenzionali

### sistemi a secco e semisecco

- reattore di assorbimento/assorbimento dei gas acidi con reagente alcalino (calce o sali di sodio):



- Fase di depolverazione

Possibili modalità di alimentazione della calce nel reattore:

- calce dosata in polvere ) sistema a secco
- reagente costituito da sospensione di latte di calce ) sistema a semisecco

Rendimento di rimozione fortemente influenzato da:

- temperatura di esercizio
  - influenza le reazioni di chemioadsorbimento degli inquinanti gassosi sul reagente solido utilizzato
- tipo di depolveratore utilizzato
  - filtro a maniche rispetto a elettrofiltro consente miglior captazione del particolato più fine ed un prolungamento del contatto dei gas con il reagente solido, tuttavia esso è più delicato (probabile corrosione e/o occlusione del tessuto filtrante)

Processo a secco recente: NEUTREC (Solvay)

- Utilizza  $\text{NaHCO}_3$  in alternativa a  $\text{Ca(OH)}_2$
  - Vantaggi
    - efficienza di rimozione più elevata
    - eccessi di reagente più elevata
    - eccessi di reagente più contenuti
- minori produzioni di residui solidi da avviare a smaltimento

(ciò compensa, sul piano economico, il maggior costo del reattivo)

I sistemi depurativi del tipo a secco o semisecco sono in linea con le più recenti disposizioni normative europee che prescrivono, tra l'altro, l'assenza di scarichi liquidi.

Ciò ovviamente implica una maggior quantità di residui solidi tossici-nocivi da inviare a smaltimento.

## Sistemi ad umido

- Tecnologia consolidata prima dell'introduzione di quelle a secco e semisecco

- Nelle loro configurazioni di base comprendono:

- Depolveratore
- Apparecchiature per il lavaggio dei fumi:
  - torre a spruzzo
  - colonna a piatti o a riempimento (efficienza di assorbimento maggiore) generalmente in due stadi (acido ed alcalino).

- Scarichi liquidi da trattare.

- I gas depurati all'uscita della torre di lavaggio sono in condizioni di umidità e temperatura corrispondenti alla saturazione ) post-riscaldamento prima del camino.

- configurazioni impiantistiche più complesse rispetto a quelle del sistema a secco, compensate dal non dover operare con larghi eccessi di reagenti e rigorosi controlli delle temperature.

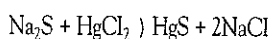
- Efficienze di rimozione estremamente elevate per i microinquinanti:

|                 | Efficienze di rimozione (%) |       |
|-----------------|-----------------------------|-------|
|                 | secco o semisecco           | umido |
| HCl             | 97-98,5                     | 99    |
| HF              | 97-98,5                     | 99    |
| SO <sub>2</sub> | 90-80                       | 99    |

- L'abbassamento della temperatura è assai efficace anche nella rimozione di microinquinanti volatili (es. Hg)

## Sistemi avanzati

- iniezione di solfuri nei sistemi a secco o semisecco per ridurre la volatilità del mercurio:



- iniezione di un adsorbente chimico (carbone attivo o coke) che, oltre al mercurio, cattura anche altri microinquinanti organici volatili. Vantaggi rispetto al solfuro di sodio:
  - dosaggi più ridotti
  - minori problemi di manipolazioni (non si verifica sviluppo di acido solfidrico)

- Per sistemi ad umido: raffreddamento dei gas spinto al di sotto delle condizioni di saturazione (sino a 30-40 °C) (sottoraffreddamento).
- Recentemente è stata proposta l'adozione dell'assorbimento su carbone attivo (o coke + calce) come stadio finale del trattamento a valle del lavaggio.
- Per lo smaltimento finale l'assorbimento esausto può essere inviato al forno, ove i microquinanti organici assorbiti vengono ossidati con elevata efficienza.
- L'adozione nei sistemi ad umido sia del sottoraffreddamento, sia dell'iniezione di carbone attivo a monte del filtro a maniche, consente minori consumi di carbone rispetto al suo utilizzo in sistemi a secco.
- Combinazione di sistema a semisecco e umido: lo spurgo liquido uscente dalla colonna di lavaggio viene neutralizzato e rinviato alla torre a spruzzo, che si

trova a monte, dove si verifica la contemporanea depurazione e raffreddamento dei fumi mediante l'evaporazione dell'acqua contenuta nello spurgo liquido. (In questo caso per ridurre il consumo di carbone attivo iniettato prima del filtro a maniche, conviene trattare lo spurgo liquido per rimuovere l'Hg contenuto in esso)

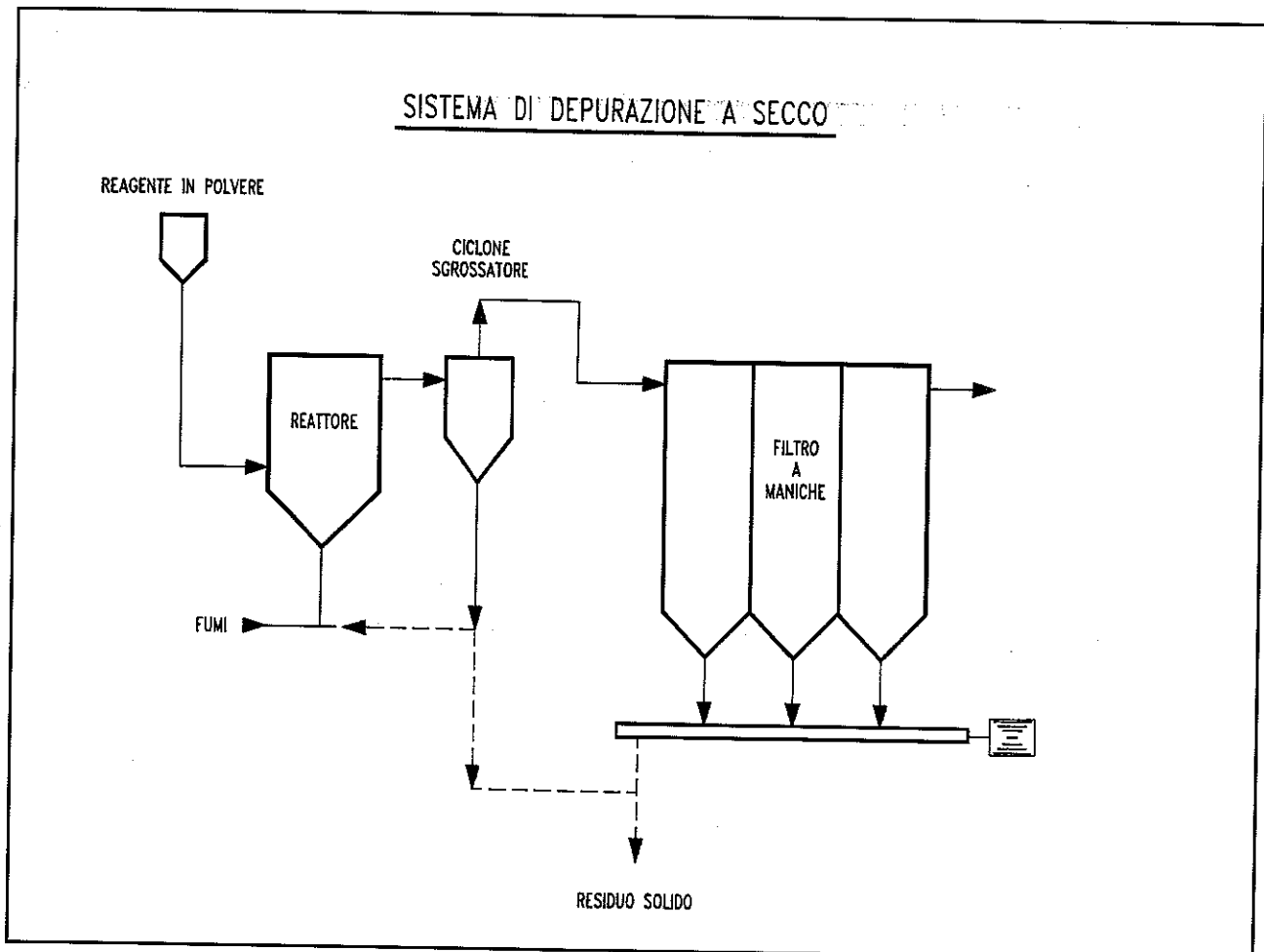
- Rimozione NO<sub>x</sub> (sistemi DeNO<sub>x</sub>):
  - non catalitica (SNCR)
  - catalitica (SCR=Selective Catalytic Reduction)

#### Riduzione non catalitica

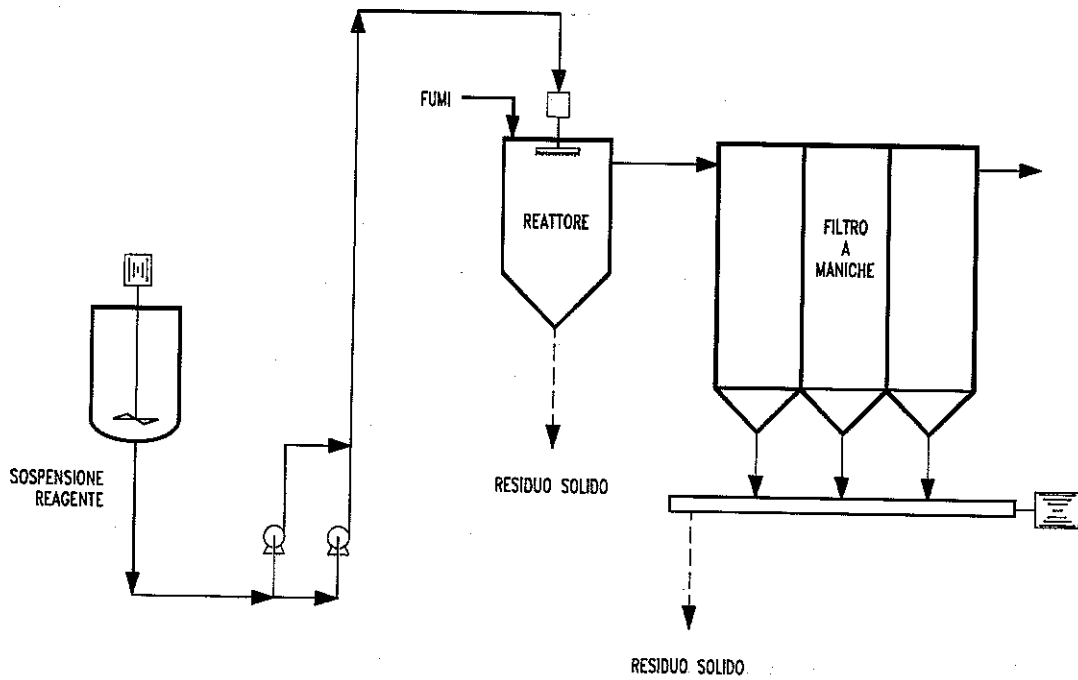
la trasformazione degli NO<sub>x</sub> in azoto molecolare viene condotta ad alta temperatura dosando ammoniaca, urea o composti ammidici direttamente in camera di combustione o in caldaia ( $\Delta T$  ottimale = 900 - 1000 °C)

#### Riduzione catalitica

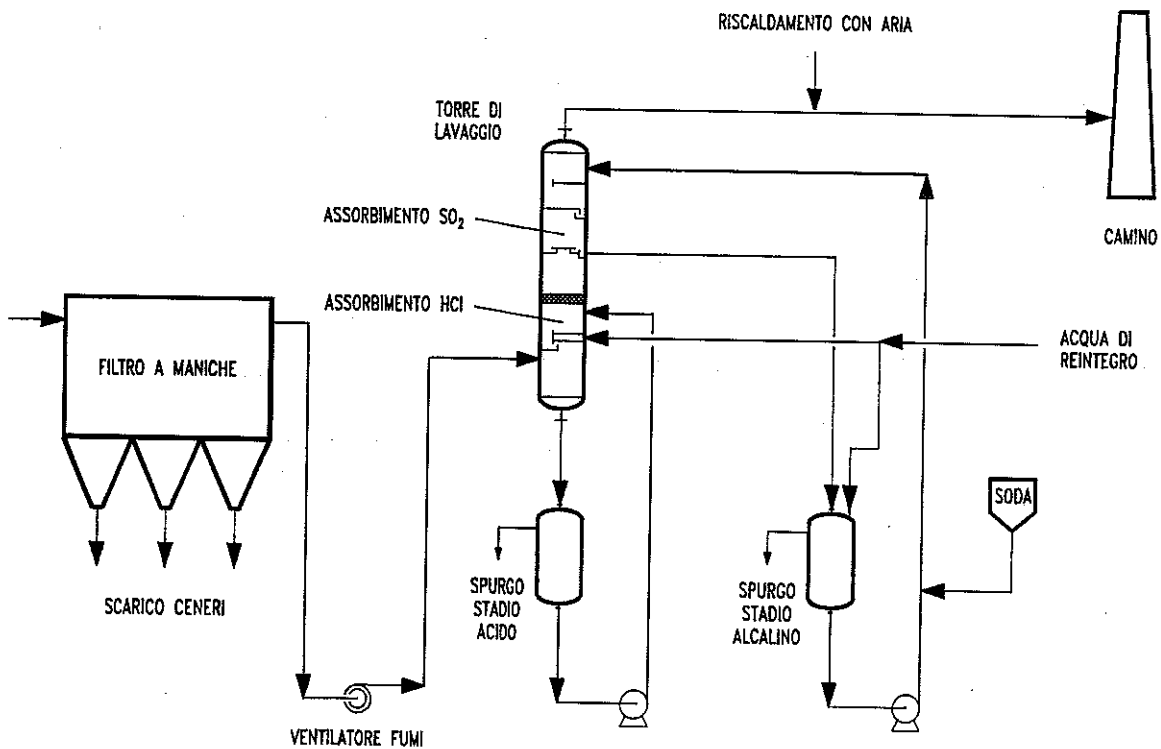
Si adottano substrati catalitici a base di titanio, platino o vanadio, con livelli di temperatura più bassi. Tale sistema è interessante anche per la ossidazione catalitica di composti organici (es. diossine). Il reattore catalitico si presenta efficace soprattutto per certi impianti ad umido, consentendo di ridurre le diossine a concentrazioni inferiori a 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> (come TCDDe).

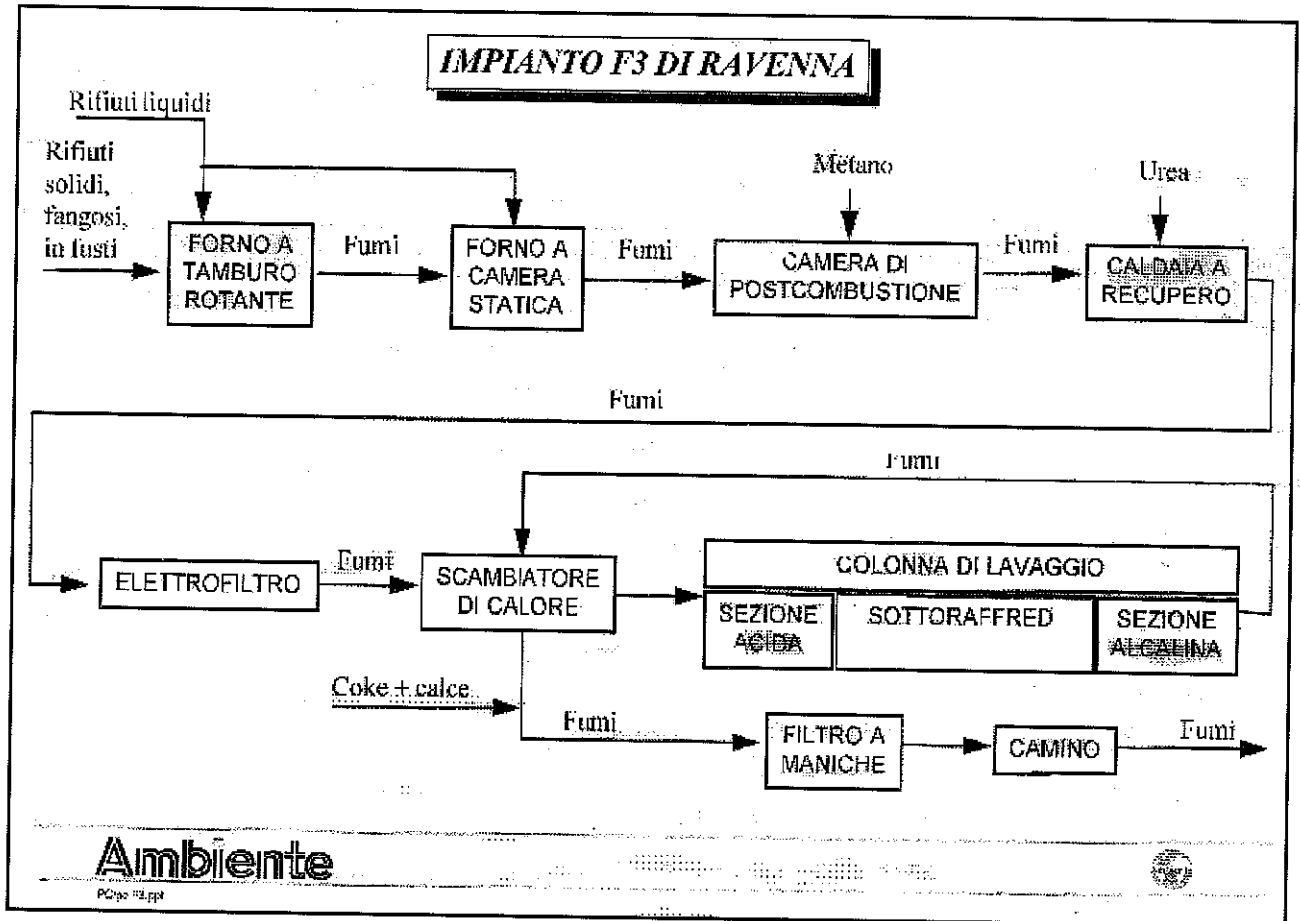


### SISTEMA DI DEPURAZIONE A SEMISECCO



### SISTEMA DI DEPURAZIONE AD UMIDO CON LAVAGGIO A DUE STADI





**Ambiente**  
PC 90 72 pp4



# Gestione di impianti di termoutilizzazione: esperienze francesi

Roberto Borghini,  
Mariani Servizi

## Introduzione

I rifiuti sono, secondo alcuni sociologi, i migliori indicatori dell'evoluzione della società. Come un grande libro di storia essi rivelano le abitudini alimentari, di costume, la durata della vita degli oggetti, i tipi di svaghi e le attività economiche di un'epoca. Ma, nonostante ciò, presto al mattino questi rifiuti spariscono, o sparivano, nell'indifferenza generale.

In effetti, oltre ad una parte crescente della popolazione, le autorità pubbliche, le amministrazioni ed alcune società si preoccupano dell'avvenire di questi rifiuti.

Questo approccio, dettato a volte da pressioni esterne, sovente sentito come una necessità nei confronti dell'ambiente, assume in ogni caso un carattere di urgenza di fronte agli imponenti aspetti del problema: solo in Italia si producono più di 20 milioni di tonnellate all'anno.

Oggi il problema dei rifiuti comporta troppi parametri economici, sociali ed ecologici per non divenire un'attività per specialisti altamente qualificati. Le loro competenze devono coprire certamente numerose discipline tecniche, giuridiche e finanziarie, ma devono comprendere anche la capacità di analisi del comportamento sociale, la conoscenza delle tecniche di comunicazione, la flessibilità per proporre soluzioni integrate architettonicamente nel paesaggio circostante, nonché il perseguimento della sicurezza delle soluzioni proposte garantendone nel contempo la migliore affidabilità.

In breve: l'approccio al problema dev'essere un approccio globale mirato alla qualità totale.

E' in questo spirito che, da alcuni anni, la Compagnie Générale de Chauffe, appartenente al gruppo Compagnie Générale des Eaux ed azionista unico di Mariani Servizi, affronta il problema dei rifiuti basandosi su proposte innovative.

## Un Know-how internazionale

La politica della Compagnie Générale de Chauffe nel campo del trattamento e della valorizzazione dei rifiuti

scaturisce dalla lunga tradizione di servizio che anima il gruppo fin dalla sua creazione. A motivo infatti della sua attività di base (realizzazione e gestione di installazioni termiche), la Compagnie Générale de Chauffe é particolarmente sensibile ai problemi delle collettività e, in tale ottica, é in grado di sviluppare soluzioni originali al problema dei rifiuti assemblando tutte le competenze necessarie per un approccio globale, progredito e singolarmente adattato a ciascun caso.

Per permettere una efficiente interazione fra le diverse società, partners e filiali del gruppo e ottenere l'ottimizzazione delle relative competenze é stato creato, in seno alla Direzione dello Sviluppo della Compagnie Générale de Chauffe, il 'Club Rifiuti', struttura di riflessione e fonte di proposte.

I responsabili di questa struttura sono a disposizione delle direzioni regionali e delle strutture internazionali e assicurano la concezione, la progettazione, la elaborazione e la promozione di schemi innovativi di valorizzazione dei rifiuti.

Essi possono avvalersi delle competenze di differenti partners del gruppo Générale des Eaux quali:

- ORION: struttura che raggruppa una équipe d'ingegneri specialisti nelle diverse discipline tecniche legate all'ambiente.
- CGEA-ONYX: società specializzata nelle raccolte differenziate, nella progettazione e gestione di centri di selezione e di valorizzazione e nella gestione delle discariche.
- OTVD: società specializzata nel trattamento rifiuti tramite compostaggio.
- ARGOPOL: filiale della Compagnie Générale de Chauffe specializzata nella misura e nella sorveglianza dell'inquinamento dell'aria e dell'acqua per conto di collettività e di industrie.
- SOLICENDRE: struttura specializzata nell'inertizzazione dei residui ultimi di qualunque trattamento.

- CREED: il Centro di Ricerche e di Analisi per l'Ambiente e i Rifiuti sviluppa le sue ricerche finalizzate all'ottimizzazione di tutta la catena di trattamento dei rifiuti. Questo si avvale della collaborazione di ingegneri delle diverse società e ha stretti rapporti di collaborazione con docenti di differenti Università sia francesi che estere. Questi gemellaggi permettono di sviluppare ricerche su nuovi metodi e tecnologie per il trattamento dei rifiuti sempre più affidabili sotto gli aspetti tecnici, ecologici ed economici.

Ad oggi, il Gruppo Compagnie Générale de Chauffe gestisce in Francia e all'estero più di 40 centri di trattamento e valorizzazione dei rifiuti che eliminano oltre cinque milioni di tonnellate di rifiuti all'anno. Questo successo commerciale premia la politica del gruppo basata su un Know-how costantemente innovativo, sull'approccio "globale" dato al problema (grazie alla sinergia di competenze), sulla realizzazione di centri di trattamento e valorizzazione dei rifiuti concepiti in grado di evolversi coi tempi ed adattarsi alle esigenze del domani.

La figura 1 riporta una breve sintesi delle referenze del gruppo.

Sono queste le premesse della vocazione internazionale del Gruppo che ha progettato e gestisce grandi realizzazioni come il "Progetto SELCHP", un impianto da 420.000 ton/anno alla periferia londinese e l'impianto di trattamento di Macao.

Anche nell'Europa dell'Est la Compagnie Générale de Chauffe propone progetti specifici adattati ai contesti economici di questi paesi.

#### L'impianto di Nizza

La qualità dell'ambiente è una priorità essenziale per una città come Nizza a forte vocazione turistica. Pertanto, la distruzione dei rifiuti urbani fa parte da lungo tempo delle preoccupazioni della cittadinanza. Già dal 1931 Nizza è dotata di un inceneritore con recupero di energia, utilizzata per i bisogni termici dell'ospedale Pasteur, il maggiore della città.

Quando si è trattato di sostituire l'impianto ormai obsoleto, la municipalità di Nizza ha preso in considerazione tutte le differenti modalità di eliminazione dei rifiuti e ha stabilito che nel contesto nizzardo l'incenerimento era ancora la soluzione preferibile. Nasce così

## Referenze internazionali - 1995

| Tecnologie:   | N° Impianti |
|---|-------------|
| Impianti di incenerimento senza recupero di calore  | 8           |
| Impianti di incenerimento con recupero di calore (Teleriscaldamento)                              | 8           |
| Impianti di incenerimento con recupero di calore e produzione energia elettrica                   | 14          |
| Impianti di incenerimento con produzione di energia elettrica                                     | 1           |
| Impianti di compostaggio con incenerimento di sottoprodotti del compostaggio e recupero di calore | 1           |
| Complessi di trattamento multifiliere   | 9           |
| <b>Totale impianti</b><br>(per oltre 5.350.000 t/a trattate)                                      | <b>41</b>   |

Fig. 1 - Sintesi delle referenze del gruppo



l'impianto dell'Ariane, entrato in servizio nell'Ottobre 1977 e da allora gestito, tramite un contratto di gestione di lunga durata, dalla Compagnie Générale de Chauffe.

La particolarità più interessante dell'impianto è che questo è situato in una zona intensamente urbanizzata e a carattere residenziale. La scelta di questa ubicazione è stata dettata dalla disponibilità di un'area di idonee dimensioni (cosa rara nella zona) e dalla facilità di allacciamento alle reti di teleriscaldamento cittadine.

L'architettura dell'impianto è stata studiata accuratamente al fine di ottenere un impatto estetico positivo.

Gli impatti sull'ambiente dovuti all'inceneritore sono stati affrontati e valutati secondo le normative del tempo e con particolare riguardo ai problemi di rumore, odori, soppressi grazie alla messa in depressione della fossa di scarico, e polveri al camino, abbattute da elettrofiltri di grande efficacia che assicuravano emissioni superiori ai 50 mg/mc regolamentari.

Concepito in grado di evolversi l'impianto era dotato, all'atto della sua messa in funzione, di due linee da 12 ton/h ciascuna, ma dimensionato per tre. Anche la fossa, sovradimensionata, poteva alimentare 4 linee.

Il recupero di energia era stato ottimizzato tramite l'adozione di caldaie a recupero di pezzo con i forni stessi. Si aveva così in parte produzione di elettricità grazie ad un turboalternatore da 8,5 MW e in parte calore per alimentare le due reti di teleriscaldamento urbane.

Anche le scorie, di buona qualità, perché contengono meno del 3% di incombusti, vengono recuperate e utilizzate in base alla normativa vigente in Francia quale materiale per sottofondi stradali.

Il risultato dell'attività dell'impianto è più che soddisfa-

cente, prova ne è che nel 1982 è entrato in servizio il terzo forno da 12 t/h e nella primavera del 1996 si inizieranno i lavori per la costruzione della quarta linea, da 18 t/h. Nel tempo si è proceduto ad adattare la linea fumi rispetto alla configurazione originaria: in primo luogo l'adozione di un dispositivo per neutralizzare l'acidità dei fumi (acido cloridrico < 250 mg/mc), e in secondo luogo l'introduzione di un dispositivo a letto fluido per il trattamento dei fanghi provenienti dalla stazione di depurazione delle acque al fine di permettere l'incenerimento diretto di questi ultimi nei forni.

Da ultimo si è attrezzata una linea di caricamento automatizzata per i rifiuti ospedalieri.

Oggi l'impianto incenerisce: 250.000 ton. di scarti di cui 225.000 ton di rifiuti urbani e 25.000 ton di fanghi dissecati. Oltre 30.000 ton di rifiuti provengono da altri comuni. Le figure 2 e 3 illustrano schematicamente l'impianto in oggetto, mentre le figure 4,5,6 e 7 riportano le caratteristiche tecniche dell'installazione e le caratteristiche dei fumi. Le figure 8 e 9 riportano i dati di gestione più significativi. E' da notare il fatto che, essendo le reti di teleriscaldamento urbano (illustrate in figura 10) sature, il recupero in energia elettrica è proporzionalmente in crescita.

Le foto delle figure 11, 12 e 13 mostrano alcune vedute dell'impianto.

Per quanto riguarda i parametri gestionali, l'esperienza acquisita in 17 anni di gestione permette di assicurare una disponibilità reale dell'impianto pari all'88,2%. Tale dato è sicuramente uno dei caposaldi che ha portato alla certificazione UNI-EN-ISO-9002 nel febbraio '95. Nonostante l'ampliamento del 1982 l'impianto di Nizza

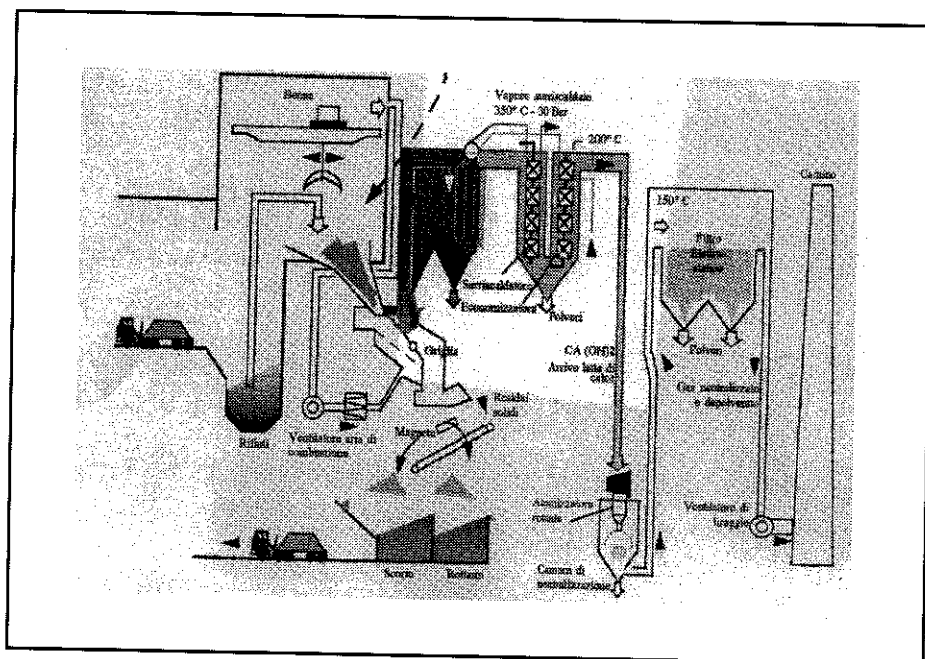


Fig. 2 - Schema dell'impianto di incenerimento di Nizza

é saturo. La municipalità ha di nuovo dovuto affrontare il problema del trattamento dei rifiuti. I punti salienti del contesto urbano attuale sono:

- maggiore attesa di protezione ambientale
- scarsità dei siti di discarica e necessità di preservarli razionalizzando gli apporti
- rigore di budget.

Soluzioni alternative quali la raccolta selettiva e il riciclaggio sono state esaminate e scartate perché antieconomiche. La valorizzazione energetica dei rifiuti é risultata ancora una volta la strada migliore.

Si é decisa allora la costruzione del quarto forno (da 18 t/h) e contemporaneamente l'implementazione dei dispositivi antinquinamento dell'intero centro di trattamento. L'investimento di 230 milioni di FF é assorbito per il 27% dal nuovo dispositivo di trattamento fumi a umido. E' previsto inoltre il re-styling dell'impianto. I lavori sono stati affidati alla Compagnie Générale de Chauffage che ha garantito:

- una buona affidabilità delle installazioni peraltro già largamente collaudate.
- una capacità di trattamento sufficiente a regolare per almeno 15 anni il problema del trattamento dei rifiuti di Nizza e dell'Est del Dipartimento.
- costi di trattamento ragionevoli nell'ordine di 300 FF/ton grazie al quarto forno e al recupero di energia.
- un limitato impatto sull'ambiente grazie alla messa a norma secondo la normativa europea anti-inquinamento.
- riduzione dei rifiuti ultimi, ceneri e scorie, che grazie ai trattamenti ricevuti possono essere utilizzati come materiale da sottofondo stradale.

### Il concetto di soluzione integrata

#### ◆ Complessità del problema dei rifiuti

Negli ultimi anni, l'incremento delle attività economiche e commerciali, insieme ad uno spiccato aumento e all'evoluzione dei consumi, hanno provocato una crescita imponente del quantitativo di rifiuti, sia a livello nazionale, che, più in generale, a livello europeo.

Parallelamente a questa crescita considerevole, la natura stessa dei rifiuti si evolve e si diversifica: i rifiuti urbani contengono sempre di più, rispetto alle materie organiche, plastica, vetro, metalli, carta e cartone, provenienti per lo più dagli imballaggi. Pile e medicinali, pur non essendo un grosso quantitativo, meritano particolare attenzione in quanto particolarmente inquinanti.

Vi sono poi i rifiuti industriali che costituiscono una parte importante del quantitativo totale da smaltire e che, proprio in virtù della loro tipologia estremamente varia, necessitano di soluzioni di smaltimento diversificate. Fra questi rientrano anche rifiuti di composizione simile agli urbani, detti assimilabili agli urbani, rifiuti inerti, ma anche rifiuti tossico-nocivi (oli esausti, solventi, reflui di trattamento acque o fumi particolarmente inquinanti, polveri o scorie di sostanze tossiche, ecc...) che richiedono particolare cautela sia nel trattamento che nello stoccaggio definitivo.

Ricordiamo infine i rifiuti ospedalieri che, secondo la legislazione vigente, devono essere inceneriti.

#### ◆ L'approccio globale

La complessità del problema rifiuti, insieme al crescente interesse per la salvaguardia ambientale e alla continua evoluzione normativa, impone quindi un approccio

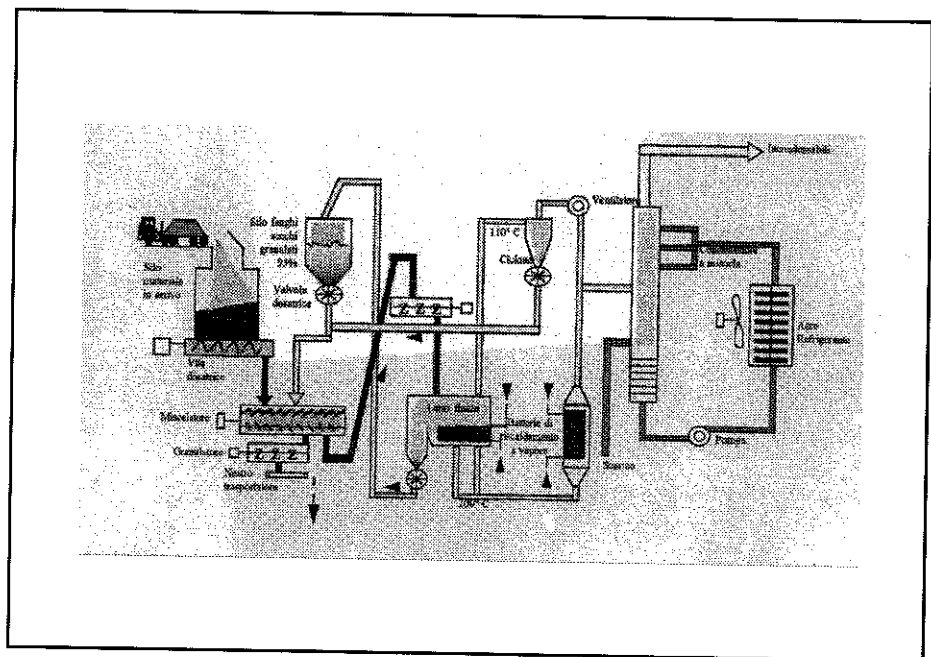


Fig. 3 - Schema dell'impianto di trattamento fanghi di Nizza

nuovo, mirante alla qualità totale delle soluzioni di smaltimento: l'approccio globale.

L'approccio globale esamina il ciclo completo del rifiuto, in ogni sua fase, dalla produzione, attraverso l'analisi delle fonti, allo smaltimento ultimo e definitivo; tutto questo tramite la previsione e la pianificazione fatta in un'ottica realistica, che tenga conto sia degli aspetti tecnici come di quelli economici, finanziari e giuridici, nonché della realtà sociale e territoriale locale, e dell'impatto ambientale.

La tendenza generale, laddove non sia addirittura possibile limitarne la produzione alla fonte, è quella di valorizzare i rifiuti, limitando la messa in discarica ai soli rifiuti ultimi o sottoprodotti di trattamento, i cosiddetti "rifiuti dei rifiuti".

Il procedimento globale del trattamento si basa su alcuni punti essenziali:

- a monte, le fonti di rifiuti sono identificate e misurate in termini di incremento quantitativo e qualitativo negli anni successivi. Queste stime sono essenziali per il calcolo della capacità a medio-lungo termine del centro di trattamento.
- l'ottimizzazione delle forme di raccolta è attuata dopo l'analisi del contesto locale, dei tipi di rifiuti prodotti e delle strutture già esistenti.
- la raccolta assume diverse forme: a domicilio, classica o selettiva, grazie a pattumiere differenziate, per deposito in contenitori speciali (principalmente per il vetro la carta e il cartone), tramite centri di apporto volontario o centri di raccolta per gli ingombranti

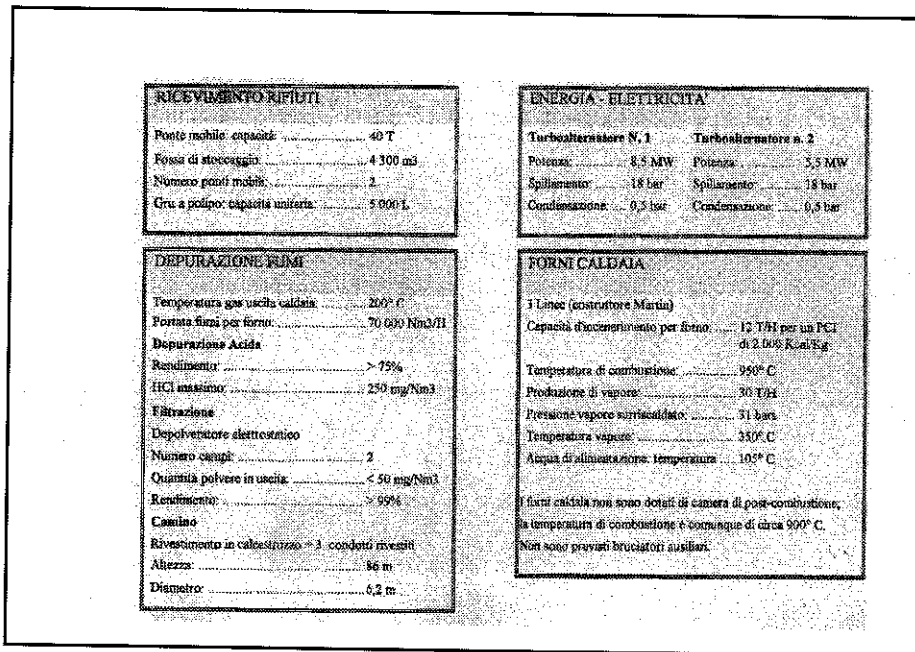


Fig. 4 - Caratteristiche tecniche

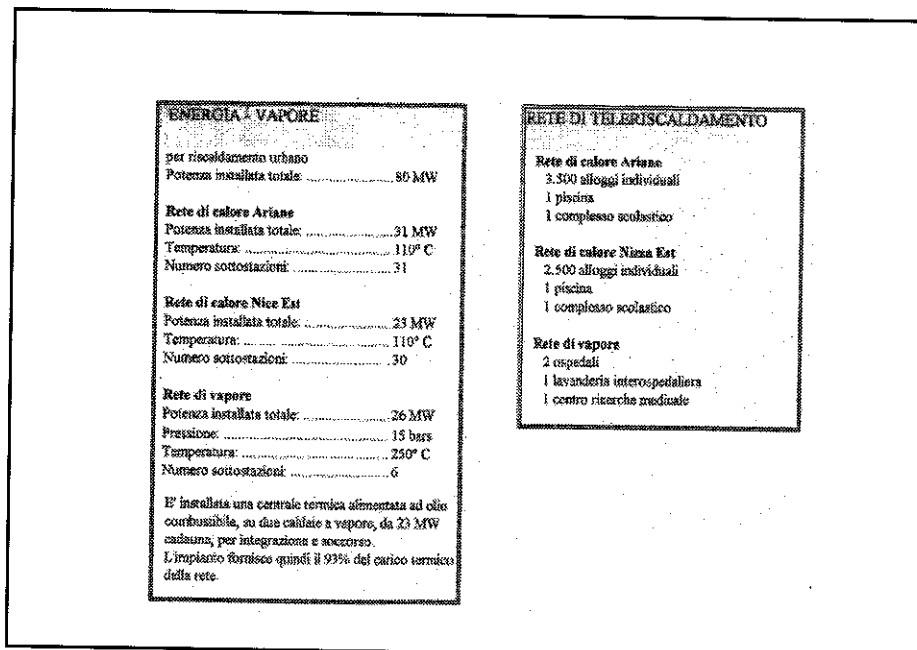


Fig. 5 - Caratteristiche energetiche

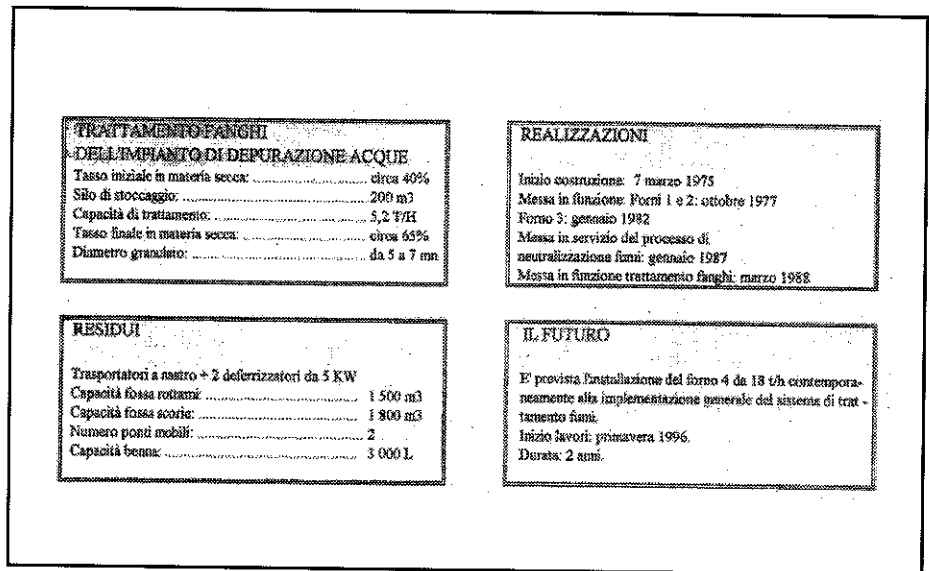


Fig. 6 - Caratteristiche tecniche, le realizzazioni e il futuro

|                              | Valori limiti fissati da disposizione prefettoriale |                        | Controlli effettuati in FABIANE in aprile 1994 da APAVE SUD-EST |   |   |
|------------------------------|---|------------------------|---|---|---|
|                              | Fino al 01/12/86                                    | Dopo il 01/12/86       | Forno 1   | Forno 2   | Forno 3   |
| Percentuale fumi             |   |                        | 72,794 Nm <sup>3</sup> /h                                       | 70,001 Nm <sup>3</sup> /h                       | 66,204 Nm <sup>3</sup> /h                       |
| Temperatura                  |   |                        | 158° C  | 155° C  | 129° C  |
| Quantità O <sub>2</sub>      |   |                        | 11,5% *   | 10,8% *   | 11,7% *   |
| Quantità CO <sub>2</sub>     |   |                        | 8,5% *  | 8,6% *  | 7,9% *  |
| Quantità CO                  | 100 mg/m <sup>3</sup>                               | 160 mg/m <sup>3</sup>  | 30 mg/m <sup>3</sup> a 11% O <sub>2</sub> *                     | 30 mg/m <sup>3</sup> a 11% O <sub>2</sub> *     | 25 mg/m <sup>3</sup> a 11% O <sub>2</sub> *     |
| Velocità verticale emissioni | 8 m/s   | 12 m/s                 | 10,35 m/s   | 10,26 m/s                                       | 9,10 m/s  |
| Polveri                      | 50 mg/Nm <sup>3</sup>                               | 30 mg/Nm <sup>3</sup>  | 32 mg/Nm <sup>3</sup>   | 42 mg/Nm <sup>3</sup>                           | 17 mg/Nm <sup>3</sup>                           |
| HCl                          | 260 mg/Nm <sup>3</sup>                              | 50 mg/Nm <sup>3</sup>  | 92 mg/Nm <sup>3</sup>   | 149 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>  | 54 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>   |
| HF                           | 4 mg/Nm <sup>3</sup>                                | 2 mg/Nm <sup>3</sup>   | 1,63 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>                 | 0,21 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub> | 0,22 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub> |
| SO <sub>2</sub>              | 300 mg/Nm <sup>3</sup>                              | 300 mg/Nm <sup>3</sup> | 50 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>                   | 70 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>   | 34 mg/Nm <sup>3</sup> a 11% di O <sub>2</sub>   |
| Metalli pesanti              | 5 mg/Nm <sup>3</sup>                                | 5 mg/Nm <sup>3</sup>   | 1,02 mg/Nm <sup>3</sup>   | 2,26 mg/Nm <sup>3</sup>                         | 1,35 mg/Nm <sup>3</sup>                         |
| Nichel + Arsenico            | 1 mg/Nm <sup>3</sup>                                | 1 mg/Nm <sup>3</sup>   | 0,009 mg/Nm <sup>3</sup>  | 0,004 mg/Nm <sup>3</sup>                        | 0,004 mg/Nm <sup>3</sup>                        |
| Cadmio                       | 0,3 mg/Nm <sup>3</sup>                              |                        | 0,04 mg/Nm <sup>3</sup>   | 0,05 mg/Nm <sup>3</sup>                         | 0,04 mg/Nm <sup>3</sup>                         |
| Mercurio                     | 0,2 mg/Nm <sup>3</sup>                              |                        | 0,02 mg/Nm <sup>3</sup>   | 0,06 mg/Nm <sup>3</sup>                         | 0,024 mg/Nm <sup>3</sup>                        |

Fig. 7 - Caratteristiche dei fumi

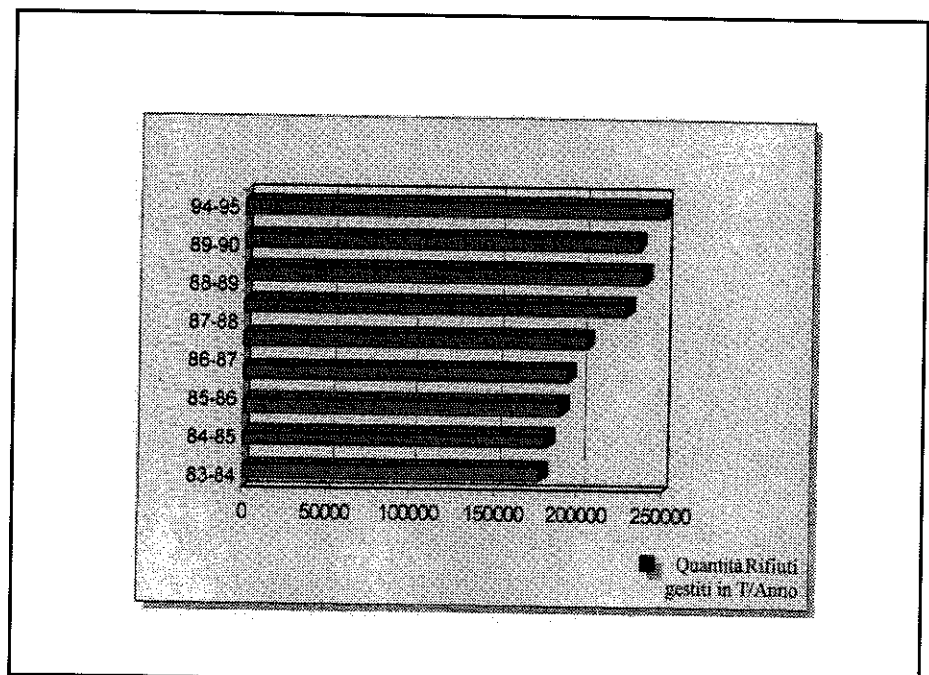


Fig. 8 - Dati di Gestione quantità rifiuti trattati

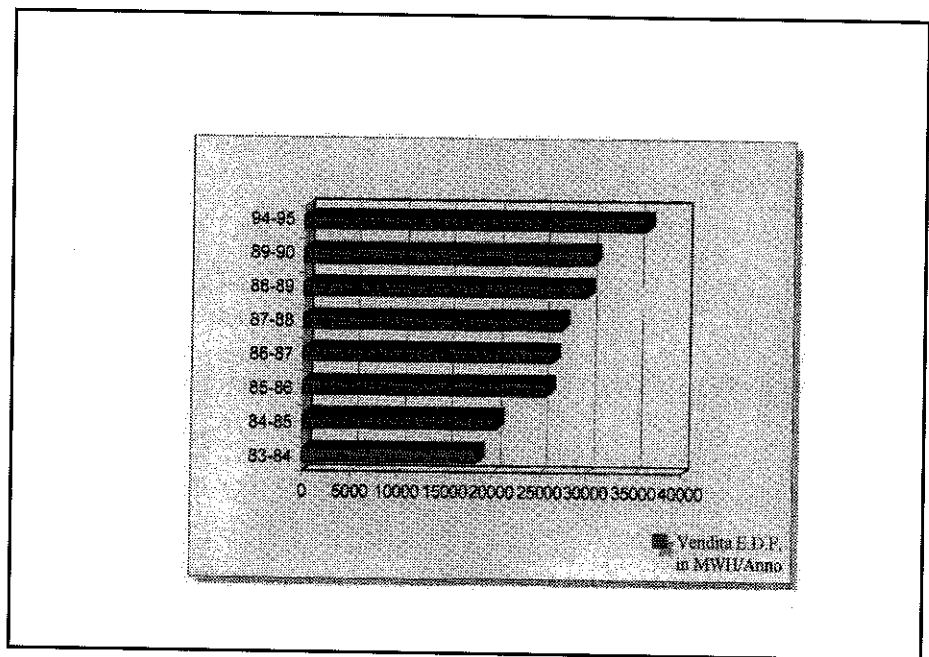


Fig. 9 - Dati di Gestione vendita di energia elettrica

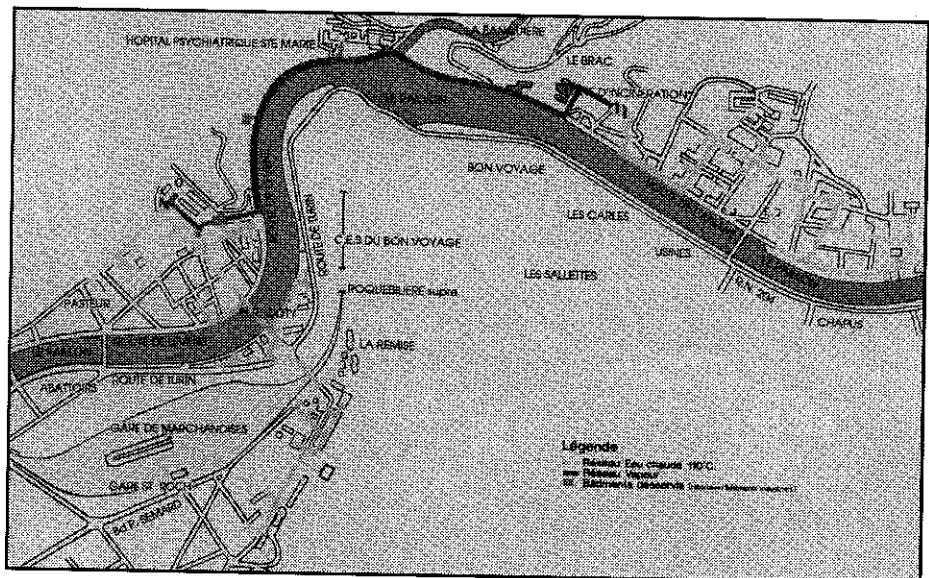


Fig. 10 - La rete di teleriscaldamento

- (materassi, frigoriferi), i calcinacci, i rifiuti tossici domestici (batterie, pile, vernici, solventi...)
- uno studio analitico nel tempo dei comportamenti della popolazione completato con le relative osservazioni ed accompagnato da una campagna di informazione e comunicazione regolare sulle ragioni della raccolta differenziata, permette, per esempio, di migliorare in permanenza la qualità della raccolta.
- una cernita selettiva di orientamento e controllo dirige ogni grande famiglia di rifiuti verso il trattamento più appropriato.
- riciclaggio/ recupero: carta, cartone, vetro, plastica, metallo, legno...
- compostaggio o valorizzazione biologica: trasformazione delle frazioni fermentabili prelevate per raccolta differenziata a livello delle abitazioni e i rifiuti "verdi" (tosatura dell'erba, potatura degli alberi e delle sie-

- pi) in un concime o terriccio di ottima qualità.
- valorizzazione termica con produzione di calore e/o di elettricità.
- discariche finali raccolgono, secondo le loro categorie, la piccola frazione di rifiuti che non possono essere valorizzati o riciclati per ragioni tecniche o per carico inquinante troppo elevato.

La figura 14 riporta schematicamente la filosofia globale nel settore del trattamento dei rifiuti.

◆ **Una sinergia di competenze al servizio dell'ambiente**  
Lo studio e la realizzazione di soluzioni di smaltimento nell'ottica moderna dell'approccio globale richiedono una sinergia di competenze che spaziano dal settore tecnico, a quello economico-gestionale a quello ambientale sino, ma non meno importante, a quello sociale, in

FIGURA 11

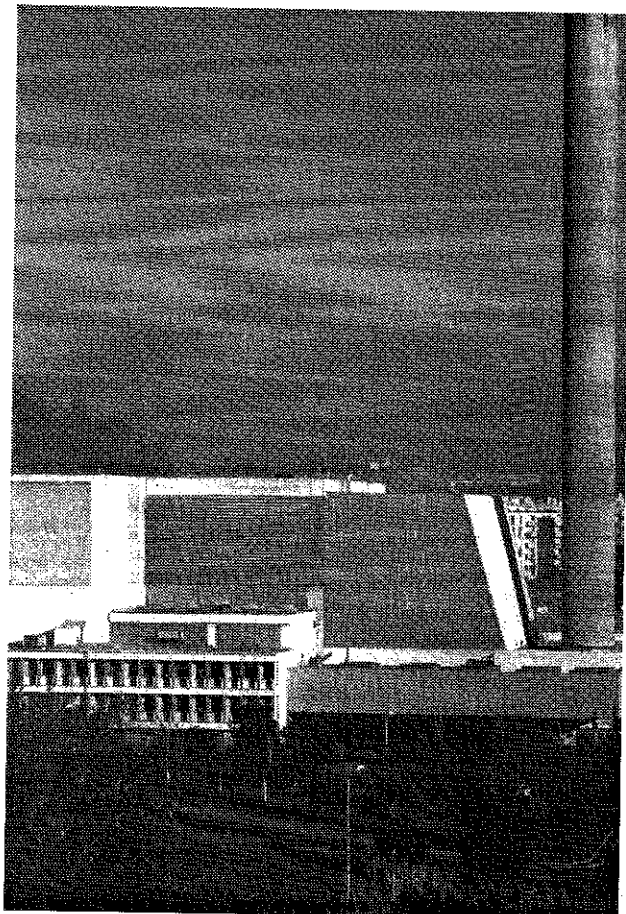


FIGURA 12

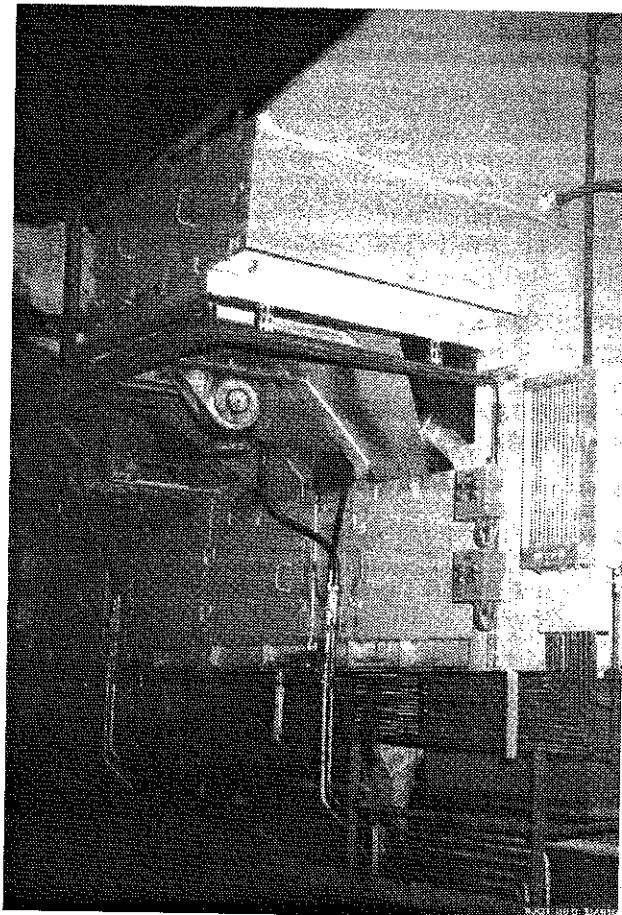


FIGURA 13



particolare per quanto riguarda la comunicazione con la popolazione.

#### settore tecnico

Gli impianti di smaltimento e di stoccaggio devono essere realizzati con tecnologie innovative tendenti a valorizzare i rifiuti e rispondenti ai seguenti criteri:

- sicurezza e affidabilità per quanto riguarda il controllo di ogni possibile forma di inquinamento;
- flessibilità in modo da adattarsi all'evoluzione quantitativa o qualitativa dei rifiuti in un'ottica di lungimiranza e di pianificazione a lungo termine;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente e sulla popolazione (impatto visivo, olfattivo, rumore,...)

#### settore economico-gestionale

Una volta costruito l'impianto va gestito correttamente secondo criteri di efficienza ed economicità. L'importanza di una gestione ottimale si ripercuote in campo:

- economico, in quanto influisce sul costo finale di smaltimento dei rifiuti;
- ambientale, perché per garantire la massima sicurezza, oltre ad un impianto tecnologicamente all'avanguardia, sono necessarie l'esperienza e le conoscenze del personale qualificato che lo conduce.

### settore ambientale

L'impatto ambientale deve essere minimizzato tramite la scelta di:

- un sito idoneo (lontano da centri abitati, scarso valore paesaggistico, buona viabilità,...);
- una struttura architettonica che favorisca un inserimento armonico dell'impianto nell'ambiente;
- sistemi di monitoraggio e di controllo che garantiscano il corretto funzionamento e la sicurezza dell'impianto.

### settore della comunicazione

La probabile ostilità della popolazione locale verso l'impianto di smaltimento e la diffidenza riguardo alla sicurezza devono essere affrontate prima ancora della sua costruzione studiando un opportuno piano di comunicazione. Tale piano, basato sull'informazione e sulla trasparenza, deve permettere alla gente di rendersi conto di quanto urgente e pressante sia il problema rifiuti, spiegando nel contempo e convincendola ad aderire alla filosofia dell'approccio globale.

E' importante per il successo di tale piano che:

- l'informazione avvenga a livelli diversi a secondo dello strato sociale cui è rivolta: più didattica per i ragazzi di età scolare, più tecnica per gli insegnanti, gli studenti e gli esperti del settore, divulgativa per le altre categorie;

- una volta sensibilizzata, la popolazione venga coinvolta in prima persona fino a cambiare le proprie abitudini e a partecipare attivamente alla raccolta differenziata;
- siano comunicati regolarmente i risultati della raccolta differenziata e lo stato di avanzamento della costruzione dell'impianto e, più in generale, la situazione dello smaltimento rifiuti.

### **L'impianto di Jas de Madame: il futuro in Costa Azzurra**

A Villeneuve Loubet sul rilievo di Jas de Madame verrà inaugurato fra poco il progetto AUREA, il nuovo centro di trattamento e di valorizzazione dei rifiuti della Costa Azzurra.

Alla realizzazione di questo progetto, nato sotto l'impulso degli specialisti della Direzione dello Sviluppo del gruppo Générale de Chauffe, ha lavorato una équipe pluridisciplinare che ha sommato le più diverse competenze:

- gli esperti della Compagnie Générale de Chauffe
- Sud-Est Assainissement
- gli ingegneri dell'Orion
- la CNIM, Construction Industrielles de la Méditerranée, fornitore dell'unità di valorizzazione energetica.
- l'architetto, lo studio Space Architecture di Parigi.

Dalla sinergia di queste professionalità complementari è

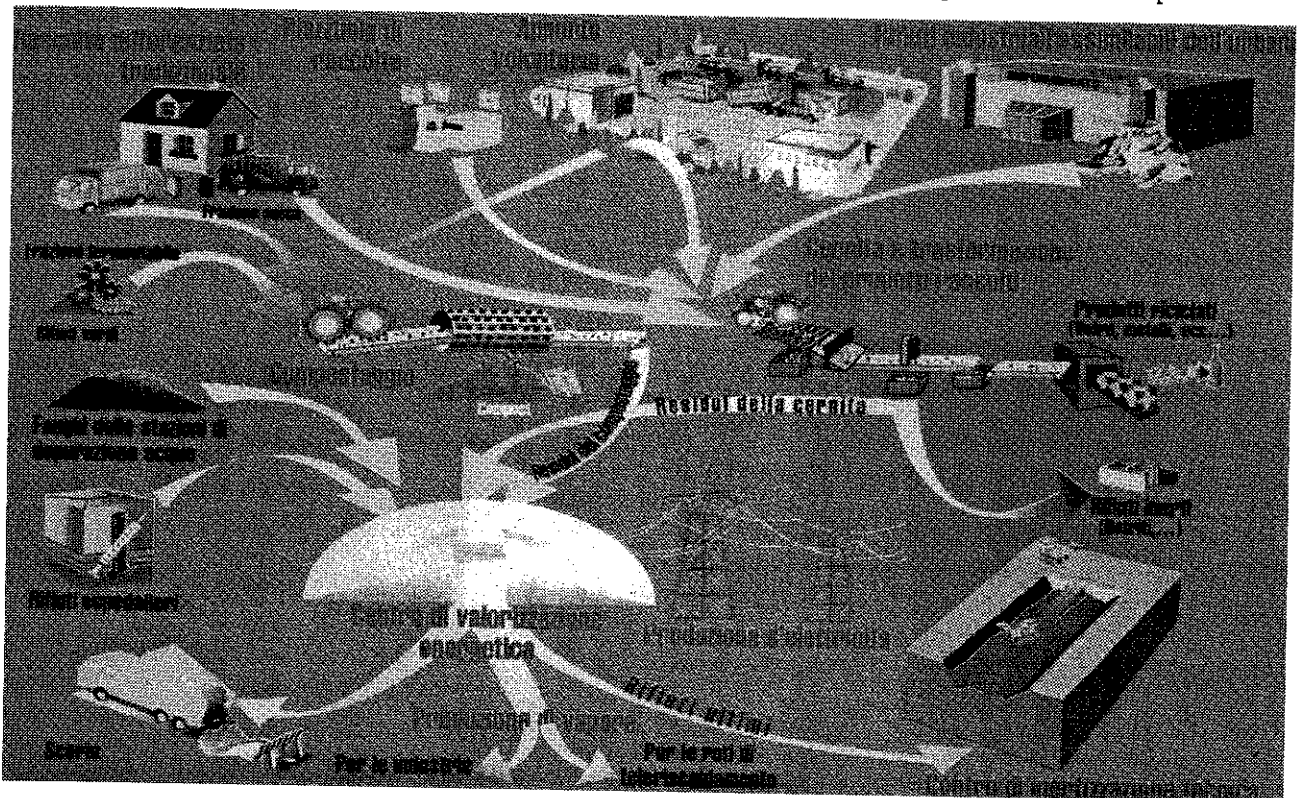


Fig. 14 - L'approccio globale al pianeta rifiuti

FIGURA 15

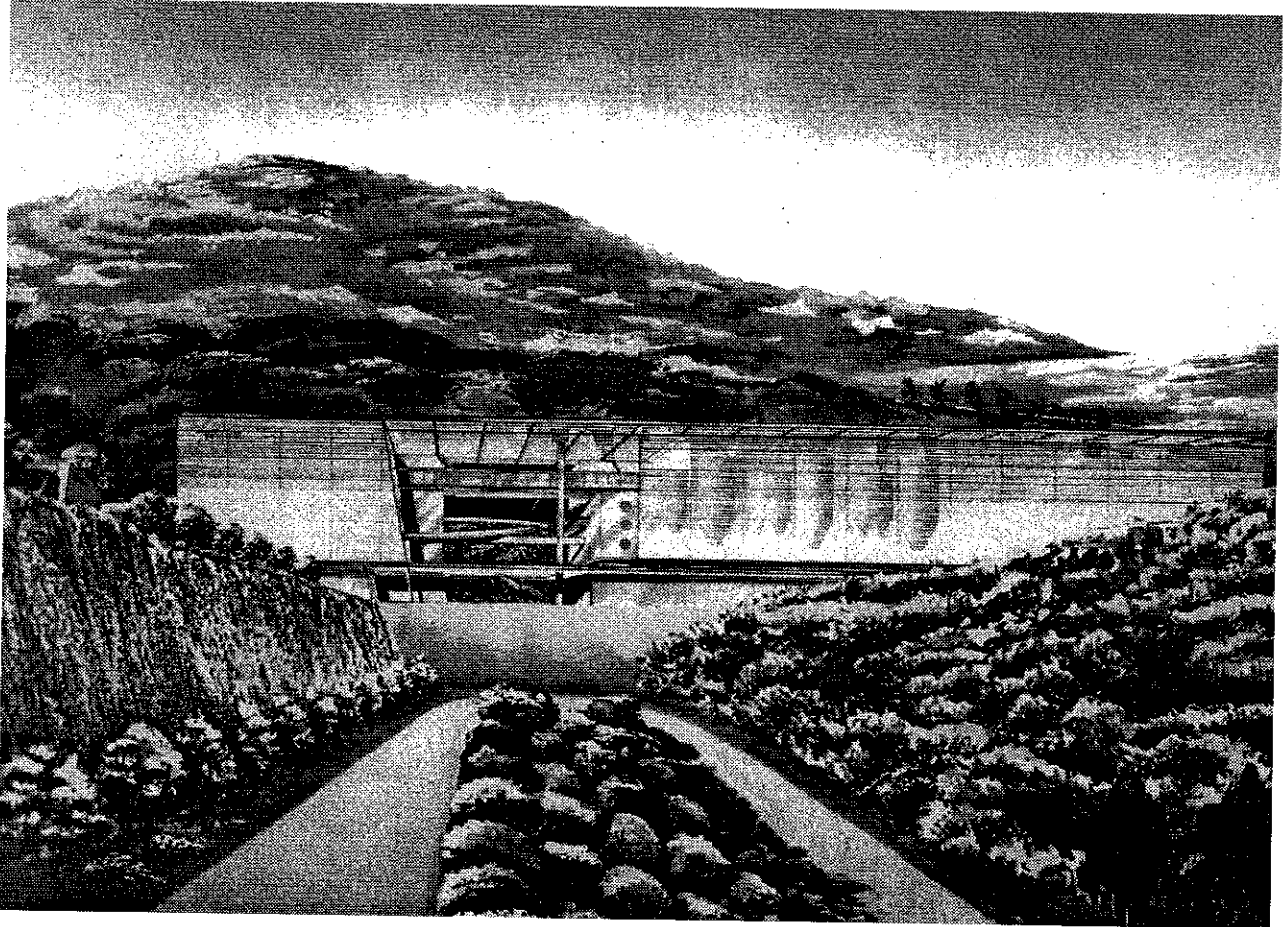
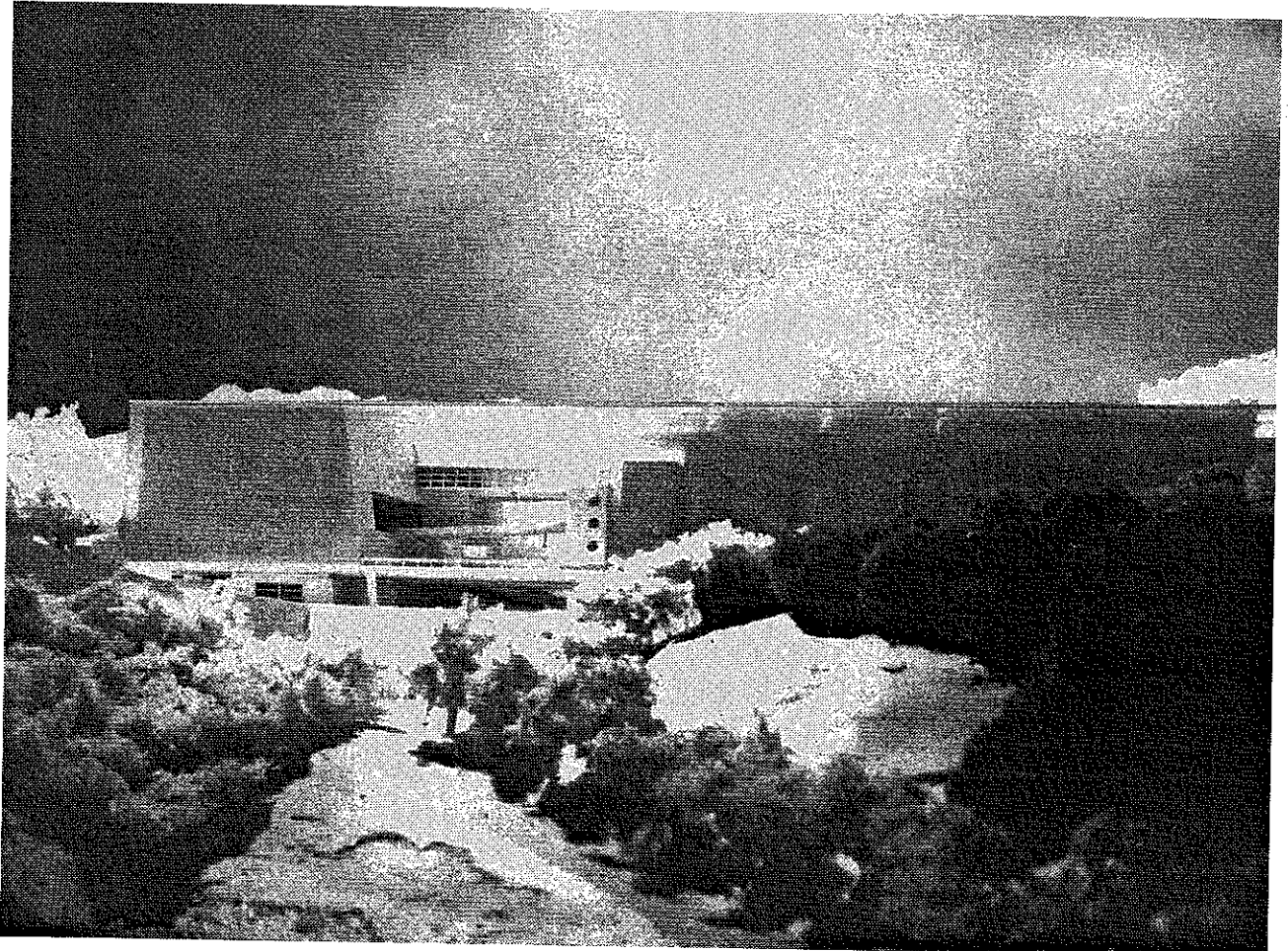


FIGURA 16





nato un edificio "terziario" tutto in trasparenza che, incastonato nel fianco della collina, si integra al paesaggio in un modo completamente naturale.

La particolarità più innovativa del centro Aurea sta nella "sparizione" quasi totale della ciminiera, elemento considerato fino ad oggi un "male inevitabile". Grazie alla localizzazione del centro di trattamento lontano da ogni costruzione od ostacolo naturale e grazie ad un dispositivo di disinquinamento dei fumi potenziato, la ciminiera del centro Aurea è, infatti, di una altezza modesta e, ciò nonostante, non sussiste alcun problema per la dispersione dei fumi. Le figure 15 e 16 riportano alcune vedute del progetto.

"Aurea" nasce dall'esigenza di un consorzio di 21 comuni (il SIVEDU: Sindacato Intercomunale per la Valorizzazione e l'Eliminazione dei Rifiuti Urbani) di risolvere il problema rifiuti dei suoi 150.000 abitanti. All'attuale tendenza ad eliminare tutti i rifiuti nella discarica che, d'altra parte, è in via di saturazione si sostituisce un progetto globale di valorizzazione attraverso il riciclaggio e il recupero di energia.

Ecco brevemente gli elementi salienti di AUREA:

- una unità di cernita, di riciclaggio e di recupero con una capacità di 25 t/h.
- due linee forni (10,5 t/h) che assicurano la valorizzazione energetica attraverso la produzione di elettricità.
- una unità decentrata di compostaggio dei rifiuti verdi.
- centri di inertizzazione tecnica (inerti e rifiuti ultimi)

- una capacità totale di 195.000 tonnellate/anno.
- COMEJAS (la Compagnie Meridionale d'Environnement du Jas de Madame), che associa la Compagnie Générale de Chauffe e il Sud-Est Assainissement Services, assume l'incarico della realizzazione, del finanziamento e quindi della gestione del centro per un periodo di 25 anni.
- entrata in servizio prevista per il 1998.

Lo sviluppo del dialogo intrapreso dal raggruppamento COMEJAS presso le autorità, gli utenti e le associazioni di difesa dell'ambiente, è stato sicuramente un elemento di primaria importanza nell'elaborazione del progetto "Aurea". Attraverso riunioni ed incontri, le lamentele espresse da alcuni hanno potuto essere dissipate grazie ad una presentazione "trasparente" del procedimento. D'altra parte, l'ascolto delle esigenze di ciascuno ha permesso di fare un progetto veramente "su misura" nel dovuto adeguamento alle attese dei futuri utilizzatori.

A questi inoltre è stato chiesto un ruolo attivo per la totale riuscita del progetto: infatti tutti hanno dovuto modificare le proprie abitudini per attuare la raccolta selettiva di tipo porta a porta.

Il dialogo fra le diverse parti (autorità, progettisti e cittadini) ha pertanto contribuito alla realizzazione di quest'impianto di valorizzazione dei rifiuti in un'area ad alta densità turistica quale la Costa Azzurra, dimostrando il fatto che iniziative di questa portata possono pacificamente convivere con le realtà circostanti e la vita quotidiana.

# Termoutilizzazione dei residui di lavorazione nell'industria automobilistica

Martino Narcisi, Franco Corazzari  
Fenice - Qualità per l'Ambiente SpA

## 1. Introduzione

Nel corso degli ultimi anni la FIAT ha messo a punto un piano per affrontare il problema della corretta gestione dei residui di lavorazione prodotti negli stabilimenti del Gruppo in Italia.

Obiettivi di questo sistema, denominato Sistema Fenice, sono:

- estensione, ovunque possibile, dell'uso di tecnologie di produzione e prodotti che consentano il recupero o il riciclo dei rifiuti in modo da ridurre al minimo fisiologico la quantità dei rifiuti (o materiali) da destinare alla discarica;
- massimo controllo su tutte le fasi dello smaltimento;
- autonomia nelle attività di smaltimento finale, al fine di evitare dipendenze critiche da terzi in un settore di servizi caratterizzati da lievitazione di costi e regimi "semi-monopolistici" non coerenti con le esigenze di budget e programmazione.

La realizzazione del sistema FIAT per lo smaltimento è articolato su tre direttrici essenziali:

- creazione di centri periferici di pretrattamento denominate isole ecologiche. Le isole saranno allestite presso tutti gli stabilimenti; in esse i residui dalla produzione vengono analizzati e recuperati o inviati alla piattaforma di appoggio dopo opportuni pretrattamenti e stoccaggi;
- creazione di un sistema logistico di trasporto, avente anche compiti di interfacciamento tra le isole ecologiche e le piattaforme di smaltimento;
- creazione di un numero ottimale di piattaforme integrate di termodistruzione per recupero, innocuizzazione e invio alle discariche di appoggio; tali piattaforme saranno ubicate presso alcuni grandi stabilimenti del Gruppo.

In tal modo si crea una stretta correlazione tra produzione, trasporto e smaltimento finale, realizzando quindi una continuità di controllo e di responsabilizzazione nel flusso del rifiuto. In tale ottica il riciclaggio del rifiuto non è più obiettivo in antitesi con lo smaltimento, bensì ad esso

complementare e rientrante nella stessa logica di sistema. La piattaforma integrata di smaltimento rifiuti industriali di Melfi rientra, come uno dei cardini, in questo sistema globale che la FIAT intende realizzare per la corretta gestione del "problema rifiuti".

L'ubicazione di una delle piattaforme presso lo stabilimento SATA di Melfi risponde infatti ad esigenze di baricentricità rispetto agli stabilimenti che conferiranno rifiuti; peraltro lo stabilimento SATA, essendo il più grande degli stabilimenti serviti, sarà il principale conferente di rifiuti alla piattaforma. Il progetto dei vari comparti di trattamento è sviluppato secondo le più moderne tendenze nel settore dello smaltimento dei rifiuti industriali.

Si sono privilegiate, nella scelta dei processi di trattamento, le tecnologie che garantiscono la massima riduzione del volume dei rifiuti, il recupero energetico e l'inertizzazione dei residui di trattamento, sempre beninteso adottando tutte le misure attive e passive necessarie per minimizzare l'impatto sull'ambiente circostante.

Alla piattaforma pervengono i residui già opportunamente pretrattati nelle isole ecologiche, costituite da unità di analisi, preselezione e pretrattamento, ubicate presso i principali stabilimenti FIAT del bacino servito.

Le principali linee di trattamento previste nella piattaforma sono:

- linea di termodistruzione in forno a griglia per i rifiuti solidi assimilabili agli urbani (RSAU);
- linea di termodistruzione in forno rotante per melme e morchie provenienti da cicli di verniciatura e di lavorazione meccanica, per morchie oleose, per fanghi di depurazione e per rifiuti liquidi organici in fusti e/o sfusi;
- linea di trattamento emulsioni oleose.

A integrazione delle linee sopra elencate sono realizzate una linea di solidificazione/stabilizzazione (inertizzazione) dei fanghi e delle ceneri ed una linea di trattamento delle acque di scarico.

Nella piattaforma è poi allestito un laboratorio chimico per il controllo sia dei rifiuti in ingresso che dei processi di trattamento.

Al fine di massimizzare il recupero del contenuto energetico dei residui di lavorazione, è prevista l'installazione di una sezione di produzione di energia elettrica mediante turbina a vapore che utilizza il vapore surriscaldato generato nelle caldaie a recupero poste a valle dei forni di incenerimento.

Una parte di tale energia verrà utilizzata all'interno della piattaforma, mentre la frazione eccedente verrà riversata su rete ENEL.

La piattaforma è completata da una rete di monitoraggio delle aree circostanti, finalizzata al controllo della qualità dell'aria in rapporto alle emissioni degli impianti di termodistruzione. In particolare sono controllati in almeno tre punti, attraverso postazioni fisse ed automatiche di monitoraggio, i seguenti parametri: anidride solforosa, ossidi di azoto, polveri totali, sostanze organiche volatili, ossido di carbonio. I dati sono inviati al centro di controllo della piattaforma per le opportune elaborazioni, unitamente ai dati meteo raccolti da una centralina ad hoc. Uno schema a blocchi che illustra sinteticamente le linee tecnologiche della piattaforma è riportato in Fig. 1.

La scelta dell'incenerimento come soluzione ottimale per lo smaltimento è fondata anche sulle positive esperienze acquisite nella gestione pluriennale dell'impianto Stureco di incenerimento delle melme di verniciatura, che continua a fornire positivi risultati di cui si riporta una breve sintesi illustrativa.

## 2. Descrizione delle principali linee di trattamento della piattaforma Fenice Melfi

### 2.1 Linea di termoutilizzazione RSAU

I rifiuti trattati in questa linea sono costituiti essenzialmente da rifiuti assimilabili agli urbani (imballaggi, carte/cartoni, pallets, imbottiture, ritagli di tessuti e similpelli, materie plastiche ecc.).

La potenzialità di progetto dell'impianto consente il trattamento di ca. 30.000 ton/anno pari a 100 ton/giorno per 300 giorni/anno (potenzialità oraria circa 4,2 t/h).

I principali parametri operativi dell'impianto sono:

- zona di post-combustione con temperatura minima di 950°C, tempo di residenza minimo di 2 sec, sezione di ingresso tale da consentire una velocità dei fumi superiore a 10 m/sec, contenuto minimo di ossigeno del 6% v/v nei fumi in uscita (parametri come da normativa vigente);
- produzione di vapore surriscaldato (in caldaia a recupero) a 35 bar e 350 °C;

limiti di emissione di inquinanti al camino:

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| • polveri totali              | 10 mg/Nm <sup>3</sup>    |
| • metalli pesanti totali      | 0,5 mg/Nm <sup>3</sup>   |
| • carbonio organico totale    | 10 mg/Nm <sup>3</sup>    |
| • CO                          | 70 mg/Nm <sup>3</sup>    |
| • PCDD + PCDF                 | 0,1 ngTE/Nm <sup>3</sup> |
| • PNA                         | 0,05 mg/Nm <sup>3</sup>  |
| • HCN                         | 0,5 mg/Nm <sup>3</sup>   |
| • HF                          | 2 mg/Nm <sup>3</sup>     |
| • HC                          | 10 mg/Nm <sup>3</sup>    |
| • NOx (come NO <sub>2</sub> ) | 200 mg/Nm <sup>3</sup>   |
| • SOx (come SO <sub>2</sub> ) | 50 mg/Nm <sup>3</sup>    |

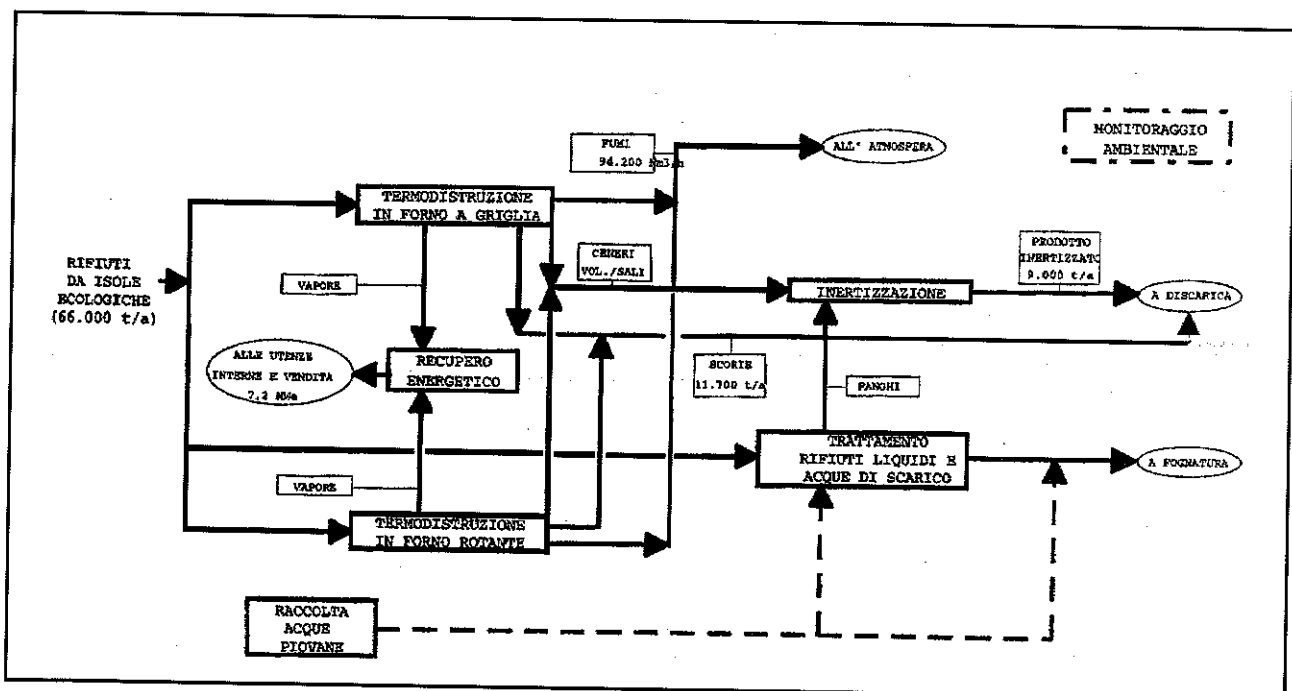


Fig. 1 Schema a blocchi generale della piattaforma

I suddetti valori sono riferiti ad un tenore di ossigeno nei fumi secchi dell'11% v/v.

L'impianto è equipaggiato della necessaria strumentazione per il controllo del ciclo (temperature e pressioni) nonché degli opportuni apparati per il controllo della combustione (CO, CO<sub>2</sub> e ossigeno).

Qui di seguito si descrive brevemente il processo realizzato nella linea in oggetto (ved. anche schema a blocchi Fig. 2). I rifiuti, provenienti dalle varie isole ecologiche e già sottoposti agli opportuni pretrattamenti, vengono scaricati dagli automezzi in una fossa di stoccaggio, mantenuta in depressione mediante aspirazione di aria utilizzata per il processo di combustione.

In tal modo si riesce a prevenire l'eventuale dispersione nell'ambiente circostante di polveri ed odori provenienti dalla zona di stoccaggio. In caso di fuori servizio del forno l'aria aspirata viene depurata in un apposito impianto.

L'alimentazione dei rifiuti al forno avviene mediante carri ponte dotati di benna a polipo, previa triturazione per ridurre la pezzatura ed ottenerne una buona omogeneizzazione.

Per l'incenerimento è previsto l'utilizzo di un forno a griglia mobile tipo Düsseldorf, la cui griglia è costituita da una serie di tamburi rotanti attraverso i quali viene insufflata l'aria primaria di combustione.

Nella camera di combustione viene immessa altra aria di combustione al fine di permettere la completa ossidazione dei gas nella zona sopragriglia.

Il processo di incenerimento sopra la griglia si compone di vari processi parziali (essiccamento, gassificazione, accensione, incenerimento, combustione totale della scoria o

burn-out), che possono interferire localmente e influenzarsi vicendevolmente.

La regolazione della combustione avviene mediante il controllo di vari parametri, quali la produzione di vapore, il contenuto di ossigeno e di monossido di carbonio nei fumi, le temperature in camera di combustione.

Le scorie vengono allontanate dal forno tramite un sistema di estrazione immerso in acqua.

Mediante nastri trasportatori le scorie spente sono inviate al trattamento di vagliatura e deferrizzazione e quindi stoccate in attesa dell'invio a discarica.

I fumi uscenti dalla camera di combustione (che costituisce il forno vero e proprio) passano attraverso una camera di postcombustione che, nel caso del forno a griglia, è anche parte integrante della caldaia a recupero.

La temperatura nel postcombustore è mantenuta, grazie all'azione di un bruciatore ausiliario quando occorre, costantemente al di sopra di 950°C come descritto in precedenza.

I fumi di combustione cedono il loro calore entalpico in una caldaia a recupero, nella quale si produce vapore surriscaldato. Essa è costituita da una prima zona in cui lo scambio di calore avviene per irraggiamento e una seconda zona di scambio convettivo, nella quale i banchi di tubi sono immersi nel flusso dei fumi.

Il ciclo termico è costituito da una turbina a vapore (con relativo alternatore per la produzione di energia elettrica), da un condensatore ad aria e da sottosistemi ausiliari quali degasatore, impianto di produzione acqua demineralizzata, pompe di alimento caldaia ecc.

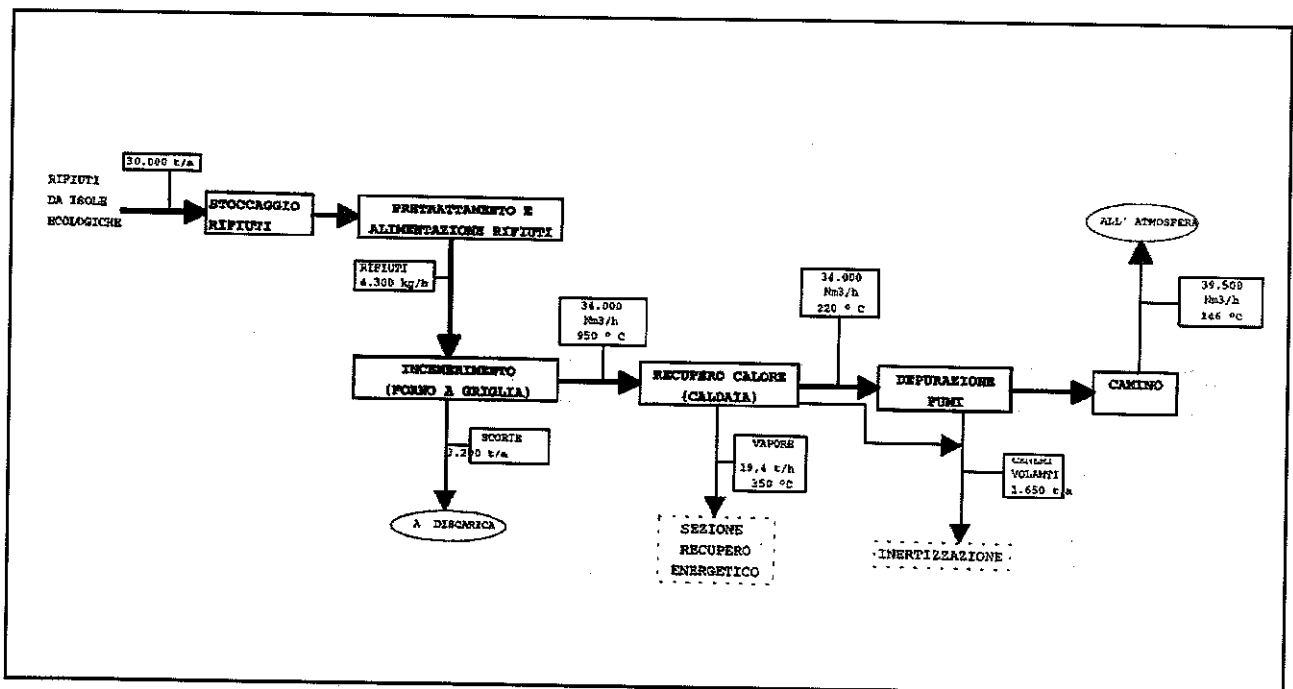


Fig. 2 Schema a blocchi della linea di termodistruzione in forno a griglia

Tenendo conto delle caratteristiche del rifiuto incenerito si prevede una produzione di circa 20 t/h di vapore che, espandendosi in turbina, consente la generazione di circa 3,5 MW di energia elettrica.

Al fine di ottimizzare le caratteristiche tecniche della piattaforma si è ritenuto opportuno centralizzare la sezione di produzione di energia elettrica, che servirà quindi entrambe le linee di termodistruzione.

A valle della caldaia è installato il sistema di depurazione dei fumi di combustione, la cui configurazione è così sintetizzabile:

- spray dryer per il raffreddamento dei fumi mediante evaporazione della soluzione di spurgo;
- filtro a maniche per depolverazione fumi;
- sistema di lavaggio a due stadi (scrubber venturi e torre a riempimento) per la neutralizzazione dei gas acidi presenti nei fumi e l'ulteriore abbattimento delle polveri residue. La soluzione di lavaggio/neutralizzazione utilizzata è continuamente ricircolata dal fondo degli scrubber ai sistemi di spruzzamento; lo spurgo, necessario per evitare una eccessiva concentrazione dei sali generati nel processo di neutralizzazione, viene inviato allo spray-dryer. La sezione di lavaggio non ha dunque alcun scarico liquido;
- sezione di post-riscaldamento dei fumi, prima dell'invio al camino;
- reattore di denitrificazione catalitica, per la rimozione degli ossidi di azoto e degli eventuali microinquinanti organoclorurati (diossine/furani) presenti nei fumi;
- post-riscaldamento dei fumi, per evitare il pennacchio al camino dovuto alla condensazione del vapore presente nei fumi;
- sistema di estrazione fumi e invio al camino.

## 2.2 Linea di termodistruzione fanghi, rifiuti liquidi e contenitori/ fusti sporchi

La linea è progettata per trattare fanghi e melme di verniciatura, fanghi da impianti di depurazione acque tecnologiche, melme e morchie da lavorazioni meccaniche, fanghi oleosi prevalentemente organici, contenitori (metallici e di plastica) sporchi di prodotti quali collanti, mastici e vernici (eventualmente pretriturati), solventi organici non recuperabili.

Il sistema è dimensionato in modo da trattare circa 35.000 t/a di rifiuti. Ne consegue una potenzialità oraria di 5.000 Kg/h. I principali parametri operativi dell'impianto sono:

- zona di post-combustione con temperatura maggiore di

950°C, tempo di residenza minimo di 2 sec, sezione di ingresso tale da consentire una velocità dei fumi superiore a 10 m/sec, contenuto minimo di ossigeno del 6% v/v nei fumi in uscita. E' prevista la possibilità di esercire la camera di post-combustione a 1200°C nel caso si trattino rifiuti con più del 2% di cloro, in ottemperanza alla normativa vigente;

- produzione di vapore surriscaldato (in caldaia a recupero) a 35 bar e 350 °C;
- limiti di emissioni inquinanti al camino: come per linea di termodistruzione RSAU (forno a griglia).

Uno schema a blocchi della linea è riportato in Fig. 3.

I rifiuti liquidi e quelli pompabili arrivano alla piattaforma sfusi mediante fusti e/o autobotte, i rifiuti palabili sfusi su automezzi. Le varie sezioni del comparto di ricevimento, stoccaggio e alimentazione sono progettate in funzione delle modalità di conferimento delle singole categorie di rifiuti. I fusti/contenitori sporchi vengono conferiti su pallets.

Le fosse di stoccaggio dei fanghi vengono mantenute in leggera depressione mediante aspirazione di aria utilizzata per il processo di combustione.

In tal modo si riesce a prevenire l'eventuale dispersione nell'ambiente circostante di polveri ed odori provenienti dalla zona di stoccaggio. In caso di fuori servizio del forno l'aria aspirata viene trattata in un apposito impianto.

L'alimentazione dei fanghi palabili al forno avviene mediante carri ponte dotati di benna a doppia valva, previa adeguata omogeneizzazione in fosse dedicate.

Per i fanghi pompabili è prevista l'alimentazione mediante speciale pompa.

I rifiuti liquidi (solventi) vengono stoccati in un parco serbatoi dotato dei più moderni sistemi di sicurezza contro sversamenti, incendi, esplosioni ecc.

Tali rifiuti vengono inviati alla testata del forno rotante mediante pompe di trasferimento.

I fusti/contenitori sporchi in arrivo alla piattaforma, già preventivamente esaminati nelle isole ecologiche al fine di verificarne l'idoneità ad essere caricati direttamente nel forno, vengono stoccati in zona dedicata e successivamente alimentati al forno.

Il forno scelto per il trattamento dei rifiuti sopra descritti è il forno a tamburo rotante, caratterizzato da elevata flessibilità di impiego, robustezza e provata affidabilità in numerosissime applicazioni a livello mondiale.

Il tamburo è inclinato di circa 2° sul piano orizzontale; la velocità di rotazione può essere variata in funzione del tempo di residenza del rifiuto da garantire.

Le pareti del forno sono in acciaio rivestite internamente

con materiale isolante e refrattario adatto alle elevate temperature di esercizio del forno.

In corrispondenza delle zone di inizio e fine tamburo è realizzato un sistema di tenuta per minimizzare la fuoriuscita di fumi dal forno, peraltro già trascurabili essendo il forno esercito in leggera depressione.

La regolazione della combustione avviene mediante il controllo di vari parametri, quali la produzione di vapore, il contenuto di ossigeno e di monossido di carbonio nei fumi, le temperature in camera di combustione.

Le scorie vengono allontanate dal forno tramite un sistema di estrazione immerso in acqua.

Mediante nastri trasportatori le scorie spente sono inviate al trattamento di vagliatura e deferrizzazione e quindi stoccate in attesa dell'invio a discarica.

I fumi uscenti dal forno rotante vengono sottoposti ad un trattamento termico di depurazione in camera di post-combustione, progettata in modo da rispettare i parametri operativi prima descritti.

In particolare, alcuni bruciatori alimentati a metano garantiscono il rispetto costante della temperatura minima di esercizio.

A valle della post-combustione è installata la sezione di recupero energetico costituita da una caldaia a tubi d'acqua per la generazione di vapore surriscaldato, simile a quella descritta per il forno a griglia.

Le caratteristiche del vapore sono le stesse di quello prodotto nell'altra linea.

Tenendo conto delle caratteristiche del rifiuto in ingresso si prevede di produrre circa 20 t/h di vapore (e di conse-

guenza circa 3,5 MW di energia elettrica).

Il turboalternatore con relativo ciclo termico è già stato descritto nella linea con forno a griglia.

All'uscita dalla caldaia i fumi vengono inviati alla sezione di depurazione, progettata in modo da abbattere la concentrazione di inquinanti al di sotto dei limiti imposti.

La configurazione dell'impianto di trattamento dei fumi è identica a quella adottata per la depurazione dei fumi generati nel forno a griglia.

### 2.3 Linea del trattamento emulsioni oleose

La potenzialità del comparto è di 1.000 m<sup>3</sup>/a.

Si prevede l'installazione di un impianto di ultrafiltrazione per la separazione ed il recupero di olio intero.

Nelle sue linee essenziali l'unità di ultrafiltrazione è costituita da un gruppo di pretrattamento con disoleazione e filtrazione, un gruppo di ultrafiltrazione mediante membrane e successiva separazione olio mediante flottazione, un gruppo di post-trattamento con separazione oli mediante sedimentazione, un gruppo di lavaggio periodico delle membrane con vasca di preparazione della soluzione detergente e circuito di collegamento ai permeatori.

L'olio separato è raccolto in un serbatoio e destinato a recupero.

Il permeato (ancora caratterizzato da elevato carico inquinante) viene inviato all'impianto di trattamento acque a servizio della piattaforma.

### 2.4 Linea di solidificazione/stabilizzazione (inertizzazione)

I rifiuti sottoposti al trattamento sono le ceneri volanti

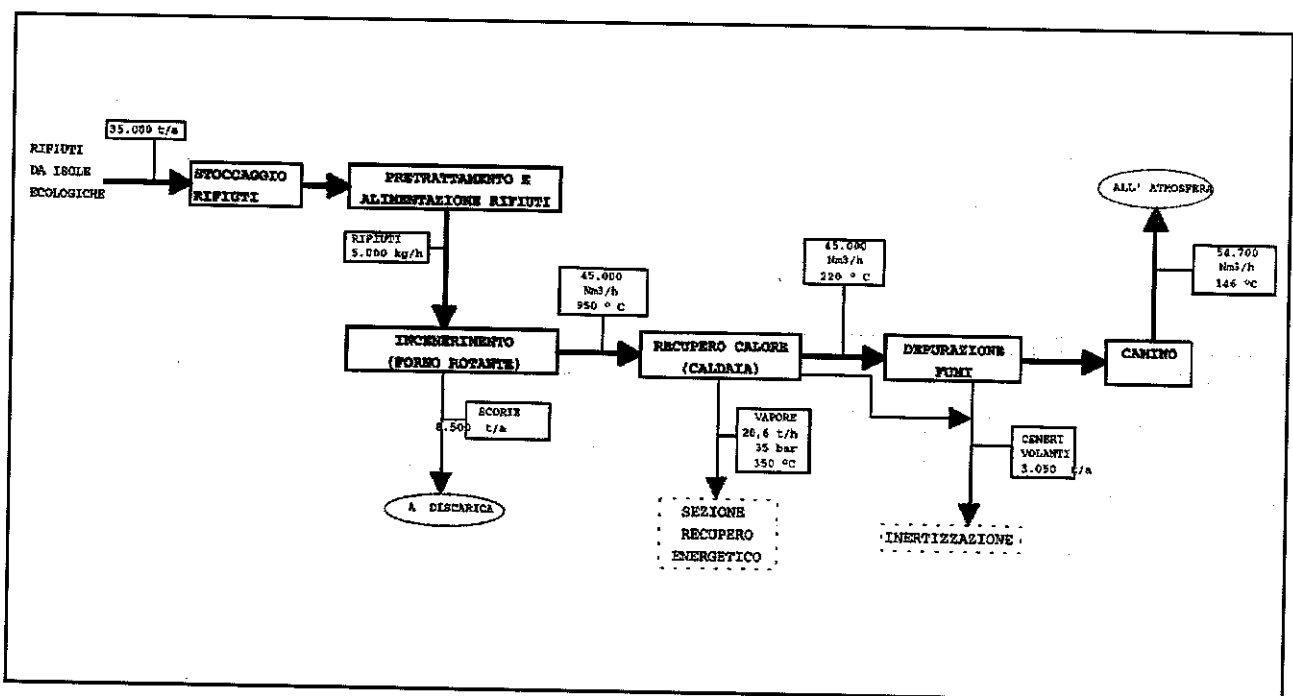


Fig. 3 Schema a blocchi della linea di termodistruzione in forno a rotante

derivanti dai processi di termodistruzione interni alla piattaforma e i fanghi generati nell'impianto di trattamento acque di piattaforma.

Scopo dell'inertizzazione è quello di bloccare chimicamente e fisicamente i metalli in una matrice stabile in modo da impedirne l'eluizione.

A grandi linee l'impianto tipo di solidificazione/stabilizzazione si compone di una sezione di stoccaggio dei rifiuti da trattare e degli additivi, apparecchiature di movimentazione sia dei rifiuti che dei reagenti, un sistema di miscelazione e reazione, apparecchiature per la movimentazione e lo stoccaggio del prodotto inertizzato in attesa di invio in discarica.

E' prevista l'inertizzazione di ca. 5.000 ton/anno di ceneri volanti e di circa 2.000 m<sup>3</sup>/a di fanghi di depurazione pre-ispessiti.

Le caratteristiche dei reflui trattati saranno tali da consentire lo smaltimento in una discarica di seconda categoria tipo B in conformità a quanto previsto dal D.P.R. N. 915 del 10.9.1982 e successive modificazioni ed integrazioni.

### 2.5 Linea di trattamento delle acque di scarico

Tale sezione è progettata per soddisfare le esigenze di trattamento dei reflui generati all'interno della piattaforma.

La potenzialità di trattamento è di circa 20000 m<sup>3</sup>/a, così suddivisa secondo la tipologia dei rifiuti:

- acque tecnologiche (spurgo caldaie, lavaggi, spurghi vari ecc) 15.000 m<sup>3</sup>/a
- scarichi civili 5.000 m<sup>3</sup>/a

L'impianto è inoltre dimensionato in maniera da poter trattare in un ristretto periodo di tempo le acque meteoriche di prima pioggia provenienti dalle aree della piattaforma potenzialmente interessate da inquinamento (aree di processo, stoccaggio, manovra automezzi).

Il criterio seguito nella definizione dell'impianto è duplice:

- garantire in ogni condizione di alimentazione il conseguimento di standard ampiamente rispondenti alle specifiche richieste per lo scarico secondo le indicazioni della tab. C della legge Merli (per scarico in fognatura consortile);
- garantire la massima elasticità di gestione per fronteggiare in sicurezza le diverse esigenze di processo.

Il primo passo del processo è un pretrattamento dei reflui civili e dei reflui tecnologici per l'alimentazione all'impianto biologico:

- i reflui civili vengono sottoposti ad un trattamento di rimozione meccanica dei solidi grossolani (grigliatura);
- gli scarichi tecnologici, dopo un passaggio in vasca di equalizzazione, vengono inviati ad una sezione di sedimentazione e disoleazione, seguita da un trattamento chimico-fisico costituito da coagulazione, basificazione, flocculazione e sedimentazione;

Alla linea di pretrattamento degli scarichi tecnologici vengono anche a confluire le acque di scarico (permeato) dall'impianto di trattamento emulsioni oleose. A tale linea confluiscono anche le eventuali acque di prima pioggia nonché le acque di controlavaggio della sezione di filtrazione finale ed i colaticci di filtropressatura fanghi (qualora il filtropressa venga attivato, come si vedrà dopo).

I liquami così pretrattati passano nella sezione di trattamento biologico, che utilizza come processo quello dei fanghi attivi ad aerazione prolungata.

A valle della sezione biologica verrà realizzata una sezione di clorazione.

Ad ulteriore garanzia circa la qualità dei reflui allo scarico è prevista anche l'installazione di una sezione di filtrazione finale costituita da filtri a sabbia.

I fanghi risultanti dalla linea di trattamento delle acque vengono condizionati ed ispessiti. Dall'ispessitore normalmente vengono alimentati come liquido idratante alla sezione di solidificazione/stabilizzazione.

In alternativa, i fanghi vengono inviati ad un filtropressa a piastre che ne permette la disidratazione al fine di renderne possibile l'invio in discarica.

### 3. Le esperienze acquisite nella gestione dell'impianto di incenerimento dei rifiuti FIAT di Torino (Stureco)

La tipologia dei rifiuti industriali che vengono conferiti all'impianto Fenice Stureco è molto cambiata rispetto agli anni passati.

Oggi all'impianto vengono conferiti rifiuti consistenti in:

- melme di verniciatura
- vernici esauste
- vernici impolmonite
- scarti di resine

Le caratteristiche sia chimiche che fisiche sono sostanzialmente costanti nell'ambito delle singole categorie di rifiuto.

Le melme di verniciatura possono essere considerate una miscelanea di rifiuti vari "annegati" in una fase liquida

(prevalentemente acqua) con potere calorifico medio molto basso.

Le vernici esauste, impolmonite e gli scarti di resine sono in genere confezionate in fusti metallici e/o sacchi di tessuto.

Le vernici fisicamente possono essere indifferentemente liquide, melmose e/o solide mentre gli scarti di resine sono nastri arrotolati e/o sfridi solidi.

Nelle vernici e resine possono essere presenti solventi di vario tipo.

Il potere calorifico è per questi rifiuti, mediamente alto (3000 - 3500 Kcal/kg).

La conduzione del forno a tamburo rotante non presenta particolari difficoltà essendo agevole alimentare il forno con rifiuti con caratteristiche mediamente costanti. Il conduttore è comunque continuamente alla ricerca di ottimizzare i parametri termici del forno per ridurre i consumi energetici.

La buona conduzione e quindi anche l'affidabilità e la produttività del forno sono garantite da una meticolosa caratterizzazione dei rifiuti.

Questo ha consentito un più razionale stoccaggio dei rifiuti in base al loro potere calorifico e al loro stato fisico. L'impianto oggi è in grado di separare la fase liquida, presente nelle melme di verniciatura, che viene accumulata in opportune vasche e di qui pompata nel forno quando i parametri termici lo consentano.

Nelle vasche dei liquidi vengono trasferite anche altri rifiuti liquidi compatibili con l'acqua.

I rifiuti in fusti metallici, confezionati su pallets, vengono immagazzinati a parte e miscelati previa triturazione, con altri rifiuti per cercare di "costruire" una nuova tipologia di rifiuti con caratteristiche costanti.

I rifiuti che vengono conferiti con caratteristiche costanti e a più alto potere calorifico vengono tenuti separati ed immessi nel forno caricandoli direttamente nella tramoggia di alimentazione.

Si sfrutta così al massimo la loro facile combustione che consente di tenere nella parte iniziale del tamburo rotante una più elevata temperatura (circa 1000 °C).

In queste condizioni si riesce a smaltire con facilità an-

che la fase liquida (prevalentemente acqua) che consente un più preciso controllo della temperatura all'interno del forno.

Il laboratorio chimico dell'impianto, attrezzato con le apparecchiature di analisi più avanzate, conoscendo il programma dei conferimenti provvede alla definizione delle modalità di preparazione della miscela di rifiuti che può alimentare il forno.

Le fasi di preparazione sono:

- separazione dalle melme di verniciatura della frazione liquida;
  - triturazione delle melme, di rifiuti solidi, di vernici e resine in fusti in rapporto ai quantitativi conferiti;
  - triturazione separate dei rifiuti solidi (plastiche, resine, pallets, blocchetti di legno) ad alto potere calorifico.
- Le fasi di alimentazione del forno sono:
- tre - quattro "bennate" (circa 1,5 mc) di rifiuti solidi ad alto potere calorifico;
  - otto - dieci "bennate" di rifiuto melmoso triturato;
  - 300 - 500 litri/h di rifiuti liquidi.

Il forno mediamente viene alimentato con 2000 kg/h di rifiuti e funziona in continuo. La combustione avviene con il supporto di un bruciatore a metano installato sulla testata del forno e di due bruciatori in camera di post-combustione.

Nelle condizioni normali di esercizio il forno ed il relativo ciclo di recupero energetico, sono in grado di produrre energia elettrica per coprire il 90% di quella necessaria all'impianto.

Il refrattario ad alto contenuto di allumina (85%) viene sostituito ogni 2 anni e non presenta particolari esigenze di interventi straordinari; occorre ovviamente una conduzione attenta ad evitare fenomeni di precoce usura del refrattario nella parte iniziale del forno e per evitare fenomeni di incrostazione dovuti alla fusione delle scorie nella parte centrale e terminale del forno.

Il sistema di abbattimento fumi in acciaio ebanitato con ulteriori rivestimenti antiacido evita gli effetti della corrosione dei fumi caldi.





**FENICE S.p.A.**

**TERMODISTRUZIONE DEI RESIDUI NELL'INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA**

**ESPERIENZE E SVILUPPI**

**- LE ESPERIENZE: L'IMPIANTO DI INCENERIMENTO "STURECO" DI  
TORINO**

**- GLI SVILUPPI: IL SISTEMA FENICE**

## EVOLUZIONE PIATTAFORMA INCENERIMENTO STURECO

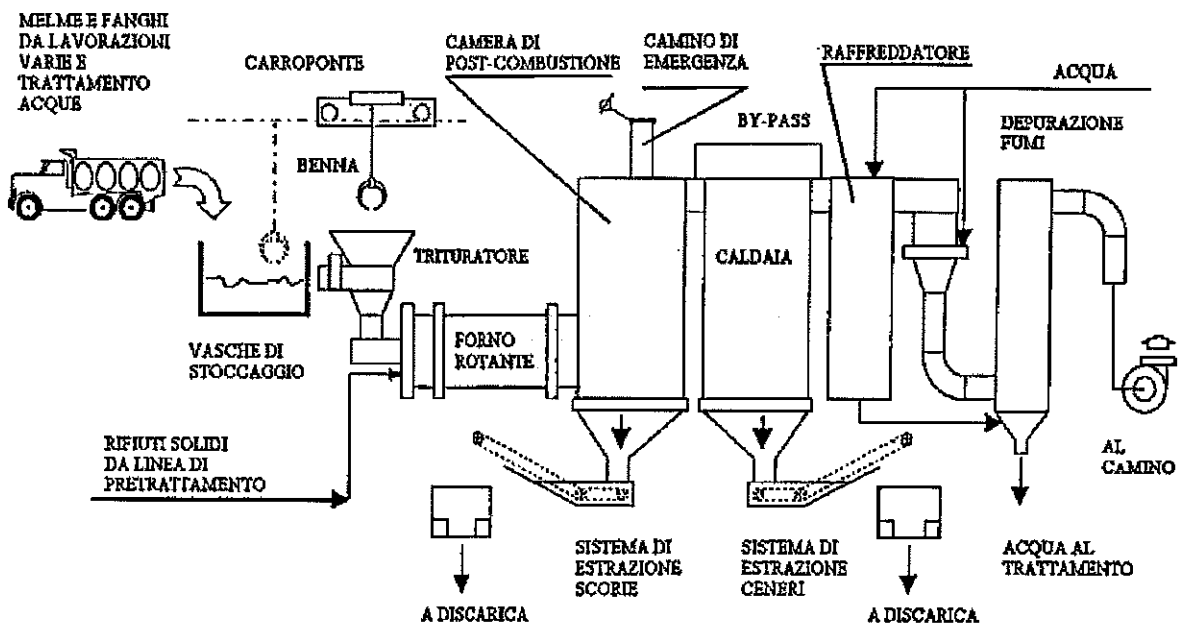
1980

n° 1° forno sperimentale da 3.000.000 Kcal / h  
(con produzione R.D.F. mediante MACINAZIONE PRIMARIA)

1986

n° 1 forno da 8.000.000 Kcal / h  
 n° 1 caldaia / alternatore da 1 MW  
 n° 1 forno da 2.000.000 Kcal / h  
 n° 1 sistema di MACINAZIONE PRIMARIA / SECONDARIA per R.D.F.  
 n° 1 impianto di depurazione acqua abbattimento fumi

### SCHEMA LINEA DI INCENERIMENTO N°3



## CARATTERIZZAZIONE RIFIUTI AVVIATI ALL'INCENERIMENTO STURECO

- 1 - RIFIUTI SOLIDI ASSIMILABILI AGLI URBANI (RSAU)
- 2 - MELME DI VERNICIATURA
- 3 - MELME DI RETTIFICA
- 4 - FANGHI FILTROPRESSATI (da depurazione acque reflue)

## LE PROBLEMATICHE GESTIONALI EMERSE CON L'ESERCIZIO E LE SOLUZIONI ADOTTATE

### A) CARICAMENTO

- |  |   |
|--|---|
| . OMOGENEIZZAZIONE                     | . DOPPIA TRITURAZIONE IN MACCHINA A LAME ROTANTI                        |
| . USURA E SURRISCALDAMENTO CARICATRICE | . SOSTITUZIONE MATERIALI CAMICIA/ SPINTORE (DA FE42 A AISI 304)         |
|  | . IMPIEGO DI ACQUA DEMI PER RAFFREDDAMENTO, PER PREVENIRE INCROSTAZIONI |

MANUTENZIONE: SOSTITUZIONE LAME (ANNUALE)  
PULIZIA GUIDE SCORRIMENTO SPINTORI (SEMESTRALE)  
PULIZIA UGELLI BRUCIATORI

B) TAMBURO ROTANTE

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>. USURA PATTINI E INFILTRAZIONI ARIA FALSA</li><li>. USURA REFRATTARIO E CREAZIONE ANELLO DI SCORIE</li><li>. "AVVITAMENTO" / CADUTA REFRATTARIO</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>. MODIFICA PATTINI PER CONSEGUIRE USURA UNIFORME E TENUTA D'ARIA</li><li>. SOSTITUZIONE REFRATTARIO (DA 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 80% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</li><li>. AUMENTO CHIAVI SERRAGGIO (DA 6 A 12)</li><li>. INSERIMENTO ANELLO DI TENUTA IN ACCIAIO INOX PER CONTROSPINTA ASSIALE</li></ul> |
|--|---|

---

MANUTENZIONE: CONTROLLO ANNUALE ALLINEAMENTO RULLI PORTANTI

C) POST COMBUSTIONE

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>. INTASAMENTO SCARICO CENERI E IMMISSIONE ARIA FREDDA</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>. SOSTITUZIONE SISTEMA A SECCO (CON CLAPET) CON SISTEMA A GUARDIA IDRAULICA E RASCHIAFANGHI</li></ul> |
|---|---|

---

MANUTENZIONE: - RIPRISTINO ANNUALE PIGIATE REFRATTARI NEI CONI DI SCARICO  
- PULIZIA ANNUALE

D) CALDAIA A RECUPERO

- . USURA MECCANICA SUI TUBI DURANTE LE SOFFIATURE
- . INTASAMENTO SCARICO CENERI

INSERIMENTO TEGOLI IN P22 PER PROTEZIONE BANCO SURRISCALDATO  
SOSTITUZIONE DEL SISTEMA A COCLEA (AD UMIDO) CON SISTEMA A GUARDIA IDRAULICA E RASCHIAFANGHI

-----

MANUTENZIONE: PULIZIA SEMESTRALE AL BANCO SURRISCALDATORE, TUBI PARETE, ECONOMIZZATORI

E) LAVAGGIO FUMI

- . INTASAMENTO PIATTI E GOLE VENTURI NELLA TORRE DI LAVAGGIO
- . CORROSIONE TORRE PRERAFFREDDAMENTO

SOSTITUZIONE PIATTI A GOLA FISSA CON VENTURI A GOLA VARIABILE E TORRE FINALE DI LAVAGGIO  
SOSTITUZIONE CON TORRE EBANITATA E REFRATTARIATA  
MIGLIORAMENTO SISTEMA INIEZIONE SODA E CONTROLLO PH

-----

MANUTENZIONE: LAVAGGIO ANNUALE RETI ADDUZIONI, UGELLI E TORRI PER ELIMINAZIONE INCROSTAZIONI

F) VENTILATORE ESTRAZIONE FUMI

CORROSIONE VENTOLA

SOSTITUZIONE CON VENTOLA IN  
ACCIAIO A VESTA 2005 A DOPPIA  
STRUTTURA  
EBANITATURA CHIOCCIOLA

-----

MANUTENZIONE: PULIZIA ED EQUILIBRATURA ANNUALE

**L'IMPIEGO DI TECNICHE AVANZATE DI CONTROLLO  
GESTIONALE**

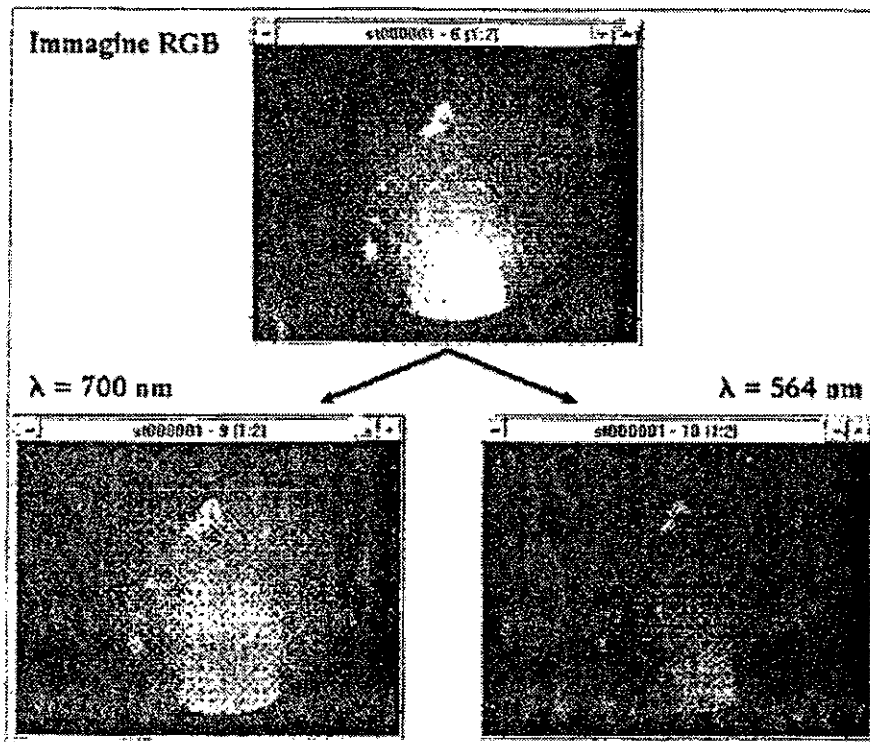
- LA MAPPATURA TERMICA A PIROMETRIA OTTICA
- LA RILEVAZIONE IN REAL-TIME DEGLI INQUINANTI IN CAMERA DI POST-COMBUSTIONE
- IL REMOTE SENSING AL CAMINO

## **OTTIMIZZAZIONE GESTIONE FORNO**

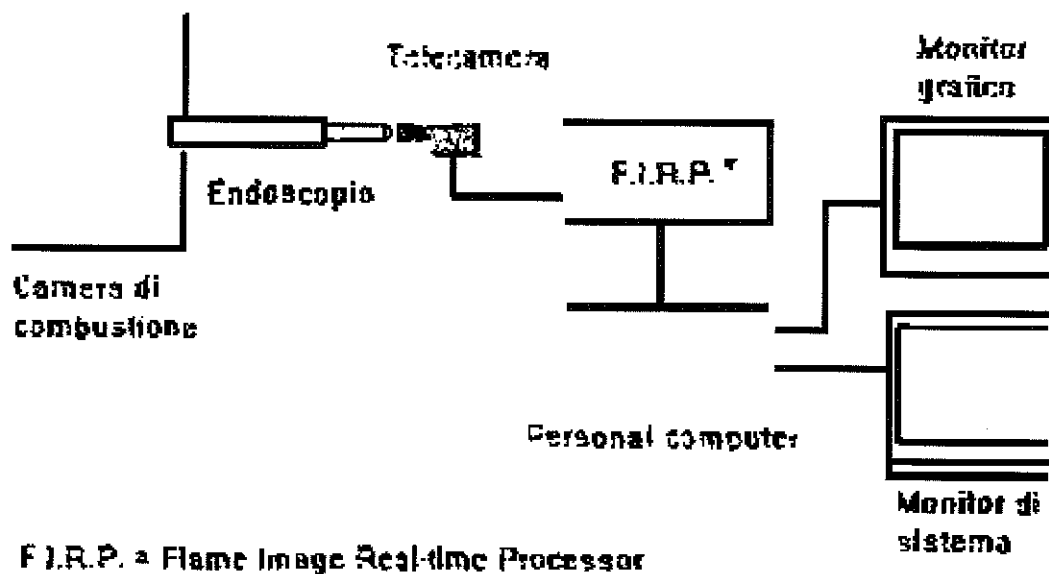
### **LA MAPPATURA TERMICA PERMETTE :**

- OSSERVAZIONE INTERNA DEL FORNO
- INDIVIDUAZIONE DI SCORIE FUSE
- RILEVAMENTO DI INTASAMENTI SUI CONDOTTI DI DISTRIBUZIONE ARIA
- DISTRIBUZIONE TEMPERATURE FIAMMA
- VORTICOSITA' FIAMMA  
(miscelazione aria / combustibile / rifiuto)
- FUMOSITA' IN CAMERA DI COMBUSTIONE

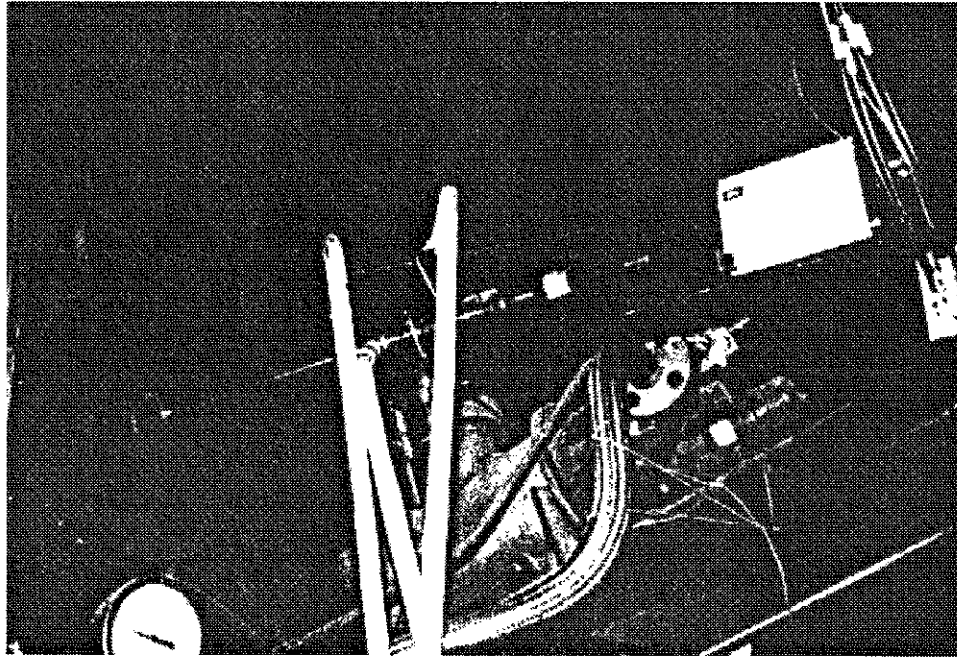
## Esempio di estrazione delle componenti rossa e verde da una immagine televisiva a colori



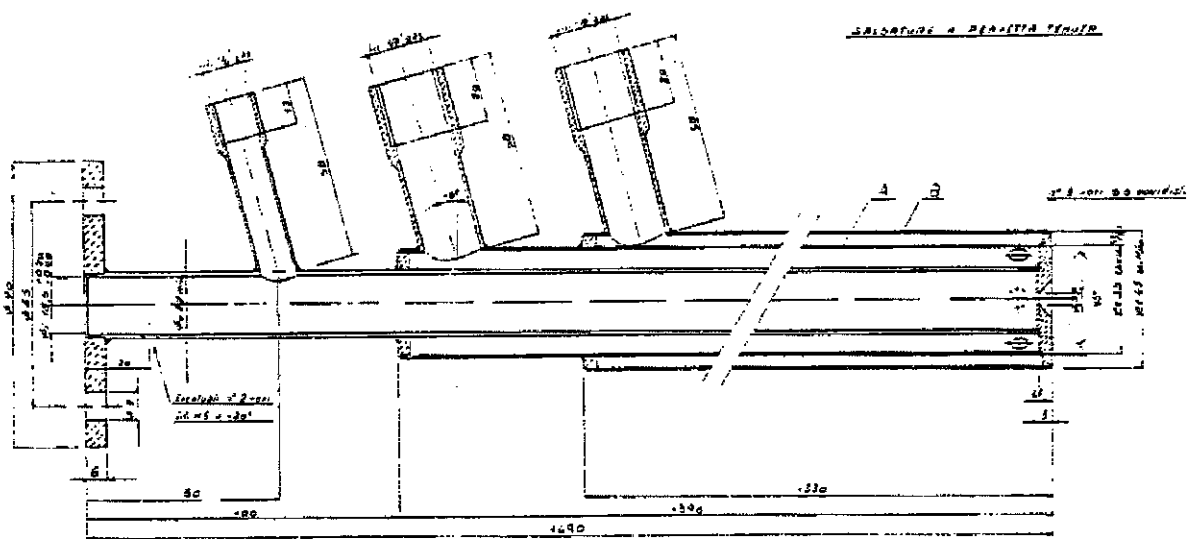
## Schema di un sistema di pirometria ottica







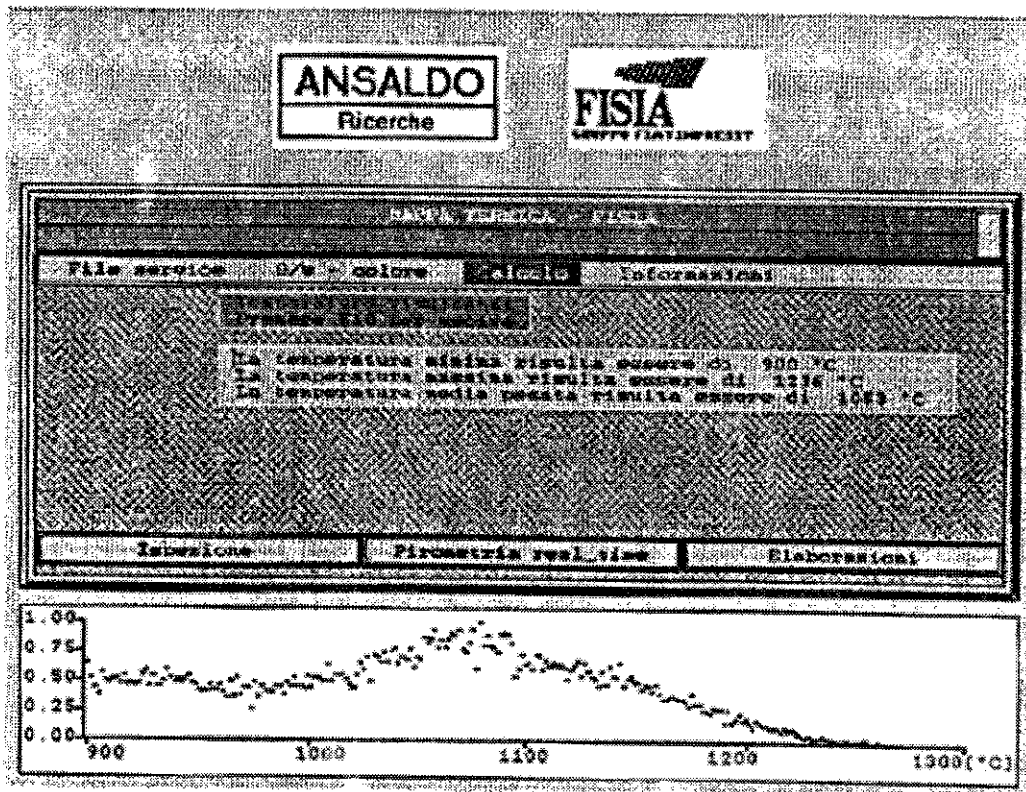
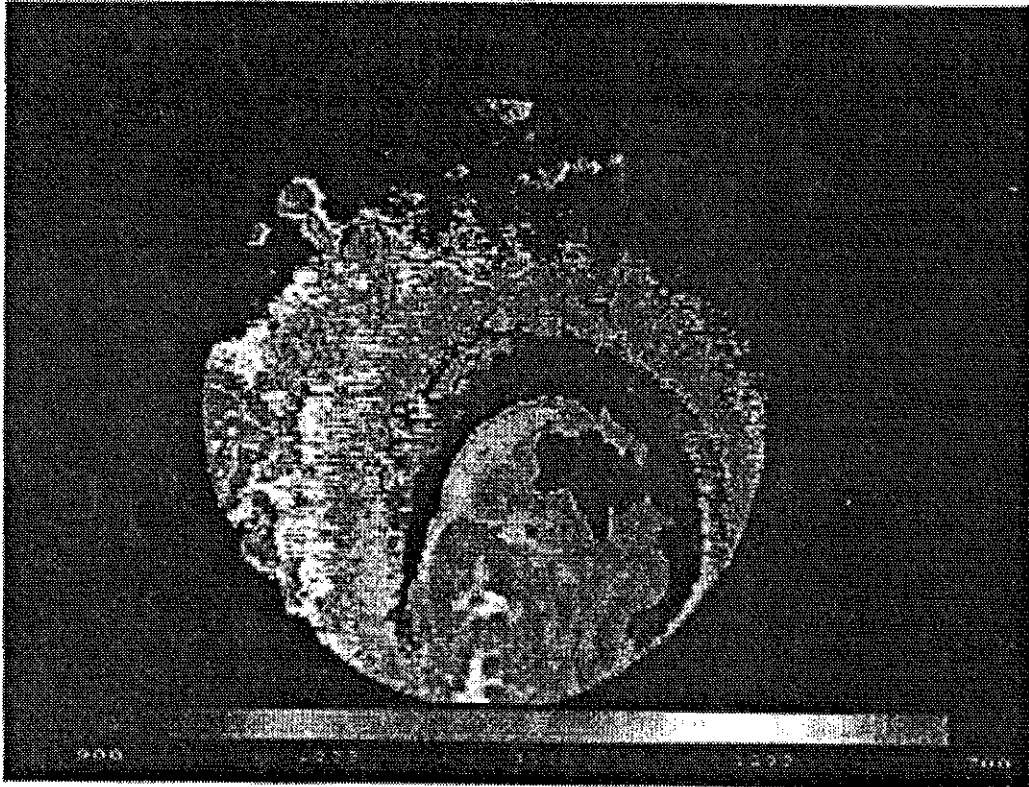
Telecamera ad alta risoluzione ed endoscopio situati sulla testata del forno



Disegno dimensionale della camicia di raffreddamento dell'endoscopio

# MODALITÀ CALCOLO

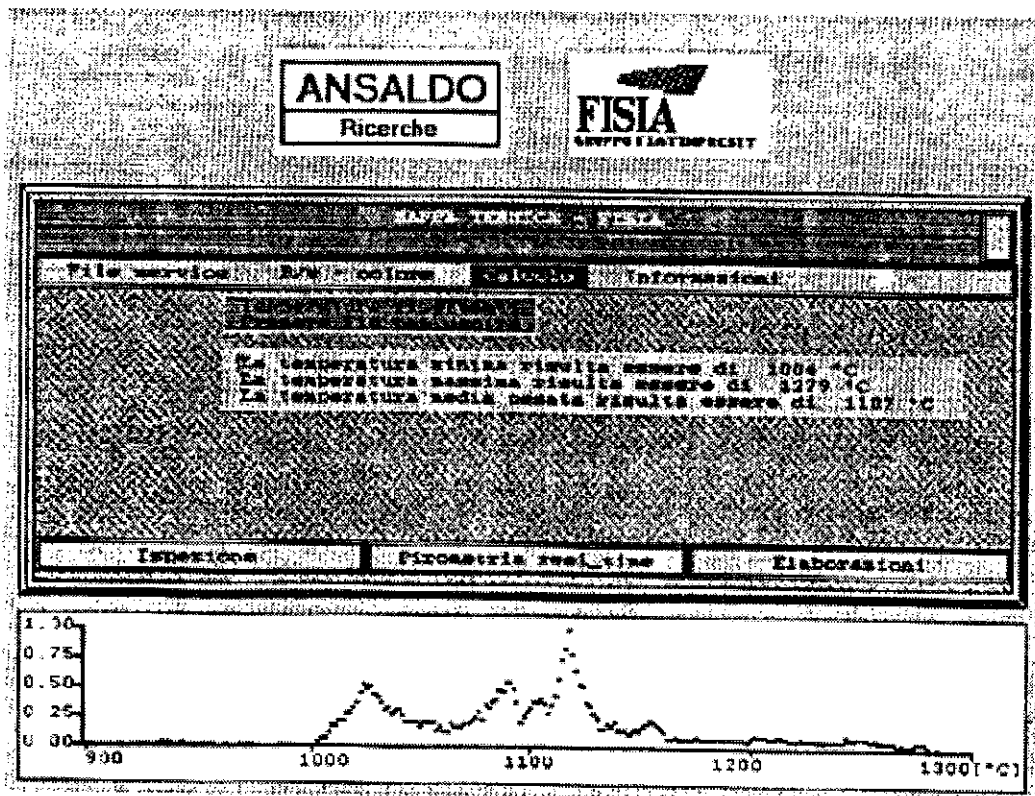
## Mappa termica e distribuzione delle temperature



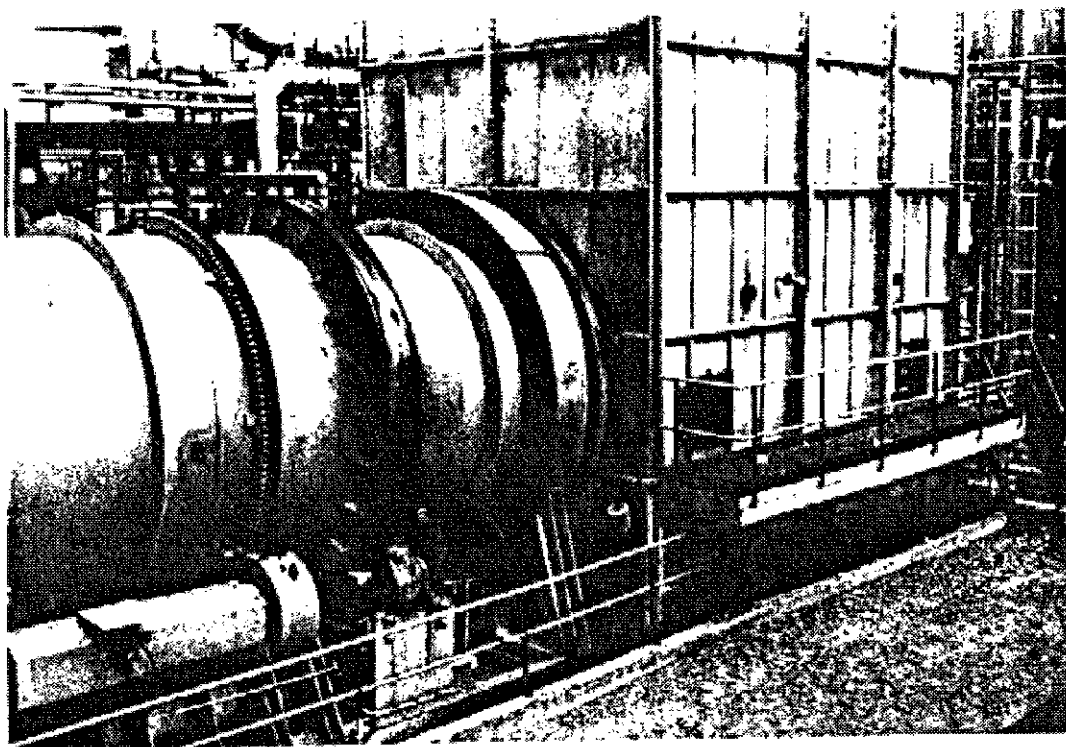
Condizioni di combustione anomala con basso carico del forno

# MODALITÀ CALCOLO

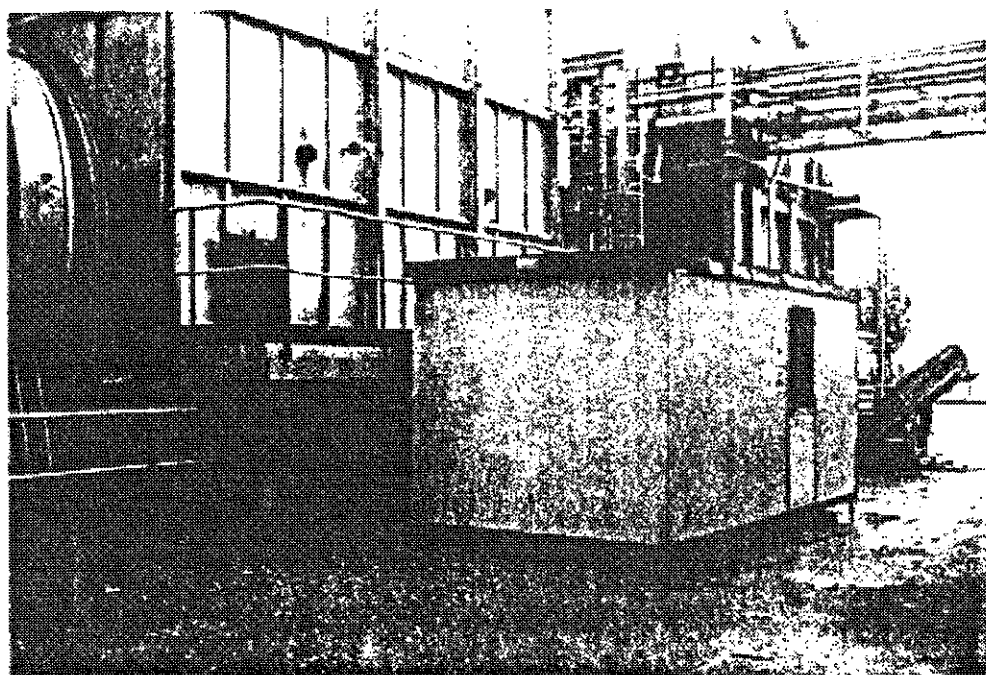
## Mappa termica e distribuzione delle temperature



Condizioni di combustione normale con basso carico del forno



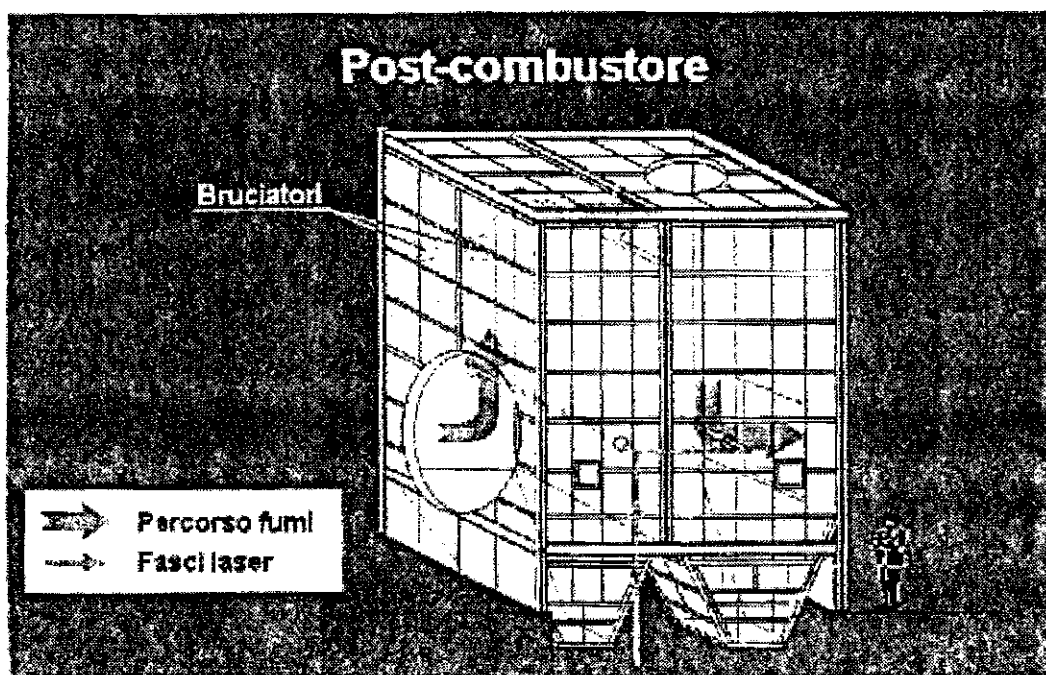
**Veduta del post-combustore con le penetrazioni flangiate**



**Prefabbricato approntato per l'installazione della strumentazione ottica**

## Ia FASE

Rilevazione in tempo reale di inquinanti nella sezione di post-combustione con determinazione del grado di efficienza del post-combustore.



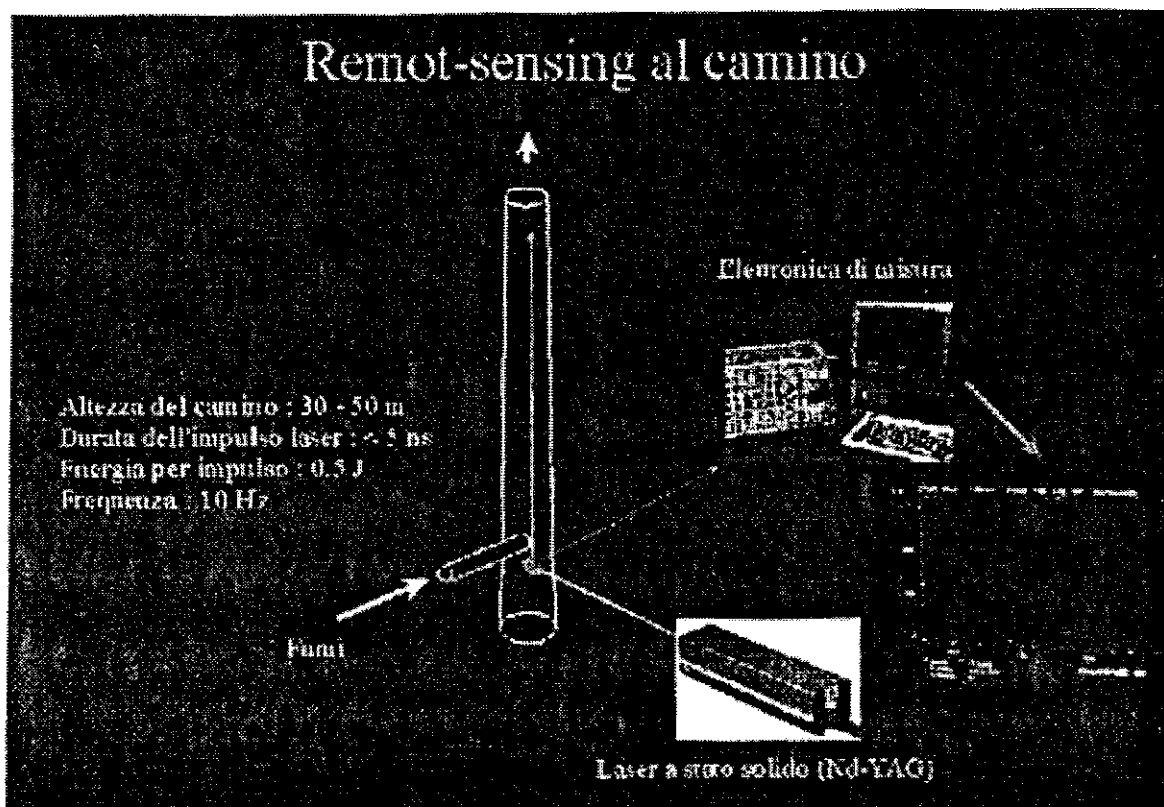
### Tecniche impiegate:

- Assorbimento di luce policromatica
- Fluorescenza indotta da laser

### Inquinanti rilevabili:

- Particolato di varia natura ( fuliggini, metalli, particelle submicroniche)
- Composti organici complessi ( idrocarburi polinucleari, precursori di diossine)

## IIa FASE



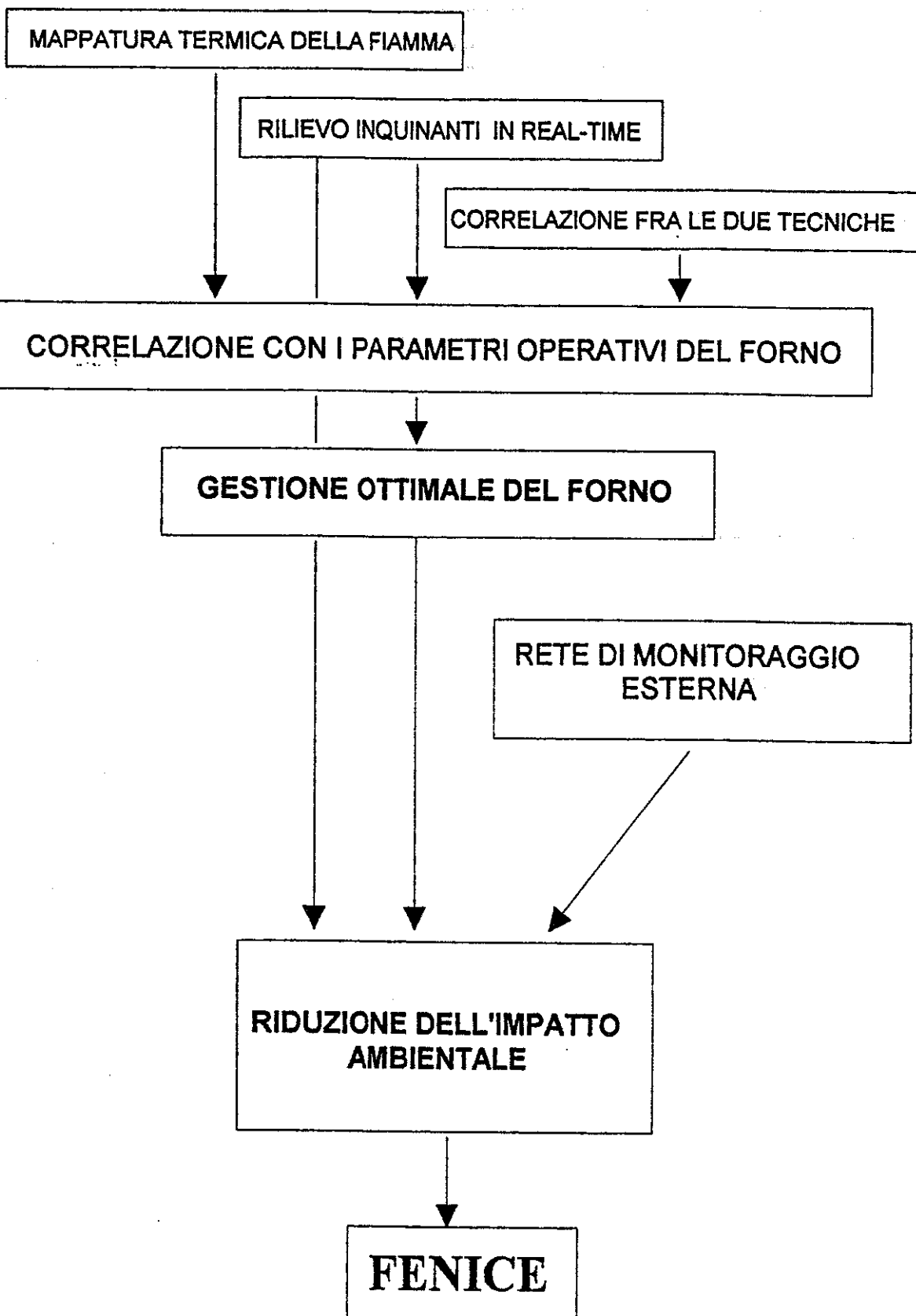
### **Tecniche impiegate:**

- Assorbimento differenziale
- Scattering da particelle
- Fluorescenza

### **Inquinanti rilevabili:**

- SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>
- Particolato submicronico
- Molecole organiche

## STRUTTURA E FINALITA' DEL PROGETTO



## IL SISTEMA FIAT E' ARTICOLATO IN

- CENTRI PERIFERICI DI PRETRATTAMENTO ( ISOLE ECOLOGICHE )  
PRESSO LE UNITA' OPERATIVE DEL GRUPPO/TERZI
- SISTEMA LOGISTICO
- PIATTAFORME INTEGRATE DI TERMODISTRUZIONE PER RECUPERO /  
INNOCUIZZAZIONE / DISCARICA , DOTATE DI IMPIANTI SATELLITI DI  
RICICLAGGIO / RECUPERO

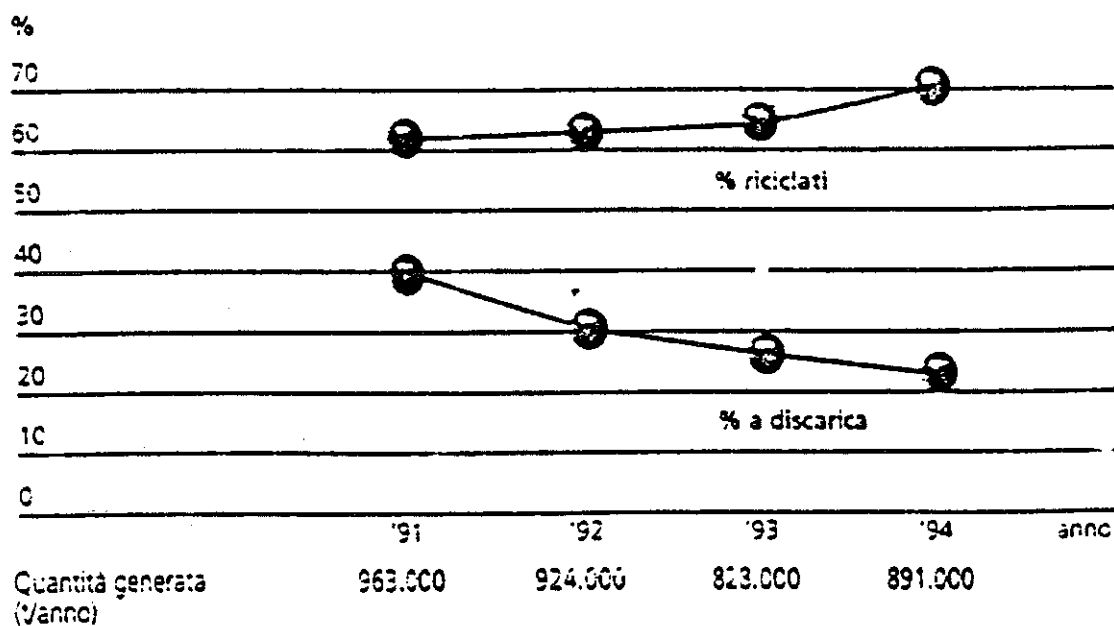


SITUAZIONE RIFIUTI FIAT

|  | 1993    | 1994    |
|--|---------|---------|
| Residui totali (t)                     | 828.366 | 890.779 |
| Residui riciclati (t)                  | 539.504 | 628.631 |
| % Residui riciclati                    | 65,1    | 70,5    |
| % Residui a discarica                  | 27      | 24      |
| Indice di produz. residui (€/miliardo) | 116*    | 111     |

\*il valore riportato nel Rendiconto '93 è stato corretto in base al tasso di inflazionamento.

Figura 15 - Residui di lavorazione



## STRUTTURA DELL'ISOLA ECOLOGICA

L'ISOLA ECOLOGICA EFFETTUA LE SEGUENTI OPERAZIONI :

- RACCOLTA SELETTIVA A BORDO PROCESSO
- STOCCAGGIO TEMPORANEO PER LOTTI OMOGENEI
- PRETRATTAMENTO , RICONDIZIONAMENTO , COMPATTAMENTO
- CONTROLLO SISTEMATICO DELLA QUALITA' DEL RESIDUO
- STOCCAGGIO TEMPORANEO PER CONFERIMENTO ALLE PIATTAFORME

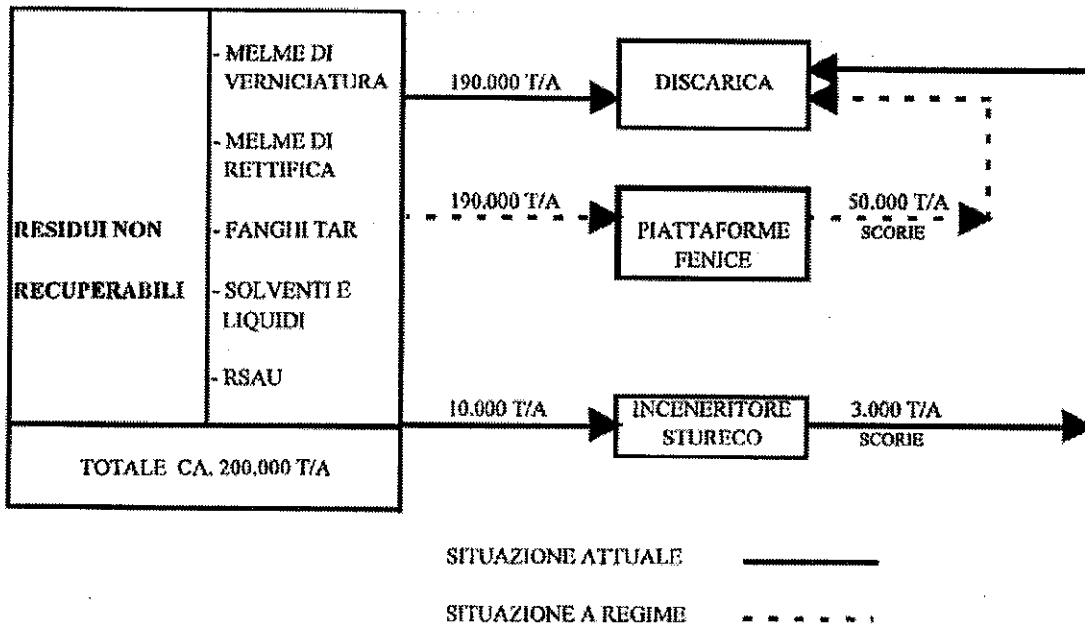
## STRUTTURA DELLA PIATTAFORMA MODULARE

LA PIATTAFORMA MODULARE EFFETTUA LE SEGUENTI OPERAZIONI :

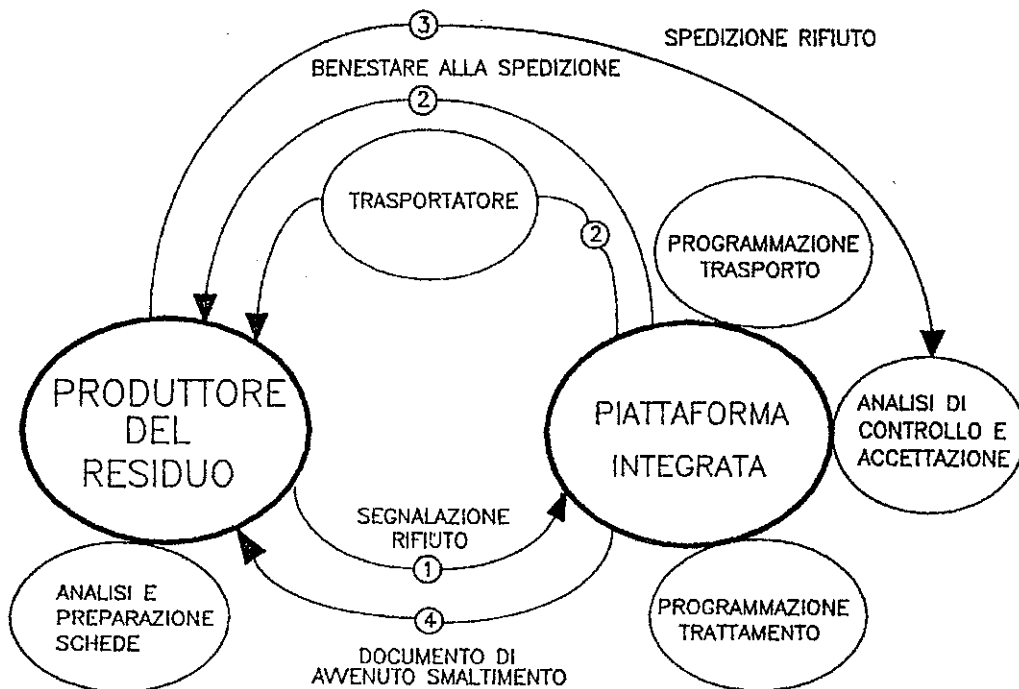
- TERMODISTRUZIONE DEI RESIDUI , MELME E MORCHIE ORGANICHE , LIQUIDI E LIQUAMI ORGANICI
- RECUPERO DELL'ENERGIA TERMICA ( CICLO QUATERNARIO )
- INERTIZZAZIONE CON PROCESSI CHIMICO / FISICI DI FANGHI , POLVERI E SCORIE
- STOCCAGGIO DEFINITIVO IN DISCARICA CONTROLLATA DEI PRODOTTI INERTI DERIVANTI DAI TRATTAMENTI

ED E' DOTATA DEI PIU' MODERNI SISTEMI DI CONTROLLO E PROTEZIONE AMBIENTALE

**EVOLUZIONE DELLO SCENARIO DI SMALTIMENTO RIFIUTI FIAT  
(AD ESCLUSIONE DEI RESIDUI CHE CONTINUERANNO AD ESSERE SMALTITI IN DISCARICA)**



**SCHEMA ORGANIZZATIVO DEL SISTEMA**



## LE PIATTAFORME FENICE DI TERMODISTRUZIONE

|        | POTENZIALITA' (t/a) |        |                       |
|--------|---------------------|--------|-----------------------|
|        | RSAU                | RS     | LIQ. E RESIDUI INORG. |
| NORD   | 60.000              | 60.000 | 46.000                |
| CENTRO | 30.000              | 15.000 | 15.000                |
| SUD    | 30.000              | 36.000 | -                     |

## PIANO ATTUAZIONE DEL SISTEMA FENICE

ISOLE ECOLOGICHE: 1995 - 1997

PIATTAFORME DI TERMODISTRUZIONE: 1995- 1998

SISTEMA LOGISTICO: 1996 - 1997

## SETTORE A

### IMPIANTO DI CARICAMENTO

#### MIGLIORIE ESEGUITE

- MONTAGGIO DI UN TRITURATORE SUPPLEMENTARE A LAME ROTANTI POSIZIONATO SULLE VASCHE DI STOCCAGGIO MELME PER PRETRATTARE ED OMOGENEIZZARE IL PRODOTTO DA INCENERIRE IN AGGIUNTA AL GIA' PREVISTO TRITURATORE/DOSATORE SUL CARICAMENTO.
- SOSTITUZIONE DELLA CAMICIA E DELLO SPINTORE PREVISTO IN ACCIAIO FE42 CON ACCIAIO AISI 304 PER RESISTERE ALLE CORROSIONI DA ACIDO E ALLE ALTE TEMPERATURE DEL FORNO - (ALLEGATO 1 e 2)-
- SOSTITUZIONE DELL'ACQUA INDUSTRIALE DI RAFFREDDAMENTO DELLA CAMICIA E SPINTORE CON ACQUA DEMINERALIZZATA PER EVITARE IL SURRISCALDAMENTO DELLA LAMIERA IN SEGUITO ALLA FORMAZIONE DI CALCARE ALL'INTERNO -

#### MANUTENZIONI NECESSARIE

- SOSTITUZIONE (ANNUALE) DENTI DEL TRITURATORE SU VASCHE STOCCAGGIO .
- PULIZIA GUIDE DI SCORRIMENTO (SEMEMSTRALE) SPINTORI ORTOGONALI .
- PULIZIA UGELLI BRUCIATORI .

## SETTORE B

### TAMBURO ROTANTE

#### MIGLIORIE ESEGUITE

- A - MODIFICA AI PATTINI DEI FERODI DI TENUTA POSIZIONATI IN TESTATA E ALLO SCARICO, PER PERMETTERE UNA PRESSIONE E CONSEGUENTE USURA UNIFORME SU TUTTA LA SUPERFICIE DI APPOGGIO - SI EVITA COSI' L'IMMISSIONE DI ARIA FALSA NEL TAMBURO ROTANTE. (ALLEGATO 3 - 4)
- B - SOSTITUZIONE DEI MATTONI REFRATTARI CONTENENTI AL2 O3 AL 40% CON ALTRI AL ALTO TENORE DI ALLUMINA (80%) . TALI MATTONI RISULTANO ADATTI PER TEMPERATURA FINO A 1580°C, SONO MENO POROSI DEI PRECEDENTI E VETRIFICANDOSI MAGGIORMENTE IN SUPERFICIE ELIMINANO L'INCOLLAMENTO DEL PRODOTTO BRUCIATO SULLE PARETI DEL REFRATTARIO CON CONSEGUENTE FORMAZIONE DI ANELLO INTERNO ; (ALLEGATO 5)
- C - AUMENTO DEL NUMERO DELLE CHIAVI (DA 6 A 12) SULL'ASSE DEL TAMBURO PER ELIMINARE IL FENOMENO DELL'AVVITAMENTO DEI MATTONI ALL'INTERNO - (ALLEGATO 6)
- D - INSERIMENTO DI ANELLO DI TENUTA IN ACCIAIO INOX PER CONTRAPPORSI ALLA SPINTA ASSIALE DEI MATTONI; COPERTURA DELLA PARTE TERMINALE CON PIGIATA REFRATTARIA E FORMAZIONE DI SCIVOLO DI CONVOGLIAMENTO CENERI IN CAMERA DI POST-COMBUSTIONE. (ALLEGATO 7)
- E - INSERIMENTO TELECAMERA SU TESTATA FORNO PER CONTROLLO VISIVO E MAPPATURA TERMICA DELLA FIAMMA.

#### MANUTENZIONI NECESSARIE

- CONTROLLO ANNUALE ALLINEAMENTO RULLI PORTANTI DEL TAMBURO ROTANTE (N°4) PER EVITARE CHE UN ANOMALO DISASSAMENTO PORTI ALL'AVVITAMENTO DEI MATTONI ALL'INTERNO DEL TAMBURO CON SUCCESSIVA ROTTURA DEL REFRATTARIO.

SETTORE C

CAMERA DI POST-COMBUSTIONE

MIGLIORIE ESEGUITE

- SOSTITUZIONE DELL'IMPIANTO A SECCO DI ESTRAZIONE CENERI (DUE BOCHE DI SCARICO, CIASCUNA CON VALVOLA A DOPPIO CLAPET) CON UN IMPIANTO A UMIDO A GUARDIA IDRAULICA E SISTEMA DI ESTRAZIONE CENERI COSTITUITO DA RASCHIATORI TRASCINATI DA MOTORIDUTTORE - LA MODIFICA SI E' RESA NECESSARIA IN QUANTO DURANTE LA FASE DI APERTURA (SCARICO CENERI) DEI CLAPET VENIVA IMMESA ARIA ESTERNA FREDDA IN CAMERA DI POST-COMBUSTIONE CHE CAUSAVA IL RAFFREDDAMENTO REPENTINO DELLE CENERI E FORMAZIONE DI BLOCCHI CHE IMPEDIVANO LA CHIUSURA DELLA BOCCA DI SCARICO . (ALLEGATO 8-9)
- INSERIMENTO DELLE SONDE DI MONITORAGGIO PARTICOLATO SOLIDO E MICROINQUINANTI.

MANUTENZIONI NECESSARIE

- RIPRISTINO ANNUALE DELLE PIGIATE REFRATTARIE INTORNO AI CONI BRUCIATORI E LE BOCHE DI SCARICO.
- PULIZIA ANNUALE DELLA CAMERA .

SETTORE D

CALDAIA A RECUPERO

MIGLIORIE ESEGUITE

- INSERIMENTO TEGOLI IN P22 DI PROTEZIONE TUBI DEL BANCO SURRISCALDATO PER EVITARE CHE I SOFFIATORI DI FULIGGINE DURANTE LE OPERAZIONI DI PULIZIE CON SOFFIATURE BUCASSERO, PER AZIONE MECCANICA DI SFREGAMENTO, I RELATIVI TUBI . (ALLEGATO 10)
- SOSTITUZIONE DELL'IMPIANTO DI ESTRAZIONE CENERI DA SISTEMA A COCLEA CHIUSA AD UMIDO A SISTEMA AD ESTRAZIONE AD UMIDO A GUARDIA IDRAULICA E SISTEMA DI ESTRAZIONE CENERI COSTITUITO DA RASCHIATORI TRASCINATI DA MOTORIDUTTORE . (ALLEGATO 9)  
LA MODIFICA SI E' RESA NECESSARIA IN QUANTO LE CENERI UMIDE E DURE TENDEVANO AD IMPACCARSI E QUINDI A BLOCCARE LA COCLEA CON ROTTURA DEL MOTORIDUTTORE.

MANUTENZIONI NECESSARIE

- PULIZIA INTERNA CALDAIA (SEMESTRALE) DEI TUBI DI PARETE, BANCO DEL SURRISCALDATO, CAMERA MORTA ED ECONOMIZZATORE PER MANTENERE INVARIATI I VALORI DI  $\Delta P$  .

SETTORE E

SEZIONE DI LAVAGGIO FUMI

MIGLIORIE ESEGUITE

- MODIFICA TORRE DI LAVAGGIO FUMI (PEA-BODY) ELIMINANDO I PIATTI E I VENTURI A GOLA FISSA E LASCIANDO SOLO GLI UGELLI DI PRERAFFREDDAMENTO; INSERIMENTO IN LINEA DI NUOVA SEZIONE DI DEPURAZIONE FUMI COSTITUITA DA UN VENTURI A GOLA VARIABILE E TORRE FINALE DI LAVAGGIO . (ALLEGATO 12 - 13)  
LA MODIFICA SI E' RESA NECESSARIA IN QUANTO IL SISTEMA VENTURI A GOLA FISSA, PER LA CONTINUA VARIAZIONE DELLA PORTATA DEI FUMI, RIDUCEVA L'EFFICIENZA DI LAVAGGIO MENTRE IL SISTEMA A GOLA A SEZIONE VARIABILE MANTENENDO COSTANTE IL  $\Delta P$  ALLA VARIAZIONE DELLA PORTATA DEI FUMI MIGLIORA L'EFFICIENZA DI LAVAGGIO/DEPURAZIONE FUMI .  
SOSTITUZIONE DELLA TORRE DI PRE-RAFFREDDAMENTO (PEA-BODY) CON ANALOGA EBANITATA E REFRATTARIATA PER TUTTA L'ALTEZZA PER PROTEGGERLA DALLE CORROSIONI ACIDE E DALLA TEMPERATURA ELEVATA .
- MODIFICA SISTEMA DI INIEZIONE SODA E CONTROLLO PH ACQUE DI LAVAGGIO PER MANTENERLA MAGGIORE DI 9.5 .

MANUTENZIONI NECESSARIE

- LAVAGGIO, ANNUALE, DELLE RETI ADDUZIONE ACQUA DI LAVAGGIO, UGELLI, TORRI PER EVITARE LE INCROSTAZIONI INTERNE DOVUTE ALL'ADDITIVAZIONE IN CONTINUO DI SODA .

SETTORE F

VENTILATORE ESTRAZIONE FUMI E CAMINO

MIGLIORIE ESEGUITE

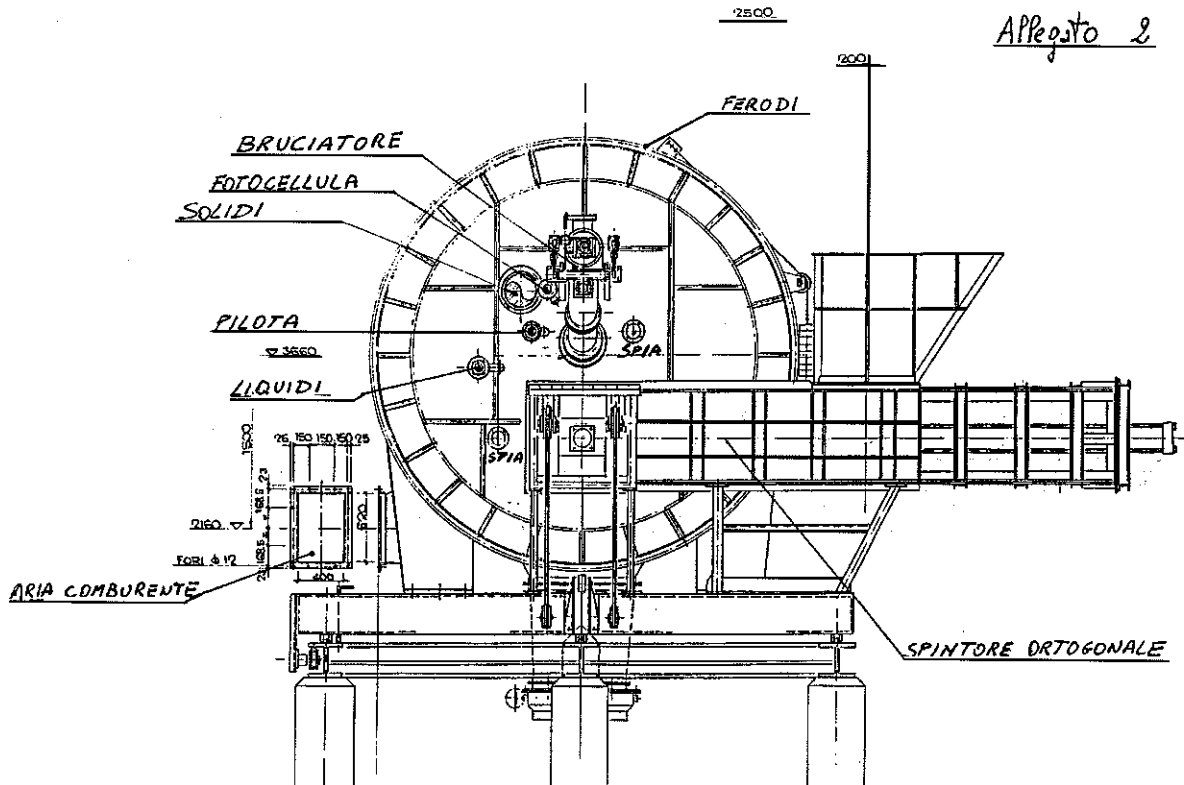
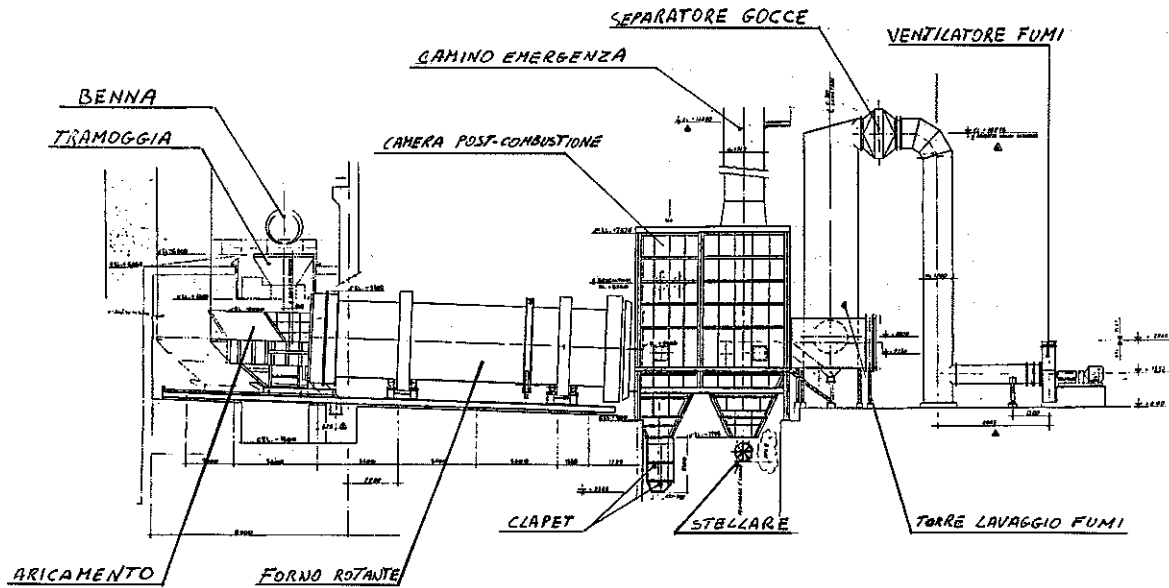
- SOSTITUZIONE VENTILATORE, PER ESTRAZIONE FUMI E MANTENIMENTO DEPRESSIONE IN CAMERA DI POST-COMBUSTIONE, CON VENTOLA IN ACCIAIO AVESTA 2205, A DOPPIA STRUTTURA (AUSTENITICO-FERRITICO CHE OFFRE BUONA RESISTENZA ALLA CORROSIONE, BUONA RESISTENZA ALL'ABRASIONE, OTTIME CARATTERISTICHE MECCANICHE PER FORTE VELOCITA' ED ELEVATE SOLLECITAZIONI) AVENTE LE SEGUENTI CARATTERISTICHE:

| C    | SI  | MN  | CR | MO | NI  | N    |
|------|-----|-----|----|----|-----|------|
| 0.03 | 0.5 | 1.5 | 22 | 3  | 5.5 | 0.15 |

- SOSTITUZIONE CHIOCCIOLA CON RIVESTIMENTO IN EBANITATURA PER EVITARE LE CORROSIONI . (ALLEGATO 14)
- SOSTITUZIONE DEL CAMINO CENTRALIZZATO CON ANALOGO EBANITATO INTERNAMENTE E SOPRAELEVAZIONE A QUOTA + 30 M .

MANUTENZIONI NECESSARIE

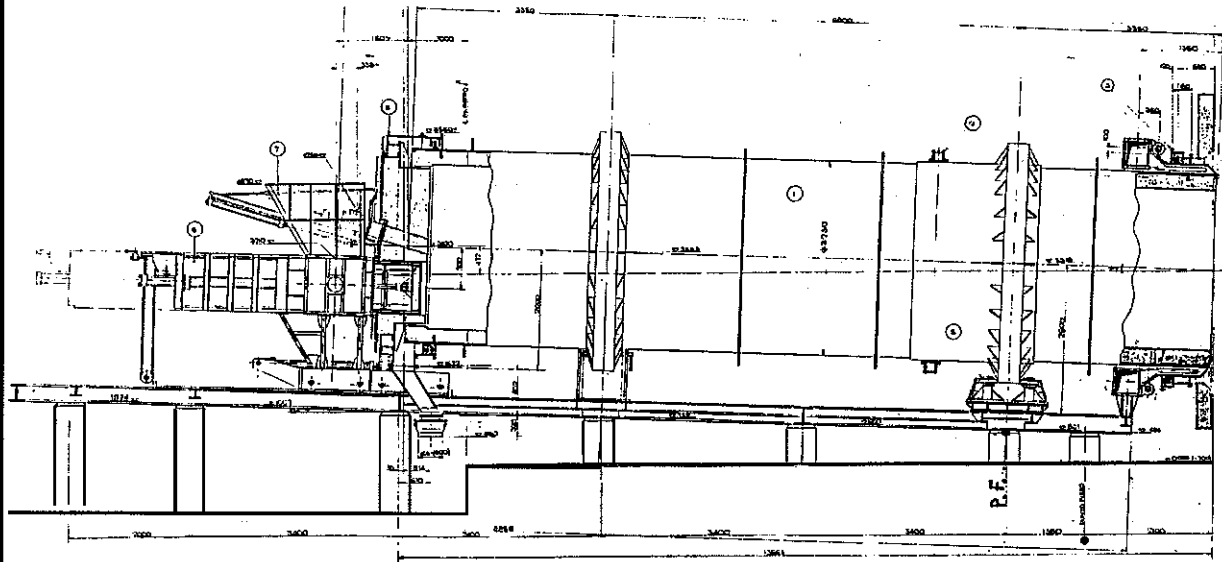
- PULIZIA ED EQUILIBRATURA (ANNUALE) DELLA VENTOLA
- PULIZIA CONDOTTI E BASE CAMINO (ANNUALE) .



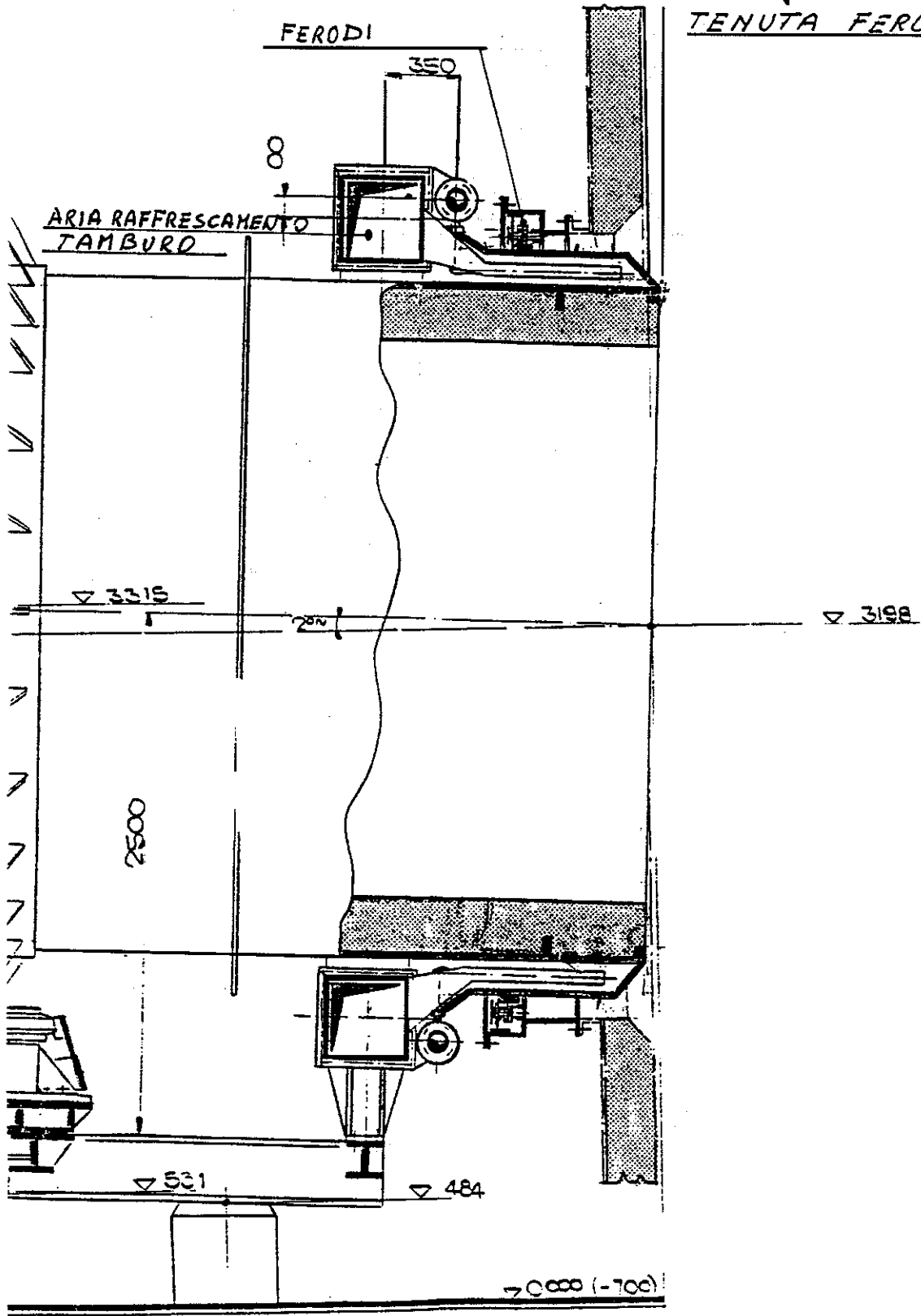


ASSIEME FORNO ROTANTE / CARICATRICE

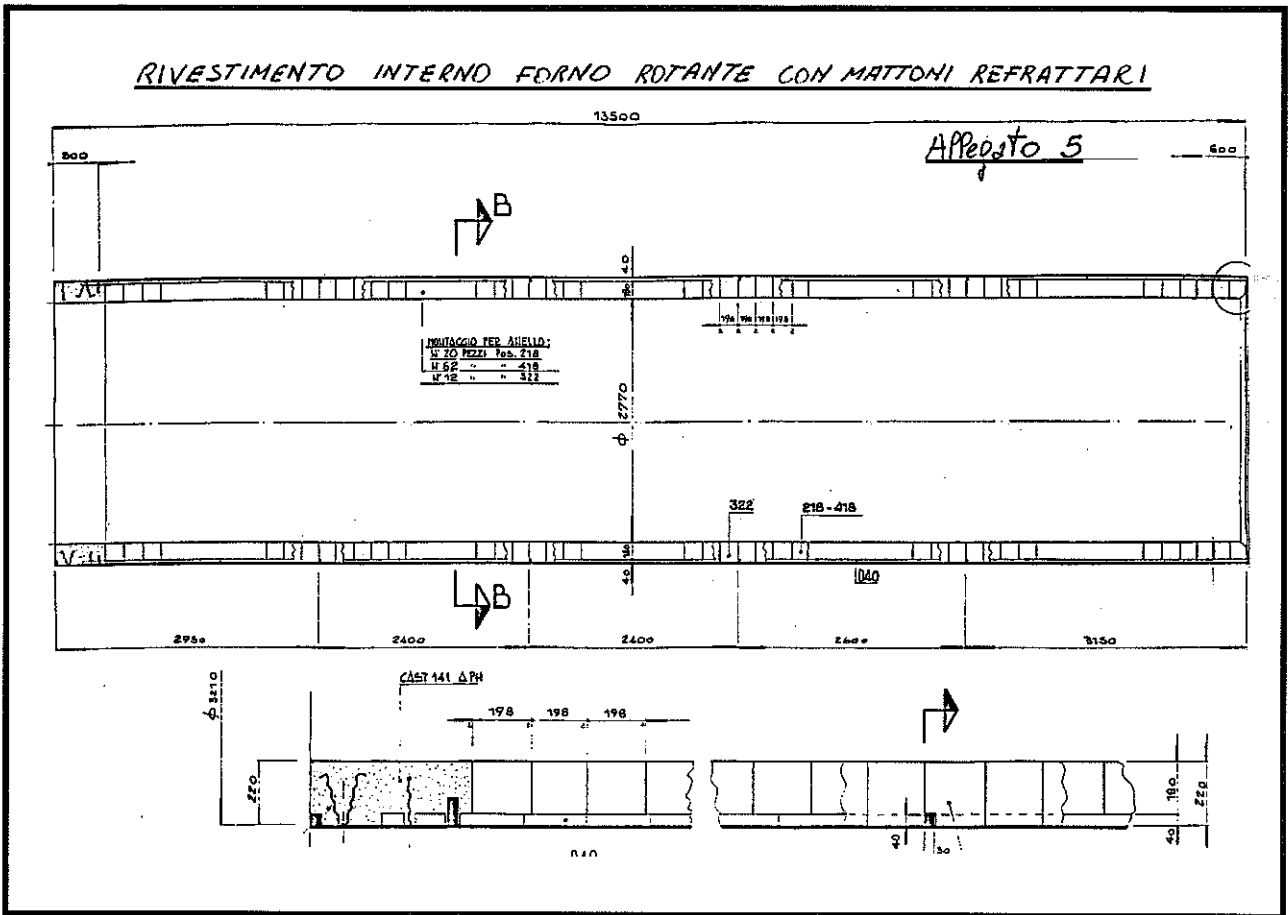
Allegato 3



ALLEGATO 4  
TENUTA FERODI

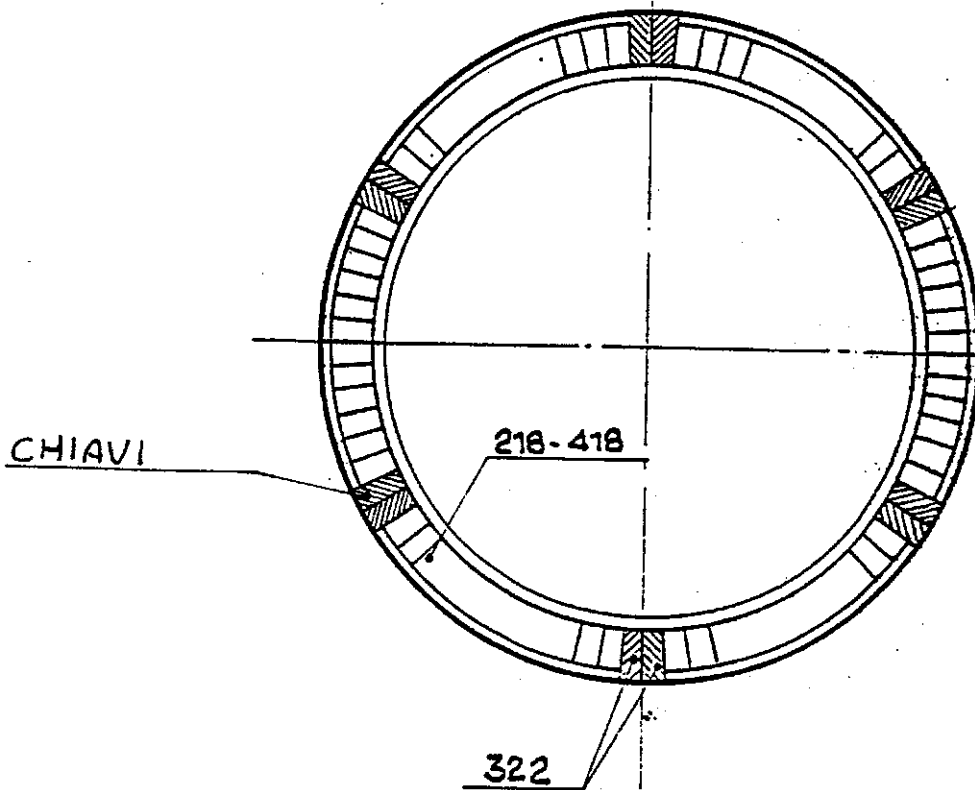


RIVESTIMENTO INTERNO FORNO ROTANTE CON MATTONI REFRATTARI

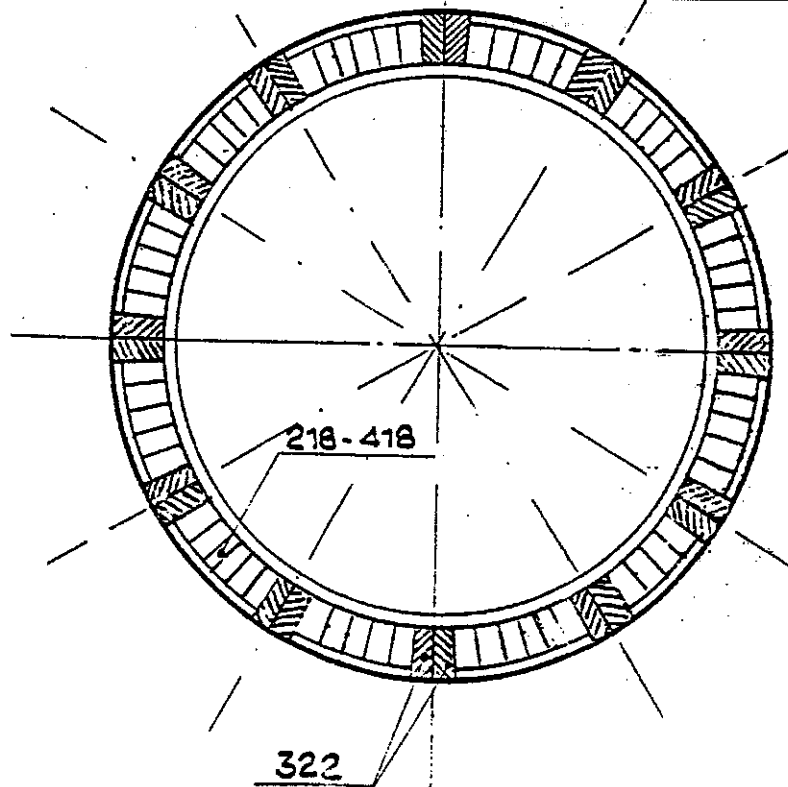


RIVESTIMENTO INTERNO MATTONI CON 6 CHIAVI 1986

Allegato 6

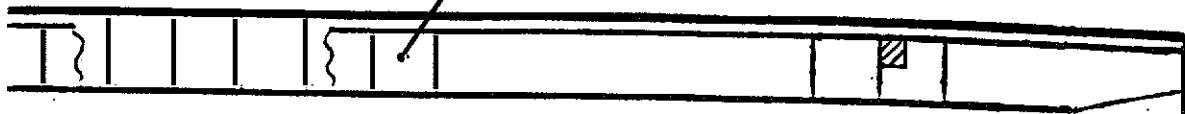


RIVESTIMENTO INTERNO MATTONI CON 12 CHIAVI 1990



Allegato 7

MATTONI REFRAATTARI CL3

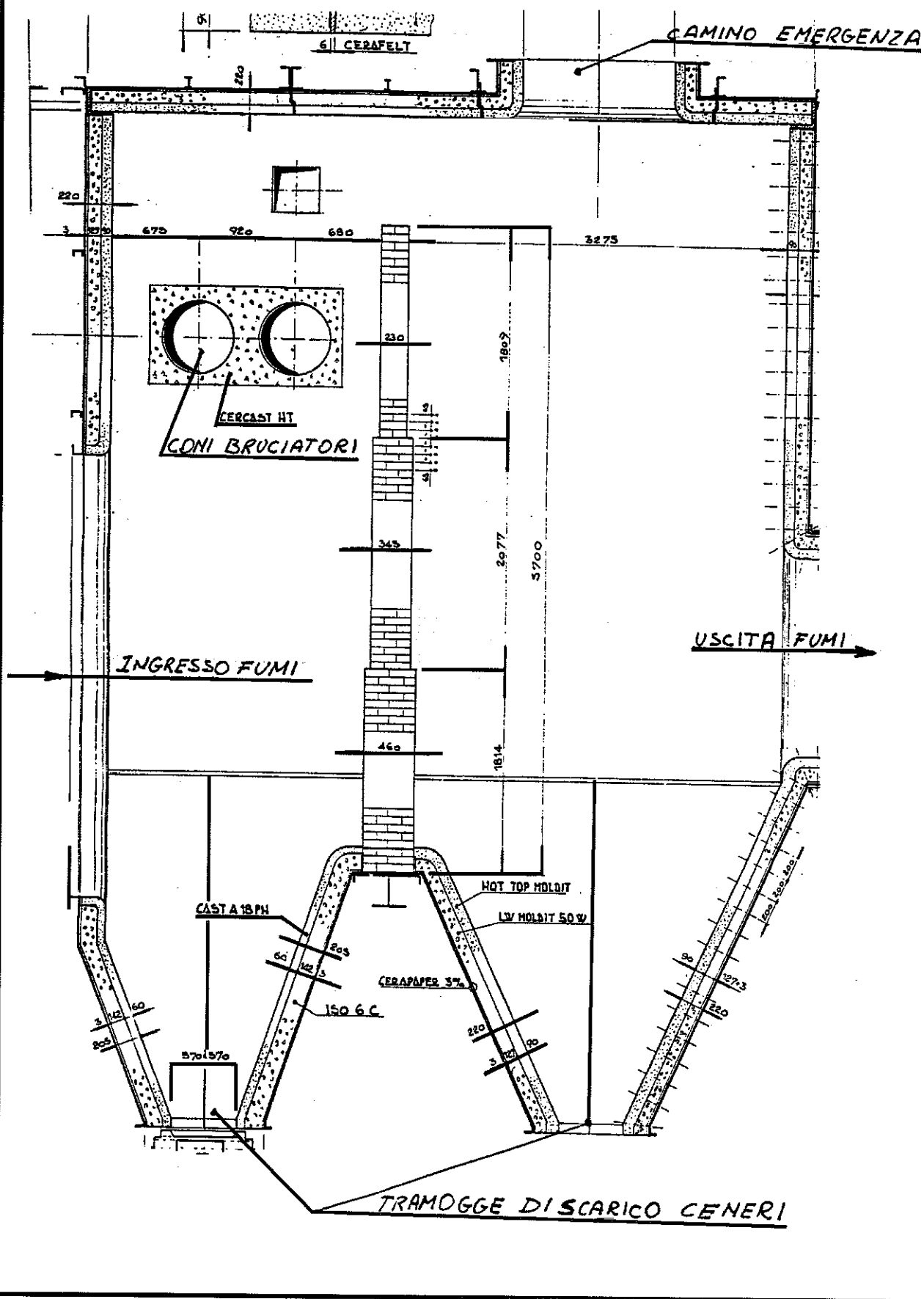


ANELLO DI TENUTA

PIGIATA REFRAATTARIA

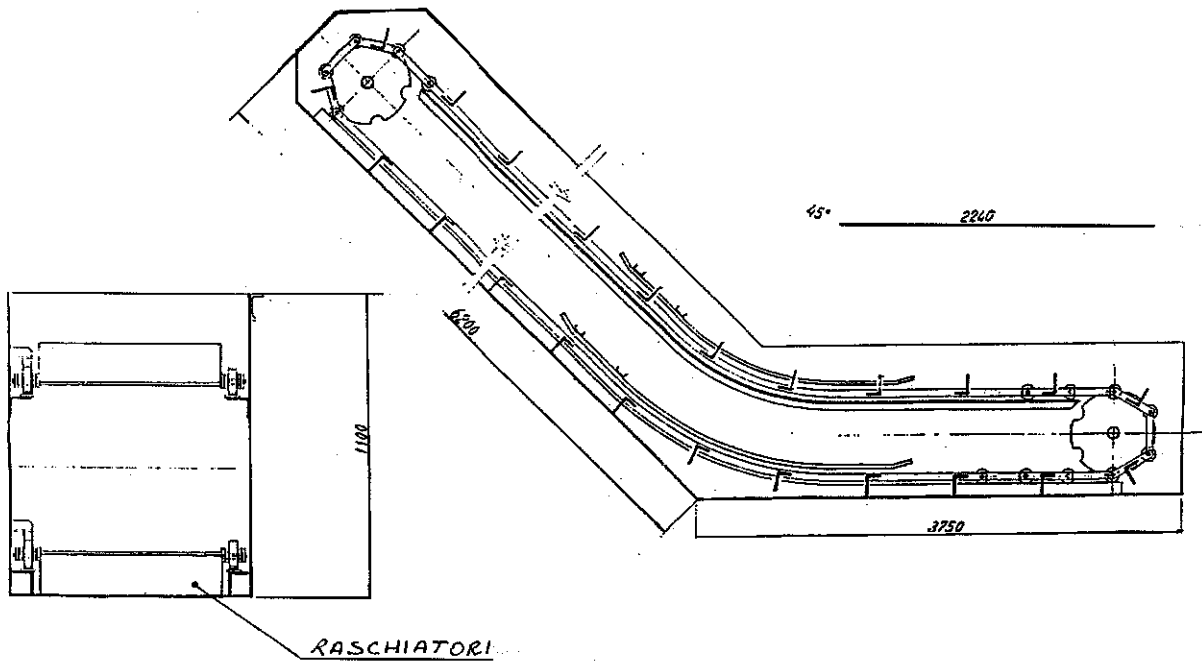
# CAMERA DI POST-COMBUSTIONE

Allegato 8



ESTRATTORE CENERI AD UMIDO 1987

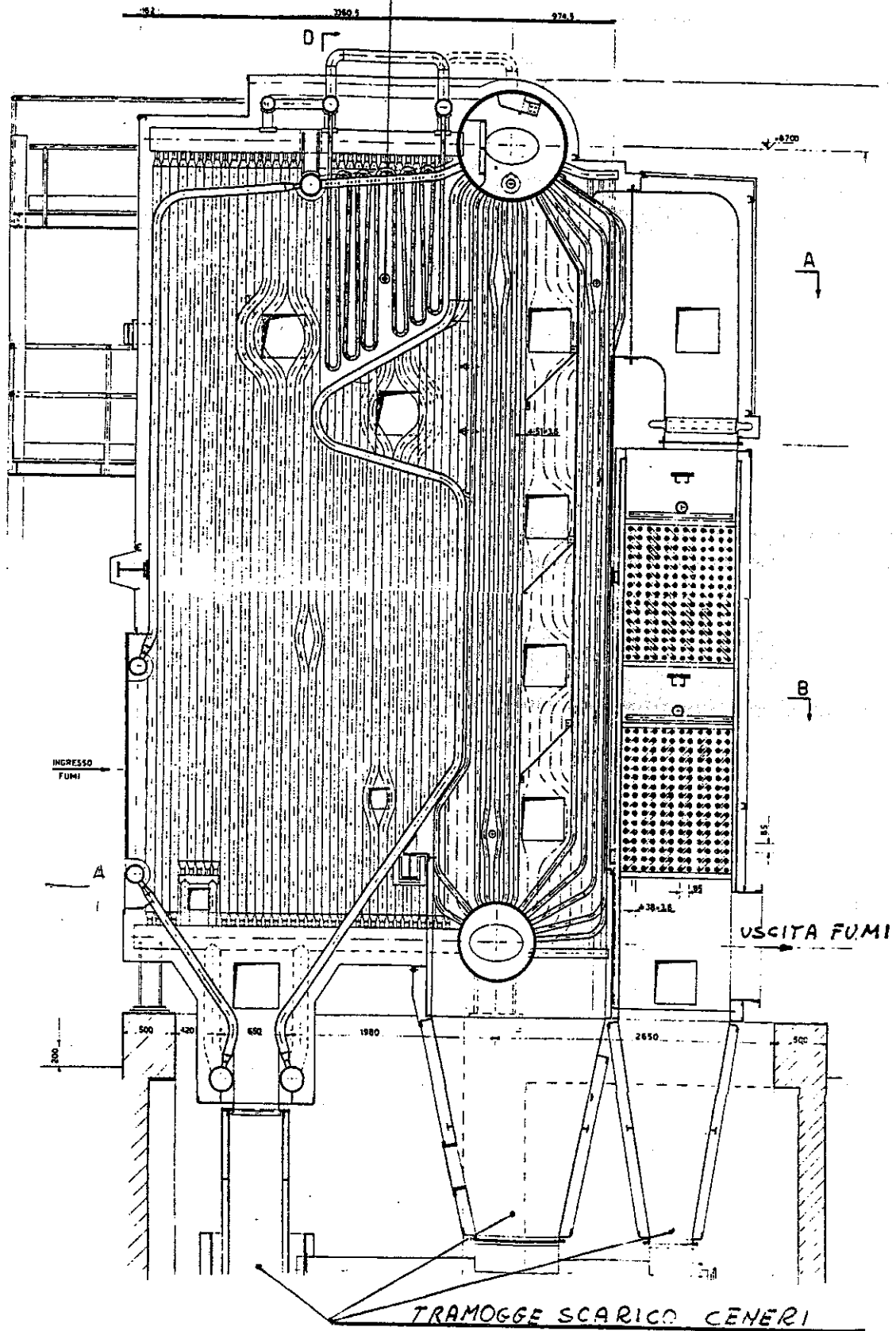
Allegato 4



CALDAIA RECUPERO FUMI

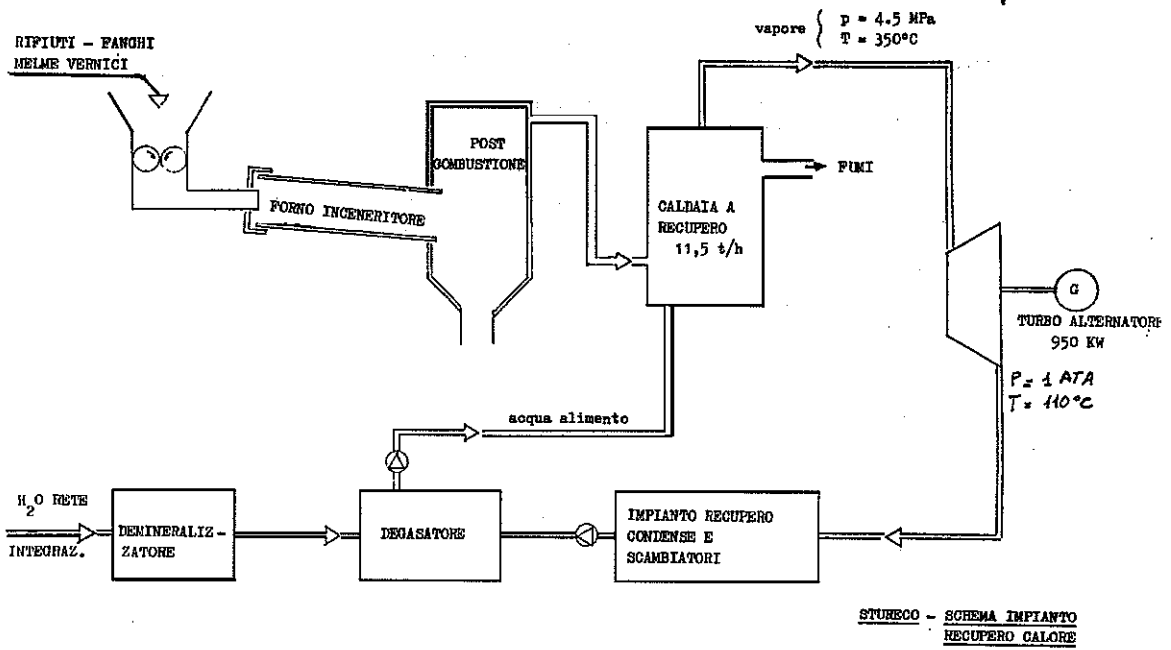
Apparato 10

SOFFIATORI DI FULIGGINE



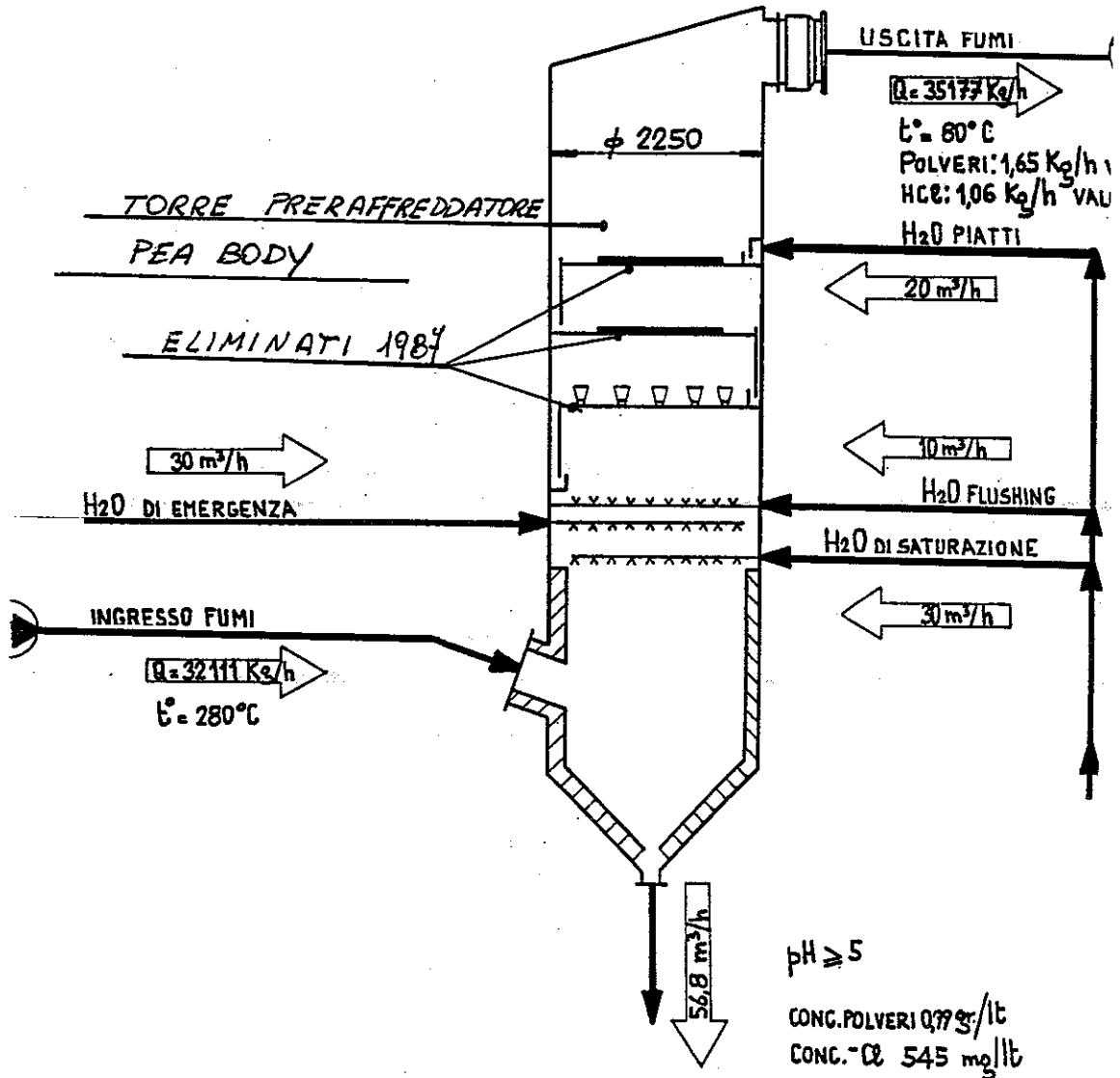


Allegato 11



IMPIANTO LAVAGGIO FUMI 1986

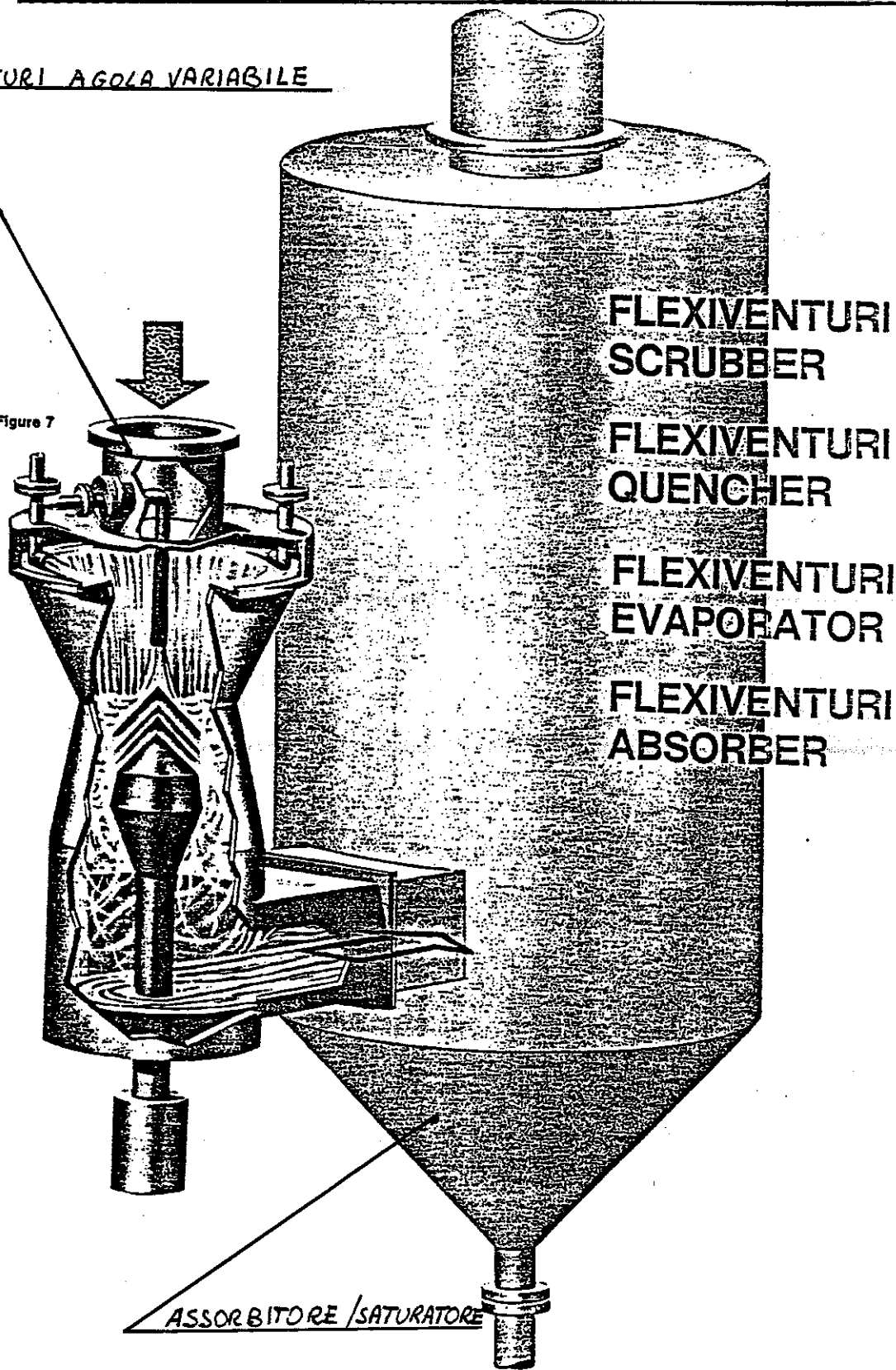
A. PEPATO 12



NOTE:  $\Delta p$  TOTALE SCRUBBER: 690 mm c. a.  
 CONSUMO H<sub>2</sub>O EVAPORAZIONE: 3,2 m<sup>3</sup>/h  
 PORTATA FUMI ALLA SATURAZIONE: 42.850 Em<sup>3</sup>/h a T = 80°

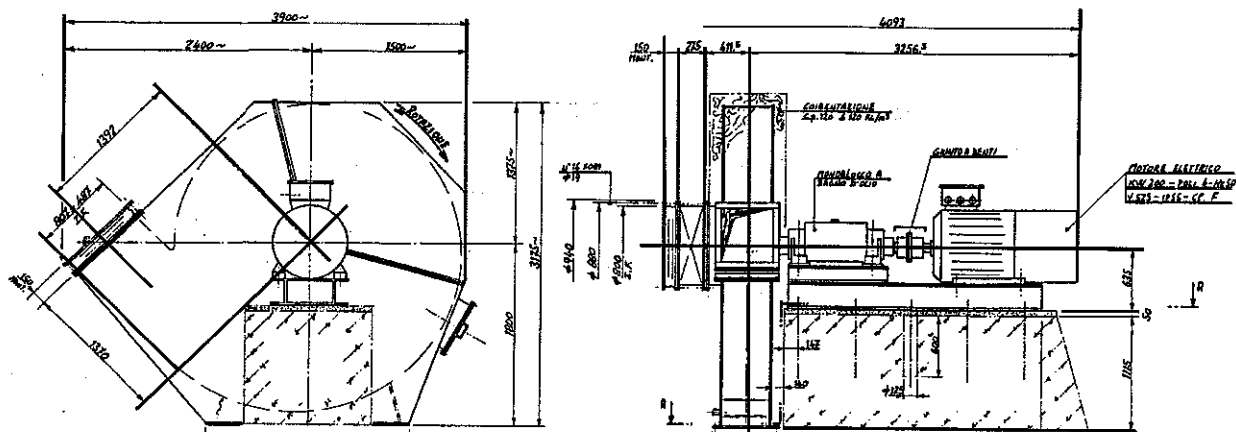
VENTURI A GOLE VARIABILE

Figure 7



VENTILATORE ESTRATTORE FUMI

Appendo 14



# Utilizzo di residui combustibili nel forno rotante per la produzione di clinker da cemento

Giovanni Cinti  
CTG - Italcementi

## 1. Introduzione

Recenti sviluppi normativi lasciano concretamente prevedere la possibilità di usare in modo stabile e continuato residui industriali e civili per recuperare energia termica nell'ambito di processi industriali.

Tale attività consente di ridurre i consumi di combustibili primari in quantità, riferite al calore, pressochè corrispondenti, almeno nei casi di residui a medio-elevato potere calorifico: frequentemente ci si riferisce ad essi con la denominazione di combustibili di sostituzione o alternativi.

Il forno da cemento, nel quale viene prodotto il componente idraulicamente attivo delle diverse qualità di cementi, per le caratteristiche che gli sono proprie, consente l'utilizzo di residui combustibili in condizioni particolarmente vantaggiose sotto il profilo ambientale (assenza di rifiuti, incremento di emissioni praticamente nullo), e sotto quello quantitativo, data la grande quantità di energia primaria utilizzata nel processo; nella seguente Tab.1 sono riportati i consumi di energia per il 1994 per l'intero settore a livello nazionale.

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| ENERGIA ELETTRICA       | 3.907.370 MWh              |
| COMBUSTIBILE SOLIDO     | 2.595.042 t                |
| OLIO COMBUSTIBILE       | 172.657 t                  |
| GAS METANO              | 122.674.757 m <sup>3</sup> |
| COMB. NON CONVENZIONALI | 138.803 t                  |

Tab.1 Consumi di energia per il 1994 [ 1 ]

Dal punto di vista economico appare interessante il fatto che il riutilizzo può avvenire in impianti esistenti previ opportuni adeguamenti riguardanti depositi, trasporti e sistemi di alimentazione, non risultando quindi necessaria la costruzione di appositi impianti di termoutilizzazione. La omogenea distribuzione sul territorio nazionale dei centri di produzione di leganti idraulici offre, come dimostrato dalla Tab.2, evidenti vantaggi logistici.

|                           |              |    |
|---------------------------|--------------|----|
| PRODUZIONE CEMENTO 1994   | 33.084.429 t |    |
| FORNI ATTIVI              | 98           |    |
| IMPIANTI A CICLO COMPLETO | 64           |    |
|                           | NORD         | 28 |
|                           | CENTRO       | 12 |
|                           | SUD          | 15 |
|                           | ISOLE        | 9  |

Tab. 2 Produzione e struttura produttiva italiana di cemento nel 1994 [ 1 ]

Per evidenziare l'importanza determinante dell'esistenza di un quadro normativo chiaro ed organico che regola questa complessa e delicata materia, a titolo di esempio, nella Tab.3 sono riportate le ripartizioni percentuali dei combustibili utilizzati dall'industria del cemento in Italia, Stati Uniti e Francia relativamente agli anni più recenti.

Si consideri che i combustibili liquidi e gassosi sono generalmente utilizzati solo nei processi di essiccazione e per i servizi generali di cemeniteria, mentre i combustibili solidi (carbone e coke di petrolio) costituiscono l'unico tipo di combustibile utilizzato nel forno da cemento. Questo è di fatto il tipo di combustibile che verrà ad essere sostituito dai residui; in Francia dove una normativa ben strutturata ha da tempo consentito l'utilizzo di combustibili alternativi il consumo di combustibili solidi, generalmente importati, è diminuito del 40%. In Italia l'incremento al 4.1% dei combustibili diversi da quelli convenzionali utilizzati nell'anno '94 è dovuto all'introduzione sul mercato di combustibile bituminoso derivato dalla lavorazione del greggio (commercialmente denominato TAR, Pitch, Bitoil, ecc.).

Fino ad oggi nel nostro paese vincoli normativi molto rigorosi, derivanti dal dettato della legge 615/66, hanno impedito l'utilizzo di combustibili non convenzionali salvo in casi molto specifici, nei quali tale impiego è stato autorizzato a livello regionale sotto forme diverse.

|         | 1991 |    |      | 1992 |    |      | 1993 |      |   | 1994 |   |      |
|---------|------|----|------|------|----|------|------|------|---|------|---|------|
|         | USA  | F  | I    | USA  | F  | I    | USA  | F    | I | USA  | F | I    |
| %       |      |    |      |      |    |      |      |      |   |      |   |      |
| SOLIDI  | 70.8 | 58 | 84.3 | 69.5 | 47 | 86.3 | 39   | 86.2 |   |      |   | 84.8 |
| LIQUIDI | 1.2  | 9  | 11.0 | 1.2  | 8  | 10.0 | 8    | 7.9  |   |      |   | 6.9  |
| GAS     | 10.2 | 3  | 3.1  | 11.7 | 3  | 3.6  | 3    | 4.9  |   |      |   | 4.2  |
| ALTRI   | 7.8  | 30 | 1.6  | 7.7  | 42 | 0.1  | 50   | 1.0  |   |      |   | 4.1  |

Tab. 3 Mix dei combustibili per la produzione di leganti idraulici [ 2 ]

Con la conversione in legge del D.L. 7 settembre 1995, n. 373, recante le disposizioni in materia di riutilizzo dei residui, anche nel nostro paese avremo un quadro normativo che regolerà in modo completo l'attività di recupero di energia dai residui.

Il regime di comunicazione alla competente autorità regionale sarebbe stato da alcuni interpretato come una semplificazione dell'iter autorizzativo per intraprendere l'attività di riutilizzo. La situazione è in realtà molto diversa e di fatto prima di poter intraprendere qualsiasi forma di utilizzo di residui combustibili è necessario ottenere il benestare di diversi enti, ognuno dei quali nell'ambito delle proprie competenze, deve verificare il rispetto e la corretta applicazione delle norme vigenti, con facoltà di imporre le eventuali necessarie modifiche, pena il mancato rilascio del relativo parere favorevole, con conseguente blocco dell'iniziativa.

Nella seguente Tab. 4 si esemplifica un possibile iter burocratico nelle sue linee essenziali.

1. COMUNICAZIONE EX ART. 5 D.L. 7 settembre 95, n.373
2. DOMANDA DI CONCESSIONE EDILIZIA
3. DOMANDA PER IL PARERE PREVENTIVO DEI VV.F. ex art.15 del DPR 577/82 allorchè il deposito abbia capacità tale da costituire attività soggetta al controllo dei VV.F. di cui al D.M. 16 settembre 1982
4. NOTIFICA ALL'USL ex art.48 del DPR303/56 o regolamento di igiene tipo o ex art.216 del Testo Unico delle Leggi Sanitarie (R.D. 27 luglio 1934, n.1265)
5. PREDISPOSIZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE ex art.4.2 del D.Lgs. 626/94 sulla valutazione dei rischi (art. 4.2) con comunicazione ai lavoratori, formazione ed informazione
6. AUTORIZZAZIONE ALL'AVVIAMENTO DA PARTE DELL'USL ovvero sia comunicazione di fine lavori e domanda di agibilità al Comune

Tab. 4 Linee essenziali dell'iter autorizzativo all'uso di residui combustibili

Presupposto fondamentale per l'uso di residui combustibili è quindi il rispetto delle norme relative alle emissioni di cui al D.M. 16 gennaio 1995, nonché di tutte le altre regolamentazioni di igiene vigenti e già normalmente appli-

cate anche nell'ambito di altre iniziative. Per dimostrare l'effettiva idoneità del processo per la formazione di clinker da cemento all'uso di residui industriali come combustibili è necessario descriverne brevemente la struttura, il funzionamento e le caratteristiche, e, successivamente, esaminare alcune applicazioni per le quali ci dovremo in massima parte riferire a casi operativi in paesi stranieri.

## 2. Il processo di cottura del clinker da cemento

La miscela cruda, avente la composizione media di cui alla seguente Tab. 5, ottenuta attraverso un processo a più fasi di comminuzione-essiccazione di opportune materie prime (essenzialmente calcare e argilla), è alimentata all'impianto di cottura in forme diverse a seconda del tipo di processo adottato: nel processo "a via secca" la miscela viene alimentata tal quale, in quello "a via semisecca" sotto forma di granuli umidi al 12% di acqua; quando l'addizione di acqua giunge al 35% si ottengono melme fluide adatte ad alimentare i forni del processo "a via umida", che, per gli elevati consumi specifici di energia termica, sono ormai in disuso. Molto diffusi sono invece i forni che utilizzano i primi due processi.

| COMPONENTE                     | %     |
|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 13.35 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.79  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.64  |
| CaO                            | 43.21 |
| MgO                            | 1.28  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.50  |
| K <sub>2</sub> O               | 0.62  |
| Pa F                           | 35.42 |

Tab.5 Composizione tipo di una miscela da cemento Portland

I tipi di forno che più generalmente si possono riscontrare sono quelli schematizzati in fig.1. Come si può notare essi si differenziano quasi esclusivamente per il tipo

di preriscaldatore: esterno a stadi di cicloni nei forni a via secca, esterno con griglia mobile o interno alla parte rotante con crociere nei forni del processo a via semisecca. Nel preriscaldatore é generalmente bruciata una parte del combustibile necessario al processo, in ragione variabile dal 20 al 50% del totale. All'uscita del preriscaldatore la miscela cruda ha raggiunto la temperatura di 900°C, alla quale si ha la dissociazione del carbonato di calcio. Durante questa fase il materiale passa nella parte rotante, costituita da un lungo cilindro rivestito internamente di materiale refrattario ed inclinato verso lo

scarico, dove tale reazione si conclude ed hanno inizio successivamente le reazioni di sinterizzazione fra i quattro ossidi principali di Ca, Si, Al e Fe, con comparsa di fase liquida e formazione di silicato tricalcico, silicato bicalcico, alluminato tricalcico ed allumino-ferrito tetracalcico.

Nella parte rotante é bruciato dal 50 al 100% del combustibile necessario al processo e si raggiunge nel materiale la temperatura di 1450°C, necessaria al completamento delle reazioni esotermiche di formazione del clinker. Il clinker, un materiale di colore scuro, varia-

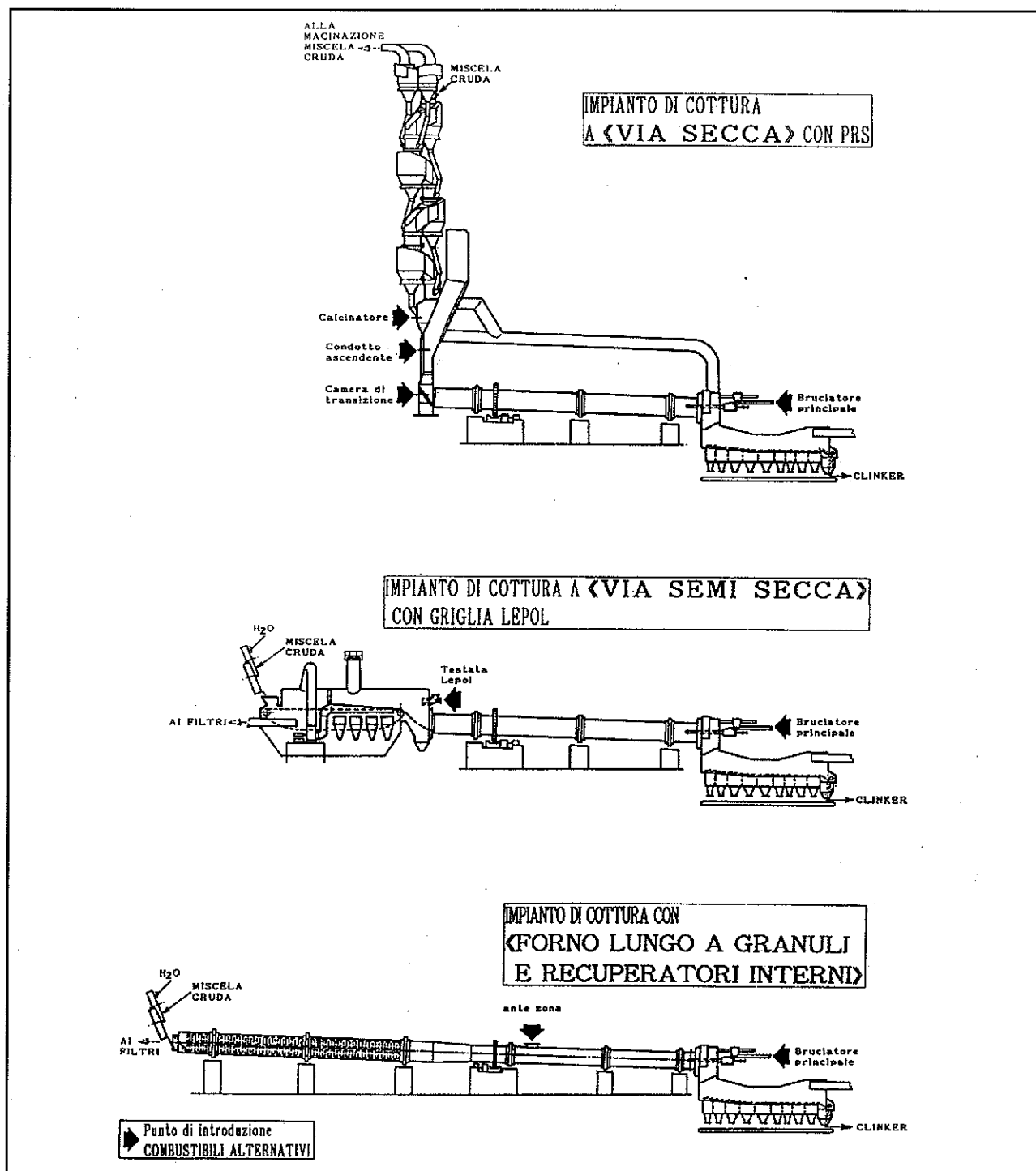


FIGURA 1

mente granulato, viene poi bruscamente raffreddato con aria esterna nel raffreddatore, recuperatore della maggior parte del calore sensibile del materiale. L'aliquota di tale calore a più elevata temperatura è riutilizzata dal forno come aria secondaria di combustione, a circa 800°C, fatto che consente di raggiungere nella fiamma del bruciatore principale temperature dell'ordine dei 1900-2000 °C. Il combustibile utilizzato è generalmente carbon fossile o coke di petrolio polverizzati o una miscela dei due, aventi mediamente le caratteristiche indicate alla Tab.6.

| %      | CARBONE SUBBIT. | COKE DI PETROLIO |
|--------|-----------------|------------------|
| C      | 71              | 89               |
| H      | 4               | 4                |
| O      | 6               | 0.5              |
| N      | 1.5             | 1                |
| S      | 0.5             | 4.5              |
| CENERI | 17              | 1                |

|     |              |              |
|-----|--------------|--------------|
| PCI | 6350 kcal/kg | 8270 kcal/kg |
| MV  | 27%          | 13%          |

Tab.6 Analisi elementare e potere calorifico inferiore di due combustibili tipici (dati riferiti al secco)

I gas di combustione risalgono il forno in controcorrente con il materiale in cottura, cedendo il calore sensibile e interagendo con esso anche chimicamente, depurandosi in particolare della anidride solforosa e ricevendo anidride carbonica e vapor acqueo.

Nel processo a via secca all'uscita del forno i gas (350 - 400°C) vengono generalmente trattati in una torre di condizionamento e/o riutilizzati nel molino della macinazione della miscela cruda, prima di essere emessi in atmosfera, previa depolverazione.

Nel processo a via semisecca i gas (90 - 100 °C) vengono invece direttamente inviati agli elettrofiltri e di qui emessi in atmosfera. In molti processi è attivo un secondo bruciatore, detto ausiliario o di precalcinazione, che inietta combustibile nel preriscaldatore o in apposito reattore detto precalcinazione; la combustione ha luogo in un ambiente termostato dalla reazione endotermica di decarbonatazione (900 °C), utilizzando parte dell'ossigeno presente nella corrente dei gas che provengono dalla parte rotante o, nel caso di presenza di un precalcinazione, utilizzando l'aria fortemente preriscaldata proveniente dal raffreddatore del clinker (700-800 °C).

Il bilancio termico di un forno a via secca è sommariamente riassunto nella seguente Tab. 7.

|                                     | kcal/kg di clinker |
|-------------------------------------|--------------------|
| TONALITÀ TERMICA DEL CLINKER        | 420                |
| ENTALPIA FUMI EMESSI                | 190                |
| ENTALPIA POLVERI ESTRATTE DAL CICLO | 4                  |
| PERDITE DALLE SUPERFICIE            | 58                 |
| ARIA CALDA EMESSA DAL RAFFREDDATORE | 90                 |
| CLINKER IN USCITA                   | 18                 |
| Totale                              | 780                |

Tab.7 Bilancio termico sommario di un forno con PRS

### 3. Riutilizzo di residui combustibili

I materiali, elencati fra i residui combustibili di cui al D.M. 16 gennaio '95, che meglio si prestano ad un riutilizzo nei forni da cemento sono quelli indicati nella seguente Tab 8, ove non sono stati inclusi né petcoke né pitch, essendo questi a tutti gli effetti dei prodotti.

| DENOMINAZIONE DEL RESIDUO SECONDO IL D.M. 16 gennaio 1995   |
|---|
| 5. Residui della lavorazione del legno ed affini trattati   |
| 6. Carta, cartone e poliaccoppiati  |
| 7. Resine, gomme, artificiali e sintetiche, non clorurate   |
| 8. Fluff da macinazione di autoveicoli  |
| 9. Pneumatici fuori uso   |
| 10. Solventi e miscugli di solventi organici - residui di distillazione di prodotti organici                |
| 11. Combustibile derivato dai rifiuti (RDF)   |
| 13. Distillati di catrame di carbone fossile proveniente anche da forni di cottura per elettrodi di carbone |
| 14. Resine artificiali e sintetiche (PDF)   |
| 16. Legno impregnato  |
| 17. Ceneri da olio combustibile   |
| 20. Residui del trattamento della carta da macero (scarti di pulper)  |

Tab. 8 - Elenco dei residui riutilizzabili come combustibili nel processo di cottura per la formazione di clinker

In funzione dello stato fisico, del peso specifico, della granulometria e del grado atteso di costanza della qualità e della composizione, i residui possono essere introdotti nel forno in punti diversi secondo quanto riportato nelle figg. 2, 3, 4.

Quasi tutti i residui possono essere introdotti in testata, ovvero attraverso il bruciatore principale, oppure in alternativa attraverso un bruciatore posto in parallelo ad esso.



Ove sia conveniente effettuare una precalcinazione, ovvero sia attivare la dissociazione dei carbonati già nel preriscaldatore, è possibile introdurre alcuni tipi di residui anche in punti del forno diversi dalla testata.

Questo tipo di alimentazione risulta particolarmente utile quando il residuo si presenti in pezzatura grossolana e sia elevata la quantità di energia necessaria per la polverizzazione. È il caso tipico della gomma derivante da pneumatici fuori uso che possono essere usati interi o semplicemente spezzettati, essendo il trattamento per la loro ridu-

zione in polverino, proibitivo sotto il profilo economico. Modalità di impiego e soluzioni impiantistiche adatte a rendere praticamente possibile il recupero di energia da un residuo devono essere studiate per ogni tipologia di materiale in relazione alle specificità dei singoli forni.

Alcuni principi sono comunque generalizzabili: in particolare l'introduzione di un residuo nel ciclo tecnologico non deve alterare l'ambiente di lavoro della cementeria; è quindi auspicabile ridurre al mi-

**IMPIANTO DI COTTURA  
A «VIA SECCA» CON PRS**

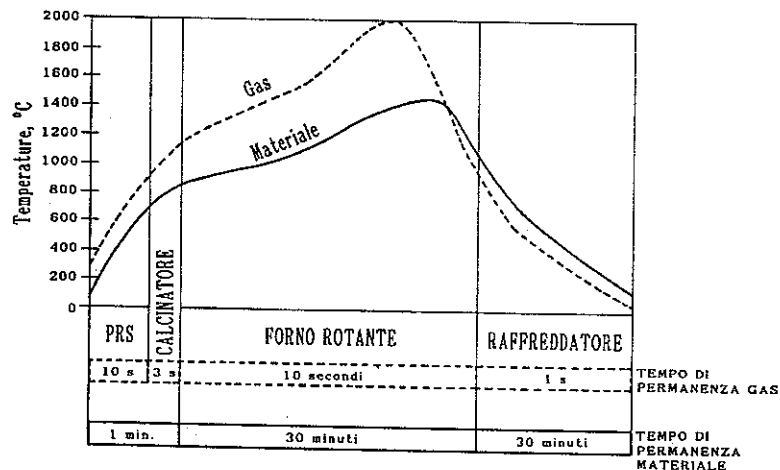
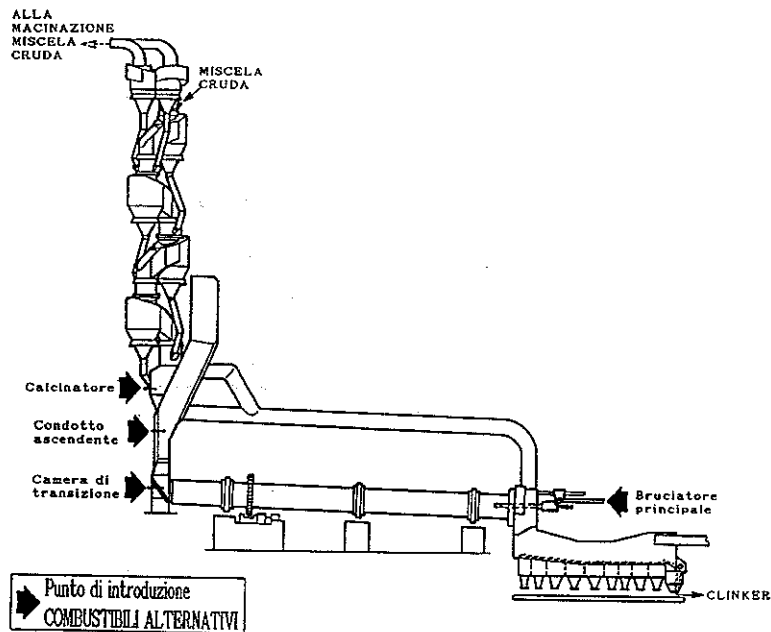


FIGURA 2

nimo indispensabile le operazioni di trattamento dello stesso all'interno dello stabilimento;

- i nuovi apprestamenti impiantistici necessari per il riutilizzo su base continua di un residuo combustibile devono essere semplici e versatili;
- i presidi antinquinamento e i dispositivi di sicurezza devono essere attentamente studiati e completamente realizzati;
- è infine auspicabile che, come già avviene per i combustibili tradizionali solidi e liquidi, tutte le operazioni dal ricevimento all'alimentazione al forno avvengano in modo automatico sotto il controllo di operatori remoti.

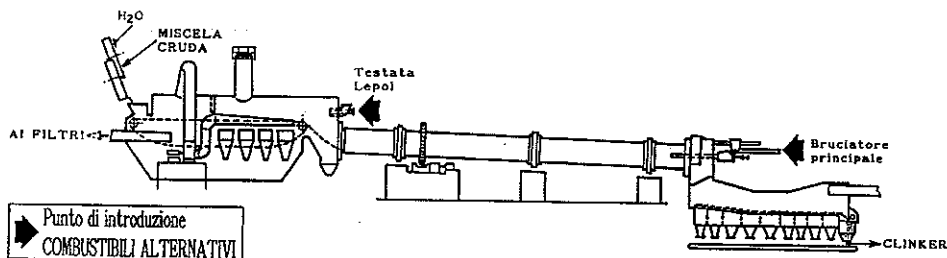
Nel seguito vengono esaminati in dettaglio tre casi di termoutilizzazione di residui già operativi e consolidati nei loro aspetti tecnologici ed impiantistici

### 3.1 Utilizzo di solventi

Già da diversi anni è in corso presso lo stabilimento Italcementi di Calusco d'Adda l'utilizzo di un prodotto della Società Ecodeco, commercialmente denominato Ecofluid, che è ottenuto mediante la miscelazione di diverse sostanze solventi di origine industriale.

Il prodotto deve rispondere alle caratteristiche riportate nella Tab. 9:

## IMPIANTO DI COTTURA A «VIA SEMI SECCA» CON GRIGLIA LEPOL



► Punto di introduzione  
COMBUSTIBILI ALTERNATIVI

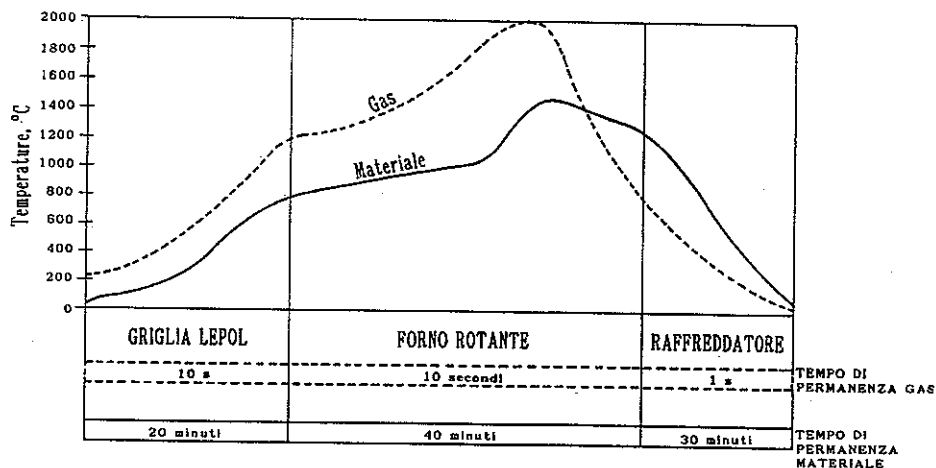


FIGURA 3

|                                 |               |
|---------------------------------|---------------|
| Cloruri nei gas postcombustione | ≤1%           |
| Umidità                         | ≤20%          |
| Ceneri a 600°C                  | ≤6%           |
| potere calorifico inferiore     | ≤4500 kcal/kg |

Tabella n.9 : Caratteristiche dell'Ecofluid.

La Regione Lombardia autorizza il cementificio ad utilizzare Ecofluid fino al 15% in peso del combustibile convenzionale utilizzabile, imponendo il controllo delle emissioni con frequenza bimestrale, sia in presenza che in assenza di Ecofluid.

L'Ecofluid viene utilizzato al bruciatore principale dei forni Lepol della cementeria ed attualmente il consumo annuo é di circa 8000 t.

Particolare cura é stata dedicata all'impianto di alimentazione dei forni costituito da una capacità tecnica di 100 m3 e da un anello di circolazione che rende disponibile il combustibile ai forni tramite opportuni dosatori.

Da notare le precauzioni adottate per la sicurezza dell'impianto, fra le quali l'inertizzazione permanente del sistema mediante atmosfera d'azoto, tenuta in leggera pressione da un apposito contenitore di azoto liquido,

IMPIANTO DI COTTURA CON  
«FORNO LUNGO A GRANULI  
E RECUPERATORI INTERNI»

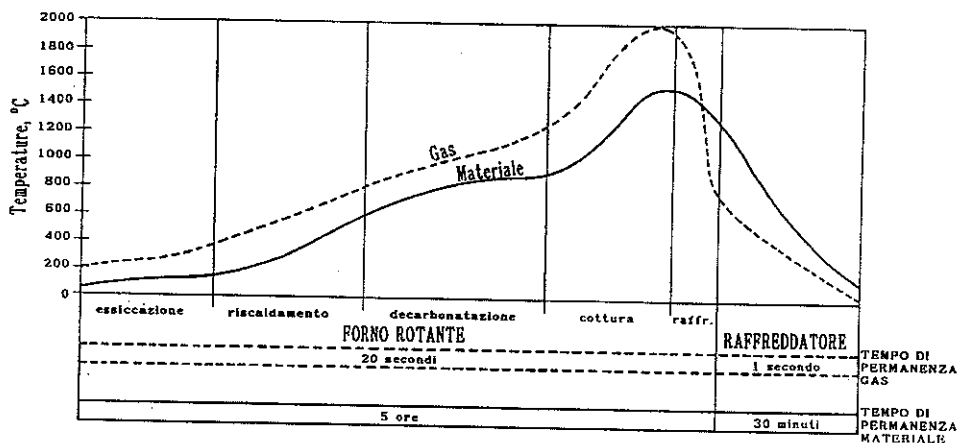
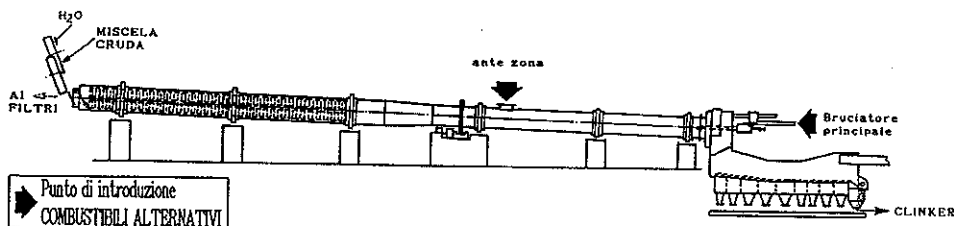


FIGURA 4

nonchè una notevole ridondanza nei controlli di livello. Particolare cura è stata infatti posta nello studio di tutte le fasi di caricamento del serbatoio e manutenzione dell'impianto al fine di evitare perdite anche minime sul terreno, sia pure all'interno delle aree presidiate ai fini della prevenzione della dispersione nell'ambiente, soprattutto per impedire che nel tempo la zona su cui insiste l'impianto si degradi e divenga maleodorante. Per evitare la dispersione di odori molesti l'impianto è stato dotato di ricircolazione ai bruciatori dei gas di inertizzazione che vengono espulsi durante il caricamento del serbatoio dell'Ecofluid. Ovviamente tutta l'installazione è racchiusa in un bacino a tenuta ed impermeabilizzato; l'acqua piovana che vi si raccoglie può essere o riciclata all'impianto, o scaricata o inviata in apposito serbatoio carrellato per essere poi separatamente trattata; la scelta è affidata all'operatore dell'impianto, il quale deve effettuare in loco e manualmente le

operazioni necessarie per ciascuna delle tre possibilità. I controlli effettuati alle emissioni secondo quanto previsto dalla specifica delibera della Regione portano ai risultati che sono riportati in Tab n.10. Si può notare come i livelli di emissione durante l'esercizio senza utilizzo di Ecofluid risultino pressochè identici a quelli misurati durante il suo impiego e come, in particolare, risulti inalterata l'efficienza dei filtri elettrostatici. Per gli ossidi di azoto, come prevedibile si può osservare una leggera diminuzione. L'esperienza maturata dopo un lungo periodo di esercizio consente di affermare che l'utilizzo di solventi in un forno in cemento non presenta alcuna controindicazione, non risultando influenzate le emissioni nè modificate le caratteristiche del prodotto dei forni di cottura. Per mantenere questi risultati è importante, nel caso in esame, ma più in generale quando si utilizzino residui combustibili, poter fare assegnamento su una accettabi-

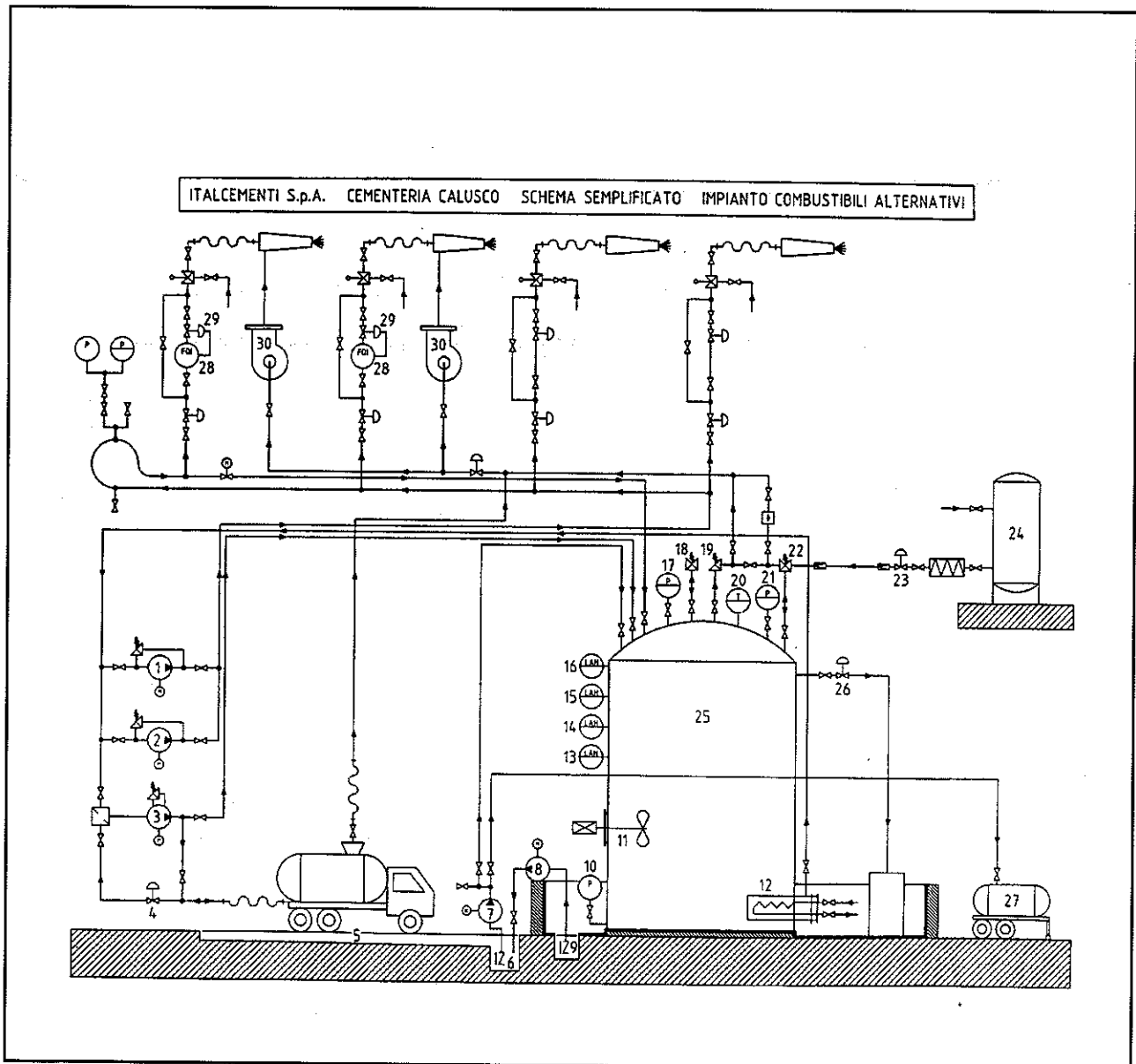


FIGURA 5

le costanza del potere calorifico, almeno nel breve periodo, e quindi sulla costanza della composizione; di qui la necessità di trattare molteplici flussi di solventi residuati da lavorazioni industriali in appositi impianti che provvedano alla miscelazione dosata di sostanze chimicamente compatibili. Necessaria è pure la garanzia della continuità della fornitura e quindi dei quantitativi programmati in modo da modificare il più raramente possibile il mix di combustibili alimentati al forno.

Salvo diversa indicazione tutti i dati sono espressi in mg/Nm<sup>3</sup>

|   | FORNO N.3 |          | FORNO N.4 |          | C <sub>max</sub> (c) |
|---|-----------|----------|-----------|----------|----------------------|
|   | M1 (a)    | M2(b)    | M1(a)     | M2(b)    |                      |
| O <sub>2</sub>  | 10.1      | 10.3     | 10.4      | 10.2     | -                    |
| NO <sub>x</sub>   | 1100-1455 | 950-1275 | 975-1520  | 950-1325 | 1800                 |
| SO <sub>2</sub>   | 100-135   | 90-100   | 90-100    | 90-100   | 600                  |
| Polveri   | 18-35     | 17-40    | 15-38     | 15-42    | 50                   |
| Metalli   |           |          |           |          |                      |
| Sb  | <0.001    | 0.001    | <0.001    | 0.0012   | 5                    |
| As  | <0.001    | 0.0013   | <0.001    | <0.001   | 1                    |
| Cd  | 0.016     | 0.015    | 0.017     | 0.015    | 0.2                  |
| Co  | <0.001    | 0.0022   | <0.001    | <0.001   | -                    |
| CrVI  | 0.0023    | 0.002    | 0.003     | 0.003    | 1                    |
| CrIII   | 0.020     | 0.016    | 0.026     | 0.016    | 5                    |
| Mn  | 0.0061    | 0.0066   | 0.007     | 0.008    | 5                    |
| Hg  | <0.001    | 0.0021   | <0.0010   | 0.0013   | 0.2                  |
| Ni  | 0.036     | 0.038    | 0.033     | 0.055    | 1                    |
| Pb  | 0.057     | 0.061    | 0.031     | 0.034    | 5                    |
| Cu  | 0.029     | 0.027    | 0.034     | 0.029    | 5                    |
| Tl  | <0.001    | <0.001   | <0.001    | <0.001   | 0.2                  |
| V   | 0.026     | 0.028    | 0.028     | 0.021    | 5                    |
| Idrocarburi alifatici espressi come N-esano                                 | 2.66      | 3.23     | 2.3       | 2.4      | 150                  |
| IPA da 4 a 7 anelli espressi come: dibenzo (p)pirene ((g/Nm <sup>3</sup> )) | 2.1       | 2.6      | 1.6       | 2.13     | 100                  |
| COT   | 2.43      | 3.1      | 2.23      | 2.55     | -                    |
| Cianuri   | <0.05     | <0.05    | <0.05     | <0.05    | 5                    |
| HCl   | 8.3       | 7.67     | 6.8       | 7.48     | 30                   |
| HBr   | <0.01     | <0.01    | <0.01     | <0.01    | 5                    |
| HF  | <0.01     | <0.01    | <0.01     | <0.01    | 5                    |
| HI  | <0.01     | <0.01    | <0.01     | <0.01    | -                    |

(a) M1 = misure effettuate durante la combustione di solo petcoke

(b) M2 = misure effettuate durante la combustione di petcoke ed Ecofluid

(c) C<sub>max</sub> = limiti previsti dal D.M. del 12 luglio 1990 (linee guida delle emissioni)

Tab. 10 Cementeria di Calusco d'Adda. Emissioni dalle ciminiere dei forni

L'esperienza di Calusco d'Adda trova numerosi analoghi riscontri in altre cementerie in Europa (Francia e Austria) e negli Stati Uniti, dove sono anche stati condotti con esiti positivi approfonditi studi sulla capacità del forno da cemento di distruggere, con efficienza risultata elevatissima, anche molecole organiche fra le più stabili oggi conosciute, quali i PCB.

### 3.2 Utilizzo di pneumatici fuori uso

E' questo un tipo di residuo assai ben tipizzato, di produzione diffusa sul territorio, che presenta peculiarità per certi versi opposte al prodotto precedentemente considerato.

Come noto trattasi di un materiale ingombrante poco gradito dai gestori di discarica, per il quale è previsto a livello comunitario un riutilizzo completo, sotto diverse forme, entro l'anno 2004.

Nelle seguenti Tab. 11 - 12 - 13 sono indicati alcuni dati facilmente reperibili in letteratura, concernenti la produzione nei vari paesi, la composizione chimico-fisica, i casi di utilizzazione in cementerie nei principali paesi industrializzati.

|             | ANNO | PNEUMATICI USATI t |
|-------------|------|--------------------|
| GERMANIA    | 1992 | 650000             |
| ITALIA      | 1991 | 332000             |
| SPAGNA      | 1992 | 255000             |
| FRANCIA     | 1992 | 330000             |
| REGNO UNITO | 1991 | 450000             |
| BELGIO      | 1991 | 30000              |
| OLANDA      | 1992 | 25000              |

Tab. 11 Pneumatici usati prodotti nell'ambito di alcuni paesi della comunità europea [ 4 ]

|                   | VALORI MEDI  |
|-------------------|--------------|
| ACQUA             | 2%           |
| MATERIALE FERROSO | 13.7%        |
| CENERI            | 3.5%         |
| COMBUSTIBILE      | 82.7%        |
| ZOLFO             | 1.5%         |
| POTERE CALORIFICO | 7400 kcal/kg |
| MATERIE VOLATILI  | 59%          |

Tab. 12 Caratteristiche medie della gomma da pneumatico

Le caratteristiche di tale residuo, ed in particolare la presenza di robusto filo metallico intimamente legato alla matrice di gomma sintetica, rendono difficile la sua triturazione fino ai livelli di finezza necessari ad un bruciatore industriale. Questo aspetto di per sè negativo non costituisce un limite nel caso di un forno da cemento, ove, come detto in

|             |    |
|-------------|----|
| GERMANIA    | 20 |
| GIAPPONE    | 23 |
| USA         | 14 |
| CANADA      | 1  |
| FRANCIA     | 2  |
| PORTOGALLO  | 1  |
| SVIZZERA    | 3  |
| AUSTRIA     | 6  |
| REP. CEKA   | 2  |
| SLOVACCHIA  | 2  |
| REGNO UNITO | 1  |
| OLANDA      | 0  |
| BELGIO      | 2  |
| TOTALE      | 77 |

Tab. 13 Cementerie che nel mondo utilizzano pneumatici usati [4]

precedenza, esistono punti alternativi al bruciatore principale per l'alimentazione di combustibile in grado di accettare il copertone sia nella forma intera sia previa grossolana triturazione. Il punto di introduzione non sarà quindi il bruciatore principale ma la zona di precalcinazione, l'ingresso del tubo rotante o un punto opportunamente scelto a monte della zona di cottura (fig. 4).

Una volta all'interno del forno la gomma brucia gradualmente e rapidamente e le relative ceneri nonché le parti metalliche della carcassa vengono integralmente e chimicamente combinate con il clinker da cemento. Anche alimentando pneumatici interi non si ha quindi successiva produzione di scarti di qualunque genere.

Lo schema tecnologico di un impianto che provveda all'alimentazione di pneumatici interi o spezzettati è abbastanza complesso soprattutto a causa del fatto che tali impianti devono funzionare con controllo remoto e con intervento solo eccezionale di operatori addetti.

In fig. 6 sono riportati gli schemi tecnologici di due impianti: uno per pneumatici spezzettati (fig. 6a) ed uno per pneumatici interi (fig. 6b). Da un deposito alla rinfusa, di limitata capacità posto in cemeniteria, è necessario provvedere alla ripresa di pneumatici mediante una benna a polipo o mediante un sistema a pavimento mobile. I copertoni devono poi essere singolarizzati ed allineati lungo la catena dei trasporti, in modo da consentirne il controllo dimensionale e la pesatura prima di procedere allo scarico di eventuali elementi non conformi. In funzione del peso di ogni pneumatico si provvederà a modulare il tempo di alimentazione del successivo.

Nel caso di pneumatici spezzettati è necessario disporre di una pezzatura non superiore al 20x20 cm, che presenti una

tranciatura netta dei filamenti metallici, onde evitare la formazione di matasse. In questo caso l'estrazione dal deposito è seguita da un trattamento del flusso che provvede ad eliminare le agglomerazioni di pezzi; questi vengono poi a formare quantità pesate di valore pressochè costante che vengono infine alimentate al forno attraverso un sistema analogo al precedente ma con cadenza temporale costante. Forni da cemento con elevata capacità produttiva possono senz'altro utilizzare pneumatici interi, eliminando così la sempre critica fase di tranciatura del copertone.

Gli impianti che trattano pneumatici interi, il cui peso può superare i 70 kg, devono essere molto robusti; il sistema di singolarizzazione risulta abbastanza complesso; ne consegue la necessità di effettuare elevati investimenti per la realizzazione degli impianti dell'ordine dei 4-5 MD£.

Più semplici, più leggeri ed in definitiva meno costosi sono gli impianti per l'alimentazione di pneumatici spezzettati.

In definitiva la scelta fra le due soluzioni è da effettuarsi in base a considerazioni economiche e logistiche: va infatti ricordato che l'operazione di tranciatura ha un costo non trascurabile che aumenta però considerevolmente il peso specifico del materiale, da 0,2 a 0,5-0,6 t/m<sup>3</sup>, rendendo più economico il trasporto ed aumentando in questo modo l'ampiezza del bacino di raccolta. A favore del sistema a pneumatici triturati gioca anche una certa maggiore versatilità di questo tipo di soluzione adatta, sia pure con certi limiti, anche ad altre tipologie di residui.

Le esperienze di utilizzo di pneumatici usati, numerose e consolidate nel tempo, indicano una percentuale di sostituzione dell'energia primaria compresa fra il 10 ed il 20%. Per motivi economici, legati essenzialmente ai tempi di ritorno degli elevati investimenti necessari per gli adeguamenti impiantistici, investimenti sostanzialmente indipendenti dalla potenzialità di riutilizzo dell'impianto, solo forni di media o alta capacità risultano adatti al riutilizzo di pneumatici fuori uso.

Sotto il profilo ambientale non si sono evidenziati problemi di alcun genere, restando le emissioni del forno da cemento inalterate rispetto alla situazione di utilizzo di solidi combustibili tradizionali. Anche in questo caso si è registrata una diminuzione della concentrazione di ossidi di azoto in quantità interessante, talora superiore al 20%.

### 3.3 Utilizzo di RDF

Sotto la denominazione di RDF è classificata una vastissima serie di materiali aventi in comune fra loro soltanto l'origine: il rifiuto solido urbano (RSU).

La diversità dei processi di trattamento dell'RSU, le differenze esistenti nell'ambito stesso degli RSU quanto a caratteri-

stiche chimico-fisiche a seguito dei differenti sistemi di raccolta, conducono di fatto a materiali aventi fra loro caratteristiche assai diverse, quanto a composizione chimica, caratteristiche organolettiche, umidità, potere calorifico, ecc..

E' quindi assai difficile per questo tipo di residuo confrontare esperienze e risultati di impiego per il recupero di energia termica. Nè peraltro si contano in questo campo numerose applicazioni su base stabile e consolidata in quanto le caratteristiche dell'RDF spesso non si sono dimostrate compatibili con le esigenze del processo di riutilizzo.

Premesso che é quasi sempre opportuno prevederne la combustione attraverso il bruciatore principale, le qualità

più auspicabili che esso deve possedere possono essere così riassunte:

- l'RDF deve presentarsi in forma trasportabile per via pneumatica e sono generalmente da evitare procedimenti di compattazione spinta, come la bricchettatura, in quanto se da un lato il trasporto ne risulterebbe avvantaggiato, l'impianto di trattamento risulterebbe nel suo insieme molto più complesso ed il suo esercizio energeticamente più costoso; prima del riutilizzo sarebbe infatti necessario prevedere anche un impianto di sminuzzamento per restituire all'RDF le sue caratteristiche iniziali;
- l'RDF non deve risultare inquinato da sostanze putrescibili e altri residue onde evitare odori e tutte le difficoltà che duran-

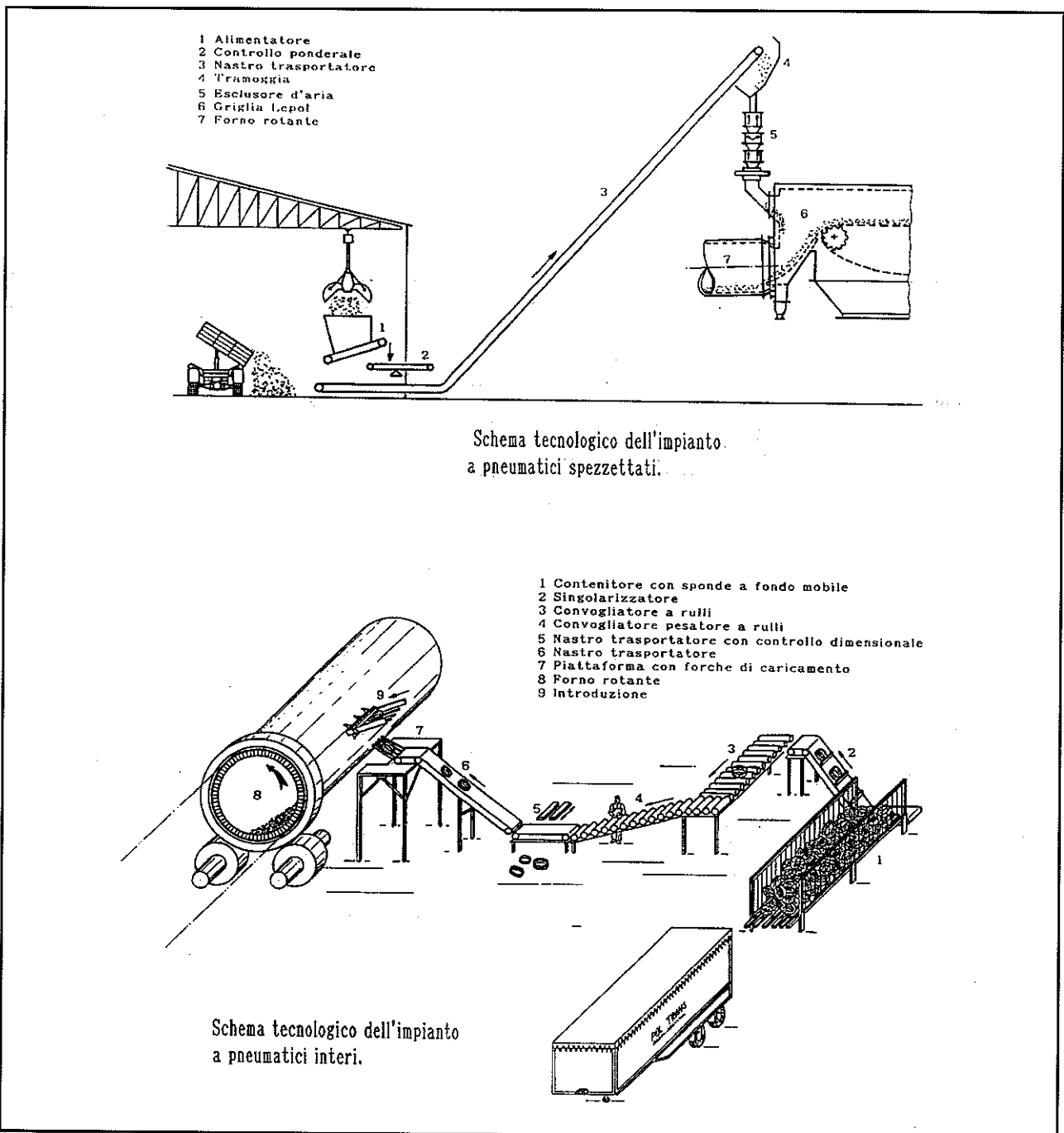


FIGURA 6

te la manutenzione degli impianti si potrebbero di conseguenza presentare;

- il trattamento ed il trasporto dovrebbero essere tali da garantire un rifornimento pressochè continuo per ridurre al minimo o addirittura eliminare i depositi di RDF presso la cemeniteria;
- il processo di trattamento dell'RSU dovrebbe essere tale da garantire una buona omogeneizzazione del prodotto e quindi un RDF con composizione e potere calorifico costanti nel breve periodo;
- il potere calorifico dell'RDF deve risultare il più elevato possibile, essendo il valore di 3500 kcal/kg da ritenersi limite inferiore.

Per garantire un impiego esente da inconvenienti qualitativi nel prodotto è necessario che la pezzatura sia ridotta fino al punto da consentire l'esaurimento del processo di combustione all'interno della fiamma, evitando che particelle incombuste ricadano sul letto di clinker in formazione. I valori di finezza ottimali variano da caso a caso ma è comunque prevedibilmente necessario ridurre le dimensioni dell'RDF almeno fino a 1-2 cm.

Soddisfatte queste condizioni le quantità di RDF che possono

essere utilizzate in un forno da cemento possono anche essere elevate, dell'ordine del 20-30% del calore utilizzato, con qualche limitazione prevedibile per i forni con griglia Lepol a causa dell'elevato contenuto di ceneri di questi residui (possibile riduzione della permeabilità del tappeto di granuli a causa della deposizione delle ceneri sulla superficie del tappeto stesso).

Un possibile impianto da realizzarsi in cemeniteria è quello schematizzato in fig. 7. Ricevuto il materiale in forma sfusa, tramite appositi automezzi, l'RDF viene convogliato in un silo mediante trasporti a nastro; di qui previo dosaggio ponderale è possibile insufflarlo pneumaticamente nel forno attraverso il bruciatore principale oppure attraverso un bruciatore ausiliario. Sono critici gli aspetti del dosaggio a causa del bassissimo peso specifico del materiale nonchè la lunghezza dei trasporti pneumatici in quanto minima deve essere l'aria insufflata nel forno, soprattutto se non si può sottrarla a quella primaria di combustione ma si è costretti a sottrarla a quella calda proveniente dalla griglia del raffreddatore del clinker (aria secondaria).

Come detto, i casi di utilizzazione stabile di questo tipo di residuo sono ancora abbastanza rari: citiamo il caso della

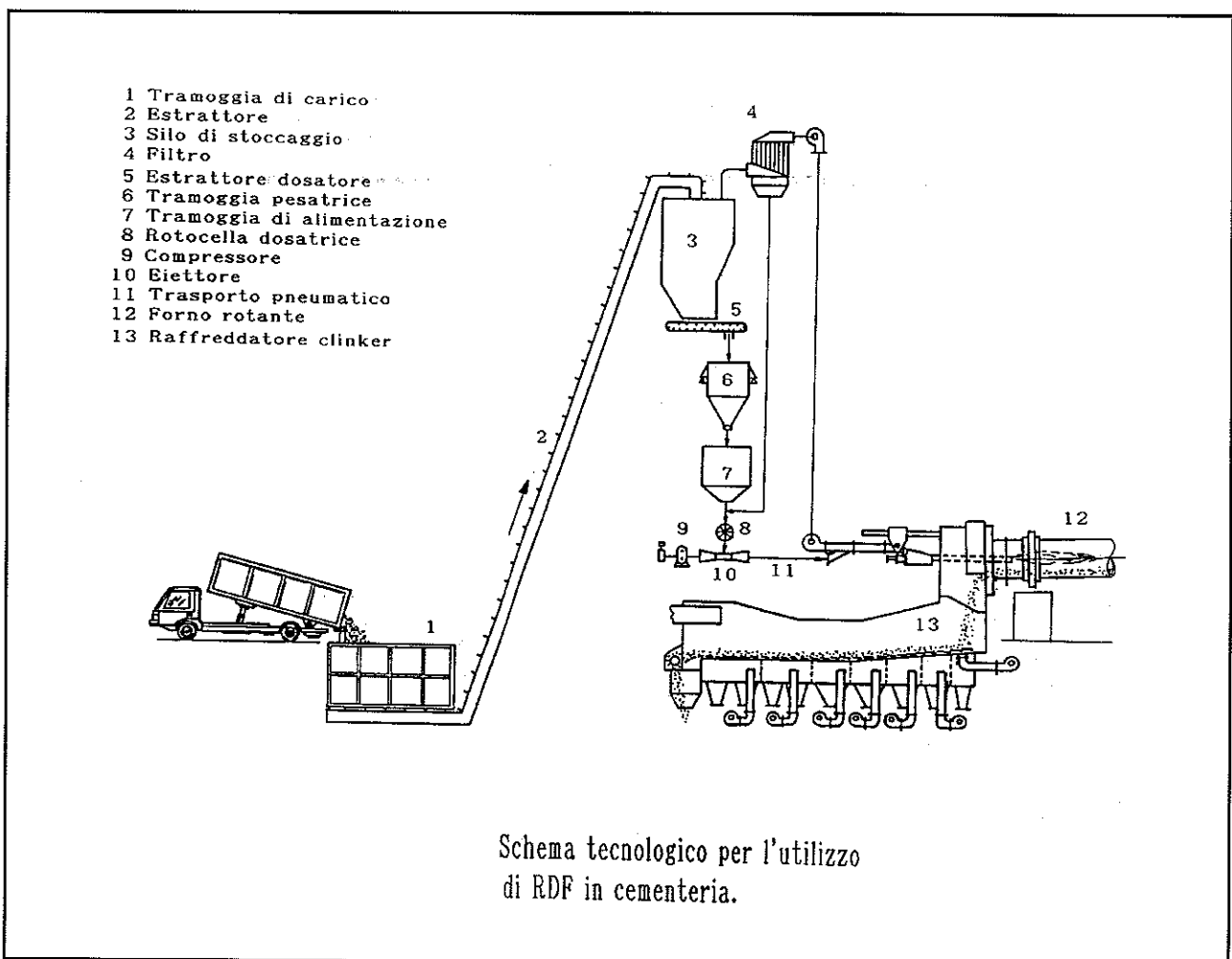


FIGURA 7



cementeria tedesca di Erwitte, presso Dortmund [ 5 ], che già da alcuni anni ha sostituito circa il 50% del combustibile al forno (PRS da 2400 t/g) con RDF ottenuto dal trattamento di una miscela 80/20 di rifiuti industriali assimilabili agli urbani (RSA) e di origine civile (RSU). La miscela è ottenuta trattando i materiali in un impianto del tipo descritto in fig. 8.

Trattasi di un ciclo piuttosto complesso in cui partendo da un deposito coperto, una pala meccanica provvede ad alimentare un primo stadio di vagliatura per l'eliminazione dei pezzi di elevata dimensione; il materiale è poi trattato in un tamburo rotante che provvede alla vagliatura della parte più fine, da avviare al deposito; la parte restante viene trattata in un frantoio a coltelli. A questo punto il materiale può essere inviato al riutilizzo oppure, in alternativa, ad un deposito previa compattazione in lunghe barre (aumento del peso specifico da 0.15 a 0.6 kg/m<sup>3</sup>); tale materiale può essere rimesso in ciclo dopo un passaggio attraverso un sistema di sminuzzamento

Attualmente vengono alimentati al forno circa 10 t/h di miscela costituita da 8 t/h di RSA e 2 t/h di RSU trattati. Le emissioni del forno non risultano modificate ed in par-

ticolare il controllo dei metalli pesanti presenti nelle polveri emesse è largamente inferiore ai limiti previsti dalla normativa tedesca.

|          | mg/Nm <sup>3</sup> misurati | mg/Nm <sup>3</sup> TA Luft |
|----------|-----------------------------|----------------------------|
| Arsenico | 0.00133                     | 1                          |
| Cadmio   | 0.0014                      | 0.2                        |
| Tallio   | 0.0021                      | 0.2                        |
| Mercurio | 0.024                       | 0.2                        |
| Piombo   | 0.032                       | 5                          |
| Cromo    | 0.0023                      | 5                          |
| Nichel   | 10.0024                     | 1                          |

Tab. 14 Emissioni di metalli pesanti durante l'utilizzo di RDF [ 5 ]

La possibilità di variare opportunamente il rapporto RSU/RSA consente di mantenere un potere calorifico costante ed abbastanza elevato; l'affidabilità del sistema è tale da garantire un rifornimento continuo per consentire una marcia regolare del forno. Attualmente i quantitativi utilizzati sono limitati dalla capacità dei trasporti al bruciatore. Con qualche modifica la direzione

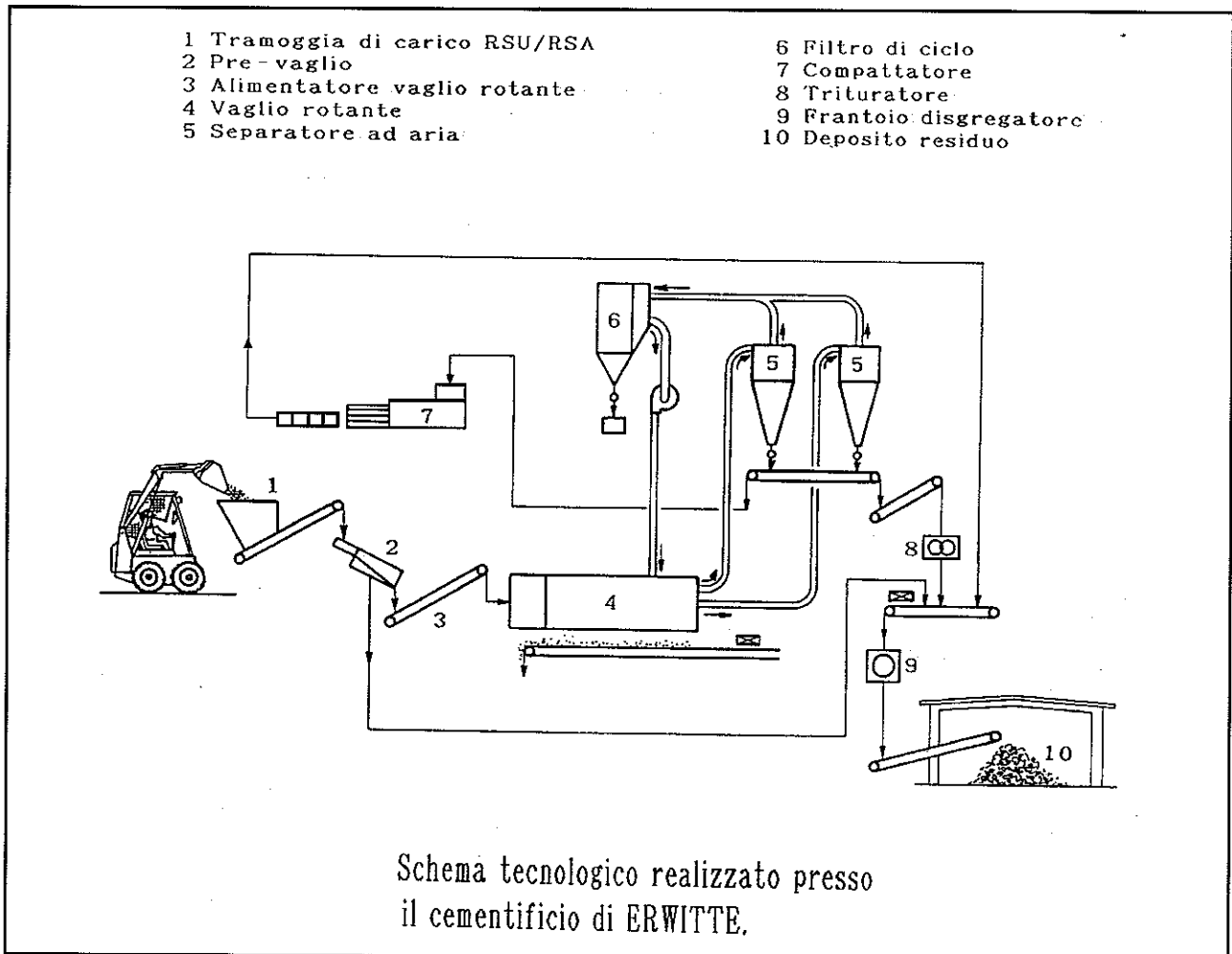


FIGURA 8

di impianto ritiene di poter raggiungere un grado di sostituzione del 75% dell'energia termica totale utilizzata dal processo di cottura.

Fra i principali vantaggi di utilizzare un RDF, comunque prodotto, dobbiamo senz'altro ricordare la quantità e la disponibilità nel tempo. Ottimizzato il funzionamento degli impianti di trattamento dell'RSU è possibile garantire anche una buona costanza di qualità, con variazioni solo di tipo stagionale e quindi di lungo periodo. Per contro, problemi di ambiente di lavoro e di manutenzione degli impianti sono da risolvere a livello di progettazione ed in questo campo non esiste ancora una tecnologia consolidata.

Anche a livello di formazione dell'RDF sembrano essere in via di sviluppo nuovi processi in grado di fornire un prodotto di caratteristiche migliori sia sotto il profilo energetico sia sotto il profilo delle caratteristiche organolettiche.

E' questo un campo in cui il settore cementiero è pronto a collaborare per risolvere un problema sentito a livello locale e per il quale non sono state fin ad ora ideate e realizzate soluzioni veramente valide.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1.] A.I.T.E.C. Relazione all'assemblea annuale delle associate 1995
- [2.] U.S. cement industry fact sheet twelfth edition P.C.A. Economic Research Departement
- [3.] Rapport Annuel 1994 - 1995 Association Européenne du Ciment Cembureau
- [4.] The cement kiln: the optimal solution for waste burning International cement review may 1993
- [5.] Brennstoff aus m<sub>3</sub>ll: ein brennstoff für die Zementindustrie von H.D.Maury, ahlen ZKG international ottobre 1989



# Le esperienze di co-combustione di carbone e di RDF nelle centrali termoelettriche

Carlo Rossi, Giuliano Trebbi  
ENEL S.p.A./Centro Ricerca Termica - Pisa

## Sommario

Da molti anni l'ENEL, attraverso il suo Centro di Ricerca Termica, ha attivato un filone di ricerca applicata, finalizzato alla utilizzazione energetica dei combustibili derivati da rifiuti solidi urbani (RDF) nelle proprie centrali termoelettriche. La tecnologia della co-combustione, che in particolari situazioni può affiancare altri sistemi di termoutilizzazione dei RSU, tradizionali o più innovativi, è stata introdotta in Europa per la prima volta da ENEL, sulla base delle esperienze americane dei primi anni Settanta.

Nella memoria vengono illustrati gli aspetti tecnici della co-combustione, mettendone in evidenza i vantaggi più significativi e le implicazioni ambientali ed impiantistiche.

Viene inoltre descritta l'attività di ricerca sperimentale che è stata svolta prevalentemente a livello di impianto pilota (foro da 50 kWt), con particolare attenzione alle emissioni di microinquinanti organici ed inorganici.

Dopo un richiamo alla prima sperimentazione in scala reale intrapresa con esiti promettenti presso la Centrale a lignite di S.Barbara (Ar) nel 1979 e agli studi per la Centrale di Monfalcone, si analizzano le nuove prospettive che sembrano aprirsi per questa tecnologia, sulla base della più recente normativa sui RDF e dei risultati delle interessanti esperienze di co-combustione condotte recentemente da ENEL negli Stati Uniti su combustori a ceneri fuse.

## 1. Introduzione

Da più di 20 anni l'Enel, attraverso il suo Centro di Ricerca Termica, svolge attività di ricerca applicata nel settore della utilizzazione energetica dei combustibili derivati da rifiuti solidi urbani.

L'Enel, con il suo particolare approccio al problema, che verrà illustrato nel seguito, ha dimostrato di aver intuito con largo anticipo le interessanti valenze energetiche e ambientali di un razionale smaltimento dei rifiuti basato sulla migliore utilizzazione del loro contenuto energetico.

Tuttavia il bilancio dei risultati pratici fino ad oggi ottenuti è stato fortemente condizionato e limitato dalle ben note

difficoltà ad operare nel nostro paese nel campo della termoutilizzazione dei residui.

In ogni caso, l'esperienza acquisita sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici dei processi di smaltimento dei RSU con ricupero energetico che gli aspetti ambientali, relativamente alla emissione di inquinanti tradizionali e di microinquinanti organici ed inorganici, consente di affrontare la tematica con il necessario bagaglio di conoscenze scientifiche e tecniche richieste.

Ciò appare quanto mai utile in vista di un rinnovato interesse per le tecnologie di termoutilizzazione, anche alla luce della più recente normativa in materia, auspicabile per apportare un contributo concreto alla soluzione del problema emergenza rifiuti, che assilla in particolare il nostro paese.

## 2. La co-combustione di carbone e di RDF nelle centrali termoelettriche

La co-combustione è una tecnica di smaltimento basata sul principio di sostituire una frazione del combustibile fossile principale di una centrale termoelettrica a carbone con RDF (Refuse Derived Fuel) derivato dal trattamento fisico di RSU, per ottenerne un prodotto combustibile di adeguate caratteristiche.

La frazione di RDF in termini di input energetico è limitata, anche se la più recente normativa, cioè il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 gennaio 1995, prevede che questo prodotto, al quale finalmente vengono riconosciuti gli attributi di combustibile, possa essere utilizzato in maniera tale che il calore da esso prodotto rappresenti una percentuale minima del 10%.

Questa tecnologia, sperimentata per la prima volta negli anni '70 negli Stati Uniti e ripresa dall'Enel già negli anni 1978-79, presenta una serie di vantaggi che possono essere così brevemente riassunti:

- i combustibili derivati da RSU costituiscono una risorsa rinnovabile, il cui impiego determina una riduzione di consumo di combustibili fossili tradizionali, con rica-

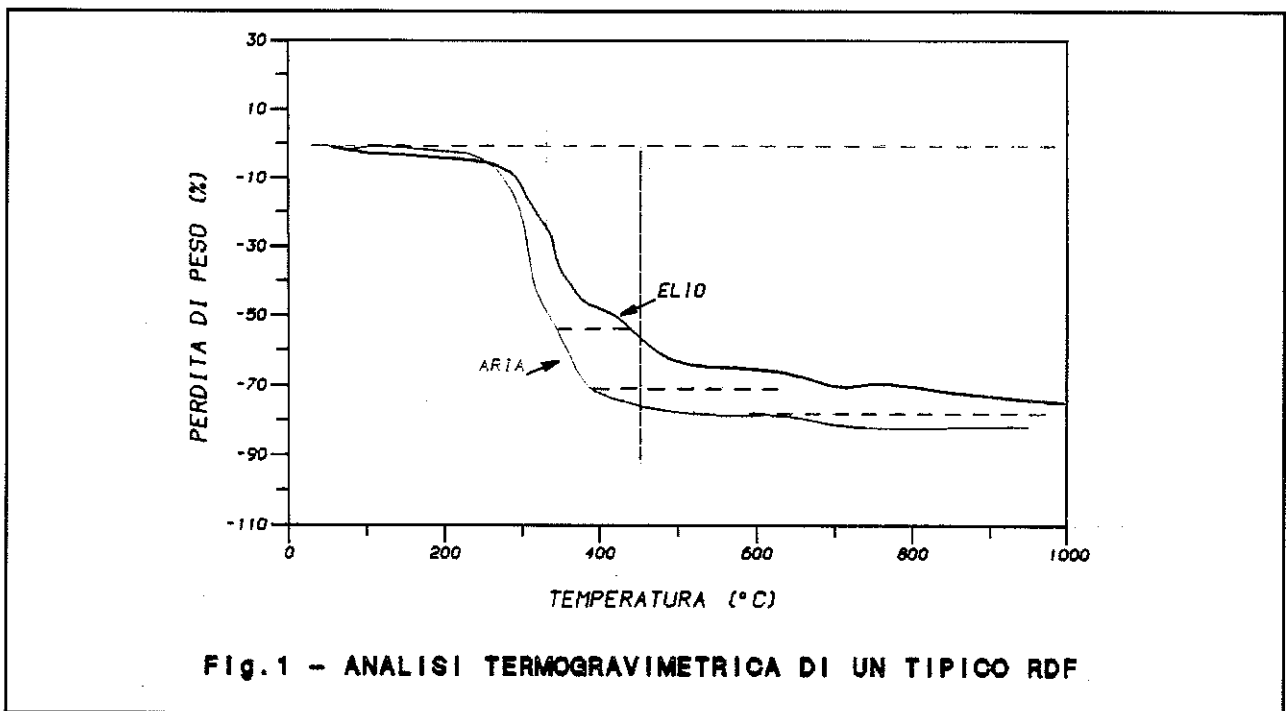


Fig. 1 - Analisi termogravimetrica di un tipico RDF

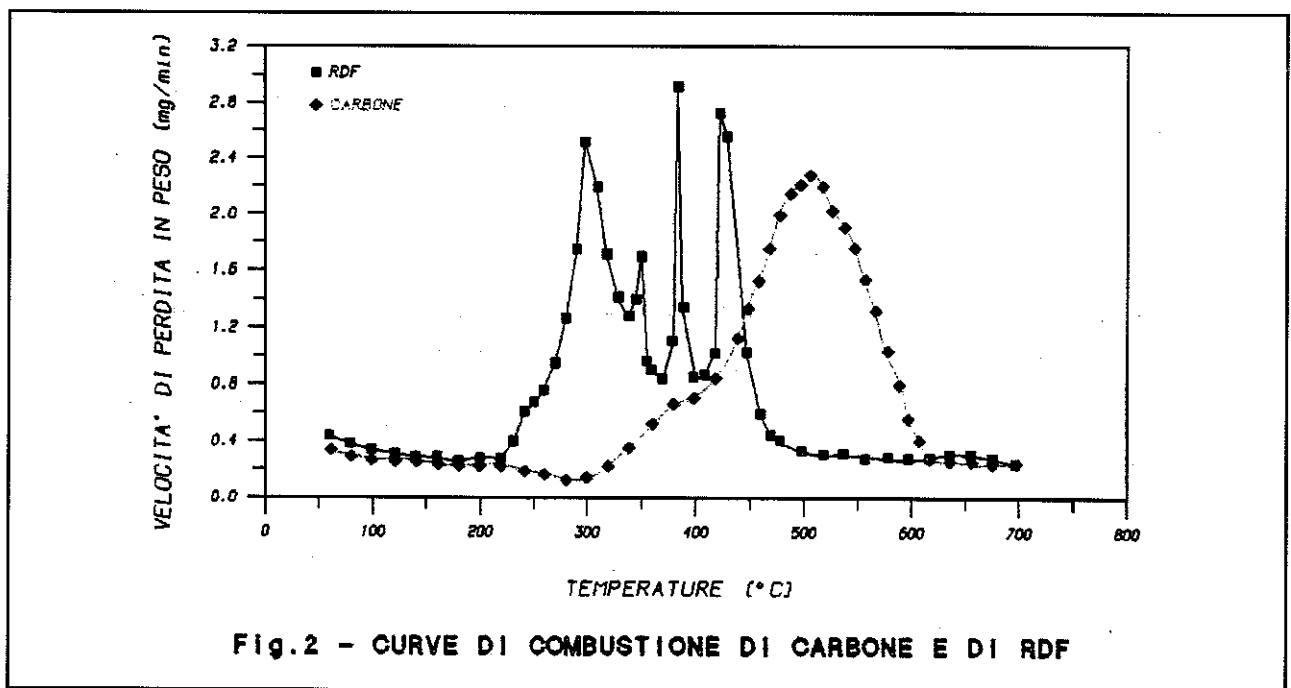


Fig. 2 - Curve di combustione di carbone e di RDF

dute positive di carattere ambientale, in termini di ridotte emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub> ed anche di SO<sub>2</sub>, essendo il RDF un combustibile a basso tenore di zolfo;

- possibilità di utilizzare impianti termoelettrici tradizionali esistenti, seppur con alcune modifiche impiantistiche alla caldaia e con l'aggiunta di un opportuno sistema di abbattimento dei gas acidi, in particolare acido cloridrico;
- possibilità di smaltire quantitativi elevati di RDF, anche con un limitato input termico, dovuto ai grossi consumi di combustibile di un generatore di vapore. Anche limitandosi ad

un apporto termico del 10%, un gruppo da 320 MW sarebbe infatti in grado di smaltire circa 20 t/h di RDF;

- condizioni intrinsecamente idonee per una combustione "pulita", specialmente ai fini del contenimento di PCDD e di PCDF, in virtù dei tempi di permanenza, dell'ordine del secondo, della turbolenza, per essere la combustione effettuata in completa sospensione, e della elevata temperatura in camera di combustione, che supera i 1400 °C;
- sotto l'aspetto energetico, è da rilevare che il rendimento di conversione in energia elettrica è quasi doppio di quel-

lo che attualmente si può ottenere con gli impianti di termoutilizzazione per incenerimento più moderni, dell'ordine del 20%.

Il RDF è un materiale composito, ricco in particolare di materiali cellulosici; la sua analisi termogravimetrica prova che è un combustibile molto reattivo, sia per la facilità con la quale rilascia le materie volatili, sia per l'elevata reattività del suo char.

In Fig. 1 è riportata l'analisi termogravimetrica di un tipico RDF, in aria ed in elio.

Da uno studio comparato sulla combustione di carbone e di RDF, emerge che il RDF è reattivo già alla temperatura di 250-300 °C, molto più bassa di quella alla quale è reattivo il carbone, dell'ordine dei 400 °C.

Il contenuto delle materie volatili dell'ordine del 70% è circa doppio di quello del carbone e ciò tende a favorirne la combustione.

Anche dal punto di vista della ignizione e della stabilità di fiamma, la co-combustione di carbone e di RDF non dovrebbe presentare particolari problemi; è invece da aspettarsi una migliore stabilità di fiamma rispetto alla sola combustione a carbone.

In Fig 2 sono riportate a confronto le curve di combustione del carbone e del RDF.

Esistono tuttavia anche aspetti negativi di questa tecnologia, il primo dei quali è legato al fatto che occorre un processo di trattamento a monte del RSU tal quale, per conferire al RDF le particolari idonee caratteristiche chimico-fisiche.

Mentre nel passato, in mancanza di precise norme, con il termine RDF si poteva individuare un prodotto anche grossolano, derivato da un trattamento blando e quindi non troppo costoso del RSU tal quale, attualmente il RDF deve rispondere a ben precise caratteristiche chimico-fisiche. (Tab.1)

L'introduzione di RDF in caldaia solleva problemi di fou-

ling, di slagging e di corrosione, che si verificano notoriamente negli inceneritori tradizionali a seguito della presenza di gas acidi, quali acido cloridrico e acido fluoridrico; questi aspetti tecnologici vanno opportunamente valutati e controllati ai fini dell'impatto sull'impianto.

Nella Fig.3 sono riportati sinteticamente gli effetti della co-combustione sulla caldaia.

Di particolare interesse è la riduzione, seppure limitata, dell'efficienza del boiler, conseguente tra l'altro ad un maggiore eccesso d'aria necessario per la combustione dell'RDF, dell'ordine del 45% rispetto al 15-17% richiesto per il carbone.

Tuttavia, anche con questa riduzione, la co-combustione rimane uno dei sistemi di smaltimento con recupero energetico a più elevata efficienza, rispetto a tecnologie più avanzate, quali la gassificazione in pressione dei RDF, con la quale si possono teoricamente raggiungere rendimenti massimi dell'ordine del 30-32%

Dalle esperienze americane, che in pratica sono le uniche alle quali si possa fare riferimento, risulta un aumento del particolato solido in uscita, dovuto alla minore efficienza dei precipitatori elettrostatici, che si può abbassare di 0,2-2 punti percentuali, con punte di 3,5.

Ciò dipenderebbe dal maggior volume dei fumi e dalla più elevata resistività elettrica delle ceneri.

Mentre nella combustione di solo carbone circa l'80-85% delle ceneri sono del tipo leggero, nel caso del RDF esse sono dell'ordine del 50%; cosicché la quantità di ceneri pesanti prodotta in co-combustione risulterebbe accresciuta.

Un altro limite della co-combustione è rappresentato ovviamente dalla presenza della centrale non troppo distante dall'area di produzione del RSU o del RDF.

Sotto il profilo ambientale, si deve osservare che gli inquinanti prodotti nel processo di combustione si disperdono nei gas di combustione del generatore di vapore, le cui portate sono ingenti.

|                |               |         |              |
|----------------|---------------|---------|--------------|
| Umidità        |               |         | max 25%      |
| P.C.I.         | sul tal quale |         | 12.500 kJ/kg |
| Ceneri         | "             | in peso | max 20%      |
| Cloro          | "             |         | " 0.7%       |
| Zolfo          | "             |         | " 0.5%       |
| Pb             | sul secco     | "       | " 200 mg/kg  |
| Cr             | "             |         | " 50 "       |
| Cu             | "             |         | " 150 "      |
| Mn             | "             |         | " 150 "      |
| Zn             | "             |         | " 500 "      |
| Ni             | "             |         | " 20 "       |
| As             | "             |         | " 10 "       |
| Cd+Hg          | "             |         | " 10 "       |
| Pb+Cr+Cu+Mn+Zn | sul tal quale |         | " 900 "      |

caratteristiche del RDF  
richieste dalla normativa

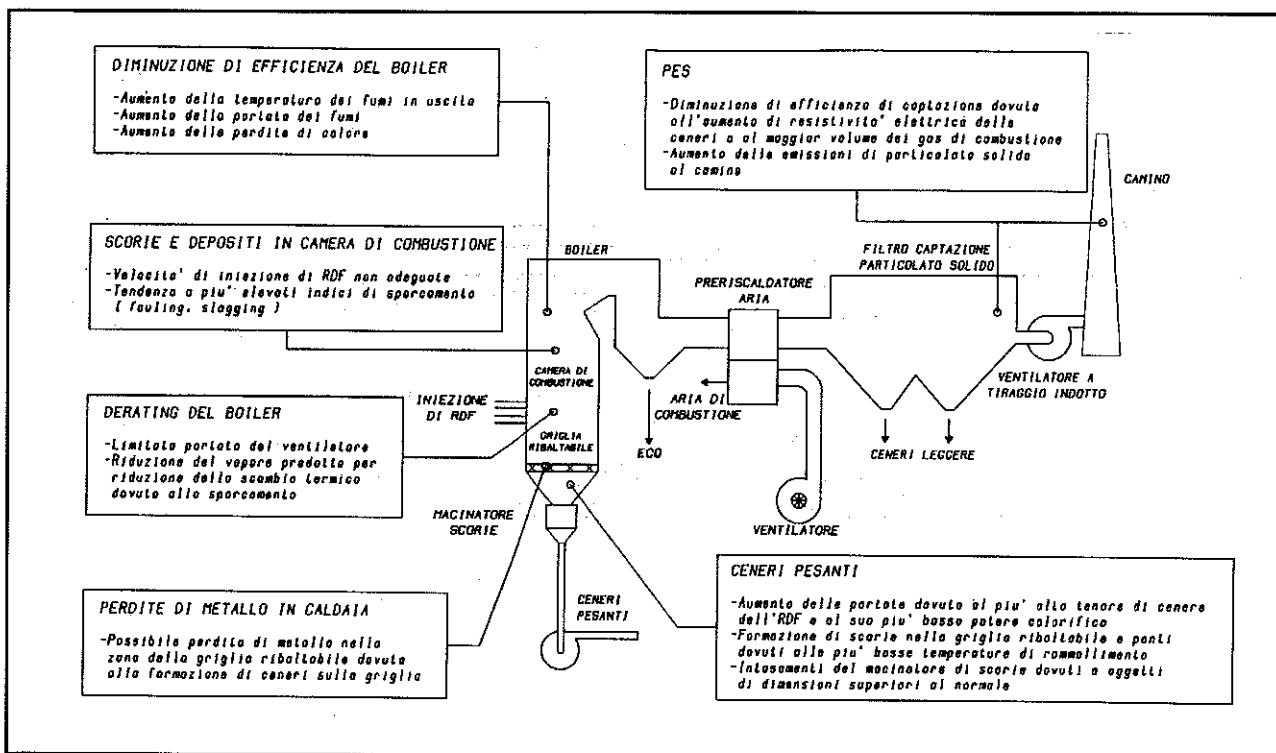


Fig. 3 - Impatto della co-combustione sul generatore di vapore

Questa circostanza rende più problematica la loro separazione e l'abbattimento, quando tali operazioni siano necessarie per rispettare i limiti delle emissioni posti dalla legge. Un altro aspetto importante da considerare con attenzione è quello relativo alle eventuali modifiche delle caratteristiche delle ceneri, in particolare di quelle leggere trascinate dai gas di combustione.

Un ulteriore elemento di criticità può essere il sistema di alimentazione del RDF, che generalmente è effettuato per via pneumatica, mediante "bruciatori" indipendenti, consistenti in pratica in aperture realizzate in posizione opportuna nella camera di combustione.

### 3. Le esperienze dell'Enel sulla co-combustione di carbone e di RDF

#### 3.1 Le prove di S.Barbara (AR)

Le problematiche e le aree di dubbio poste dalla tecnologia della co-combustione, anche se sono state ben individuate ed analizzate, necessitano di un adeguato programma di dimostrazione, che l'Enel aveva programmato di affrontare dopo le prime prove sperimentali effettuate nella prima metà del 1979 presso un gruppo da 125 MWe della centrale a lignite di S.Barbara (AR), che avevano dimostrato la fattibilità della tecnologia anche con RDF molto grossolano, ben diverso dallo standard richiesto dall'attuale normativa. A tale scopo era stato addirittura previsto di costruire un impianto di produzione di RDF da 5 t/h in prossimità della

centrale, per effettuare sistematiche ed esaustive campagne di prove, di validità più generale, le cui risultanze sarebbero state utilmente trasferite ad altri impianti a carbone.

In effetti l'esperienza maturata nei vari impianti operanti negli Stati Uniti, alla quale ci si era ispirati, non poteva essere trasferita come tale alla nostra realtà, in considerazione delle differenze impiantistiche, ma soprattutto delle caratteristiche dei RSU di origine e dei RDF prodotti nei due paesi.

Le esperienze di S.Barbara, i cui risultati si dimostrarono fondamentalmente incoraggianti, anche se le prove furono di breve durata e quindi necessariamente incomplete, sono sintetizzati nella Fig. 4

Queste sperimentazioni dovettero purtroppo essere interrotte, per mancanza di autorizzazioni a seguito dell'"effetto Seveso", che in Italia ha determinato un pesante rallentamento dello sviluppo delle tecniche di termoutilizzazione dei RSU in generale.

Queste circostanze hanno precluso all'Enel fino ad oggi ogni possibilità di ulteriore sperimentazione in scala reale. Il già citato decreto del Ministero dell'Ambiente del 16 gennaio 1995 ha segnato un momento molto importante per la co-combustione e ciò lascia intravedere nuove interessanti prospettive per il futuro, relativamente all'impiego di RDF, anche nelle centrali termoelettriche, essendo stata finalmente riconosciuta la natura di combustibile, seppure non convenzionale.

Ciò verrebbe a porre fine ad una situazione paradossale ve-

BOILER: UNITA' DA 125 MWe. ALIMENTATA A LIGNITE

CICLO VAPORE

PORTATA: 420 t/h DI VAPORE A 110 bar, 545/545 °C

RDF: DI TIPO MOLTO GROSSOLANO, CONTENENTE ANCHE LA FRAZIONE ORGANICA

PROVE

N°3. UTILIZZANDO IN TOTALE 80 t DI RDF E INTERESSANDO UNO SOLTANTO DEI 5 MULINI DELL'UNITA'

LA PROVA PIU' LUNGA, DELLA DURATA DI 24 ORE, HA CONSENTITO SOLTANTO IL RILEVAMENTO DELLE EMISSIONI DI INQUINANTI TRADIZIONALI

Fig. 4 - Le esperienze di co-combustione alla centrale di S. Barbara (AR). 1979

nutasi a creare in Italia, dove a fronte di una capacità produttiva di RDF anche di buona qualità, non sussiste di fatto una pratica utilizzazione di questo prodotto, che è destinato allo smaltimento in discarica.

### 3.2 Attività sperimentale su piccola scala

Nonostante l'impossibilità ad operare in scala reale, le attività dell'Enel nel campo della co-combustione sono proseguite a livello di impianto pilota, utilizzando un forno sperimentale da 50 kWt situato presso l'Area sperimentale di Livorno, progettato per combustibili di tipologia diversa.

Le campagne di prova hanno riguardato prevalentemente la "burnability" di RDF e di scarti di varia natura, come

quelli tessili dell'area di Prato e il controllo delle emissioni di inquinanti, in particolare microinquinanti organici e metalli pesanti.

La scala della infrastruttura sperimentale, anche se si è cercato di riprodurre quanto più fedelmente possibile i principali parametri operativi di un impianto industriale, ha consentito sostanzialmente di effettuare valutazioni comparative e non assolute sulla combustione di solo carbone e sulla co-combustione con RDF.

Ulteriori specifiche campagne di prova sono state effettuate su questo forno nel 1987, quando fu richiesto all'Enel di verificare la fattibilità della co-combustione presso una unità da 170 MWe della centrale di Monfalcone.

| Analisi dei combustibili                     | Carbone | RDF    |
|--|---------|--------|
| Potere calorifico superiore, kJ/kg           | 25416   | 20755  |
| Analisi elementare                           |         |        |
| Carbone (% in peso)                          | 64.91   | 46.80  |
| Idrogeno                                     | 3.59    | 6.86   |
| Azoto  | 1.54    | 0.94   |
| Ossigeno                                     | 6.41    | 24.25  |
| Zolfo  | 0.61    | 0.28   |
| Cloro  | 0.03    | 0.75   |
| Umidità                                      | 8.08    | 6.00   |
| Ceneri                                       | 14.83   | 14.15  |
| Totale                                       | 100.000 | 100.03 |
| Ipotesi di combustione                       |         |        |
| Eccesso d'aria, %                            | 17      | 45     |
| Distribuzione delle ceneri                   |         |        |
| Ceneri di fondo, %                           | 20      | 60     |
| Ceneri volanti, %                            | 80      | 40     |
| Totale                                       | 100     | 100    |
| Perdite di calore per carbonio incombusto, % | 0.5     | 2.5    |

Tab. 2 - Caratteristiche chimico-fisico del RDF per la centrale di Monfalcone

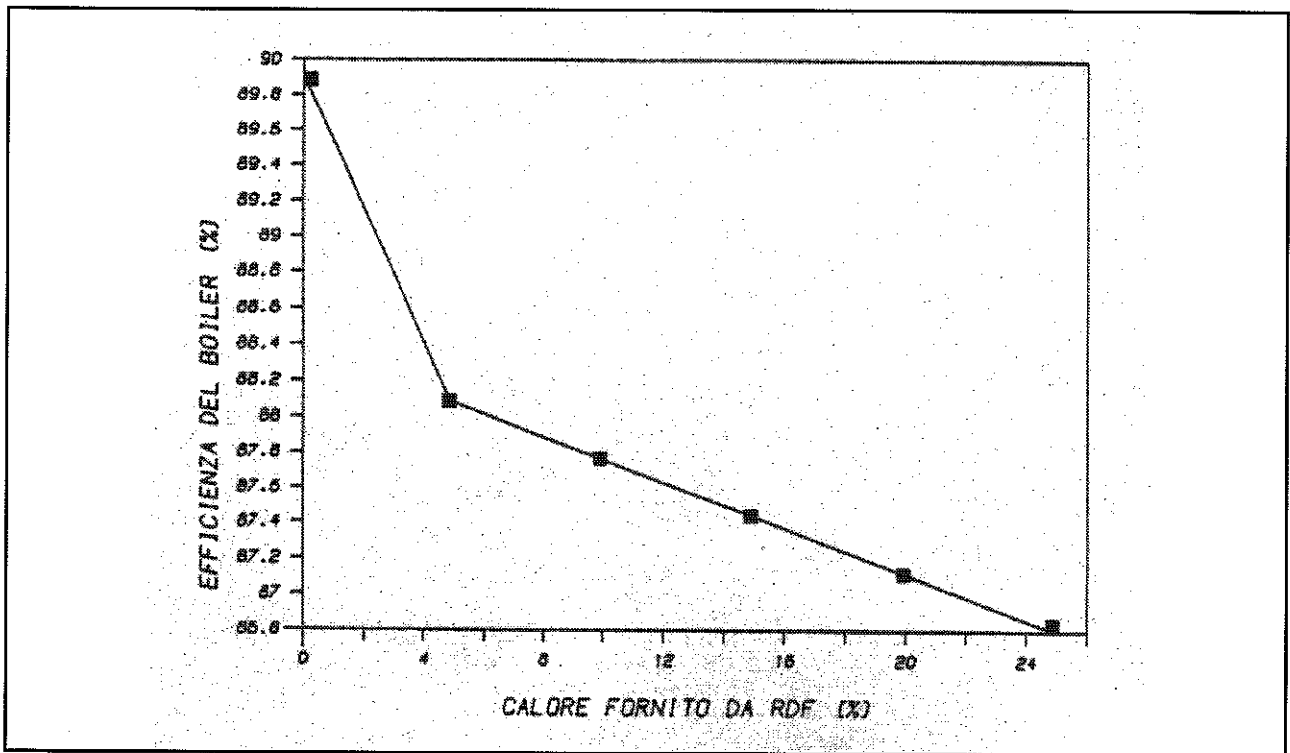


Fig. 5 - Efficienza del boiler calcolata in funzione dell'apporto termico del RDF

Anche se questa iniziativa non ha avuto esito per la mancanza delle necessarie autorizzazioni dovuta alla assenza di sistemi per l'abbattimento dell'acido cloridrico, lo studio propedeutico effettuato ha consentito di approfondire ulteriormente la problematica della co-combustione. In particolare, un codice di calcolo messo a punto da EPRI, applicato allo specifico impianto di Monfalcone, ha consentito di prevedere, per differenti input termici da RDF, con le caratteristiche chimico-fisiche riportate in Tab. 2, le condizioni operative del generatore di vapore, che avrebbero dovuto essere validate dalle esperienze su impianto. Nella Fig. 5 è riportato l'andamento dell'efficienza del boiler calcolata al variare dell'apporto termico da RDF. In assenza a quel momento di precise norme al riguardo,

le prove di Monfalcone prevedevano un apporto massimo di calore da RDF del 5%.

Per quanto riguarda le previsioni relative alle emissioni di inquinanti, che si resero necessarie prima di passare alle sperimentazioni su impianto, le prove sul forno pilota da 50 kWt di Livorno, conservativamente effettuate con un apporto termico da RDF del 10%, hanno consentito di verificare che in co-combustione non si notano variazioni significative nei gas di combustione per quanto riguarda le concentrazioni di CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>, mentre si deve rilevare un incremento di HCl. (Tab 3).

L'indagine analitica sui gas di combustione è stata estesa anche alla rilevazione di PCDD, PCDF e IPA, sia nella fase gassosa che in quella solida.

| Combustibili                            | Carbone | Carbone + RDF<br>(90%+10%) |
|---|---------|----------------------------|
| Portata (kg/h)                          | 5,5     | 6,0                        |
| Temperatura del forno (°C)              | 1250    | 1230                       |
| Tempo di residenza (s)                  | 2       | 2                          |
| Ossigeno (%)                            | 4,8     | 4,3                        |
| Particolato solido (g/Nm <sup>3</sup> ) | 1,9     | 1,6                        |
| CO <sub>2</sub> (%)                     | 13,1    | 12,9                       |
| CO (ppm)                                | 750     | 412                        |
| SO <sub>2</sub> (ppm)                   | 560     | 510                        |
| NO <sub>x</sub> (ppm)                   | 640     | 610                        |
| HCl (ppm)                               | 106     | 280                        |



Nella fase vapore i composti organo-clorurati sono risultati assenti, mentre nella co-combustione si sono rilevate solo tracce nel particolato solido.

A parità di entità di IPA paragonabili nel carbone e nel RDF, nei gas di combustione essi sono risultati pari a 4,1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  nella combustione a solo carbone e 8,6  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  nella co-combustione.

Mentre per quanto riguarda le emissioni di inquinanti le prove sul forno sperimentale da 50 kWt hanno fornito utili e positive indicazioni di riferimento, pur nella consapevolezza di non poter estrapolare in maniera semplicistica i risultati sperimentali alla situazione dell'impianto reale, gli aspetti tecnologici relativi ai fenomeni di corrosione lato fumi per effetto dei cloruri e fluoruri, aggravate dalla presenza di metalli pesanti basso fondenti, richiedono di essere indagati sperimentalmente durante le prove su impianto.

La camera di combustione del boiler di tipo tangenziale, con bruciatori disposti sugli angoli, caratterizzata da tempo di permanenza superiore a 2 s e da una temperatura dei gas all'uscita della camera di combustione di 1050 °C per carichi di caldaia superiori al 65% del carico massimo, era stata ritenuta idonea anche dal costruttore a sostenere una co-combustione fino al 10% di RDF.

#### 4. La co-combustione con combustori a ceneri fuse

##### 4.1 La tecnologia della "slagging combustion"

Allo scopo di migliorare il processo tecnologico della co-

combustione e di poterlo eventualmente applicare anche a caldaie progettate per olio combustibile, è stata presa in considerazione l'opportunità di utilizzare sistemi avanzati di combustione quali i combustori a ceneri fuse, "slagging combustor".

Le caratteristiche chimico-fisiche del RDF, in particolare per quanto riguarda una più bassa temperatura di fusione delle ceneri rispetto al carbone, si adattano particolarmente bene a questa tipologia di combustori.

Infatti gli "slagging combustor" sono stati studiati in origine per il retrofitting a carbone di caldaie progettate per olio combustibile, potendo rimuovere in essi fino all'80% circa della cenere sotto forma di scoria liquida, alleggerendo il carico di solidi nel boiler dove il combustore è alloggiato. Le condizioni progettuali del combustore a ceneri fuse consentono infatti il raggiungimento di temperature elevate, superiori a 1500 °C, idonee per una buona combustione e per fondere la maggior parte della cenere, che per effetto delle azioni centrifughe dovute alla turbolenza interna, si raccoglie allo stato liquido sulle pareti e viene evacuata a monte della camera di combustione.

Ciò consente di attenuare i fenomeni di fouling e di slagging nella caldaia, mentre il rapido raffreddamento della scoria liquida determina una vetrificazione capace di intrappolare gli inquinanti in modo tale da attenuarne i fenomeni di rilascio al suolo, contribuendo a facilitare lo smaltimento delle ceneri.

La combustione sottostechiometrica nello "slagging combustor"

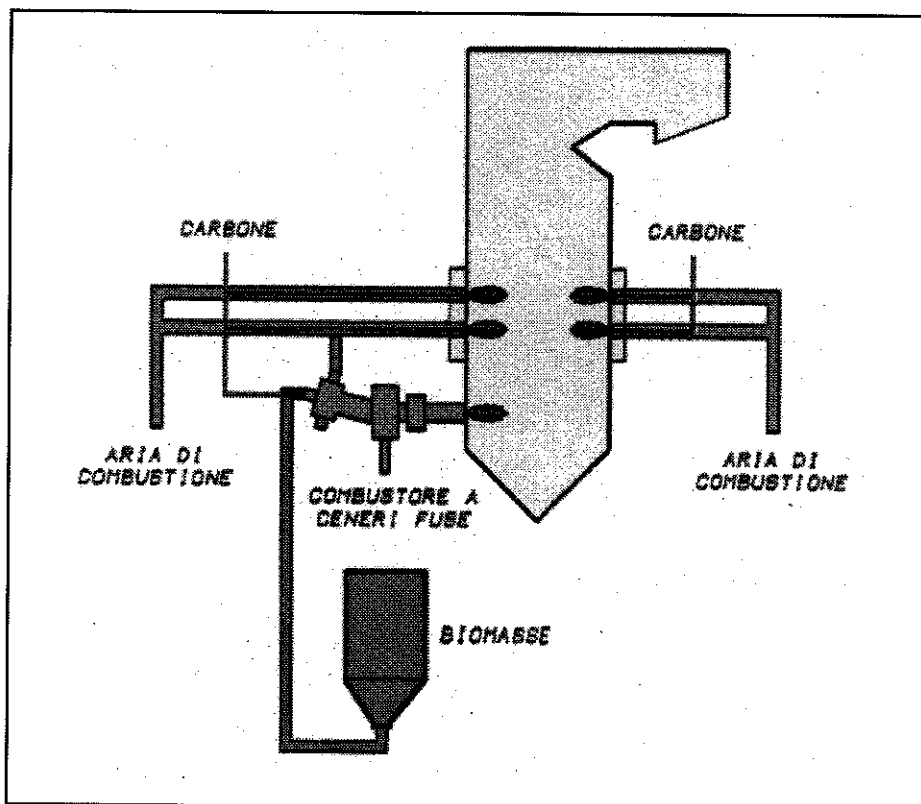


Fig. 6 Schema di co-combustione con "Slagging Combustor"

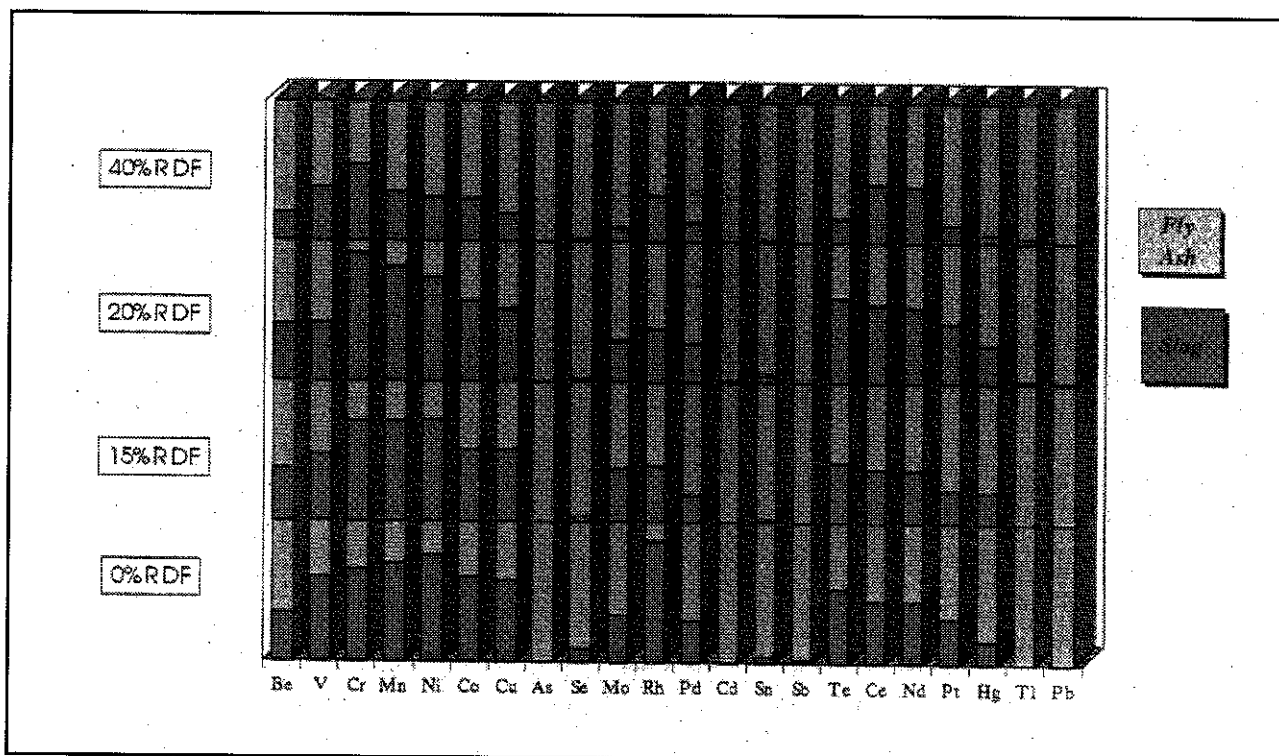


Fig. 7 - Distribuzione dei microinquinanti inorganici in "Slagging Combustor"

bustor" ed il successivo completamento della combustione nel boiler dei gas da esso prodotti, determinano di fatto una combustione a stadi, utile per il contenimento della formazione di NO<sub>x</sub>.

Infine, laddove sia necessario, sussiste la possibilità di ridurre le emissioni di SO<sub>2</sub> mediante iniezione di sorbenti alcalini nel combustore.

Un modello di co-combustione di tipo avanzato che può trarre vantaggio dalla tecnica della "slagging combustion" può essere considerato quello che prevede di abbandonare il sistema di introduzione separata di carbone e di RDF in camera di combustione, sostituendo i normali bruciatori per polverino di carbone con "slagging combustor" alimentati singolarmente da miscele di carbone e di RDF, come è illustrato in Fig. 6.

#### 4.2 Prove sperimentali

Nel 1990 l'ENEL ha effettuato campagne di prove sperimentali sulla co-combustione in "slagging combustor", utilizzando un combustore disponibile negli USA, della potenzialità di 3 MWt, miscelando al carbone RDF prodotto in Italia.

Durante tali prove sono state utilizzate circa 3 t di RDF in forma di "fluff", che è stato miscelato al carbone in proporzioni diverse, fino a circa il 25% di apporto energetico. Le prove, commissionate alla Coal Tech di Williamsport, PA, in quanto dotata di una infrastruttura sperimentale da essa progettata, molto flessibile e adatta anche ai nostri sco-

pi di ricerca, hanno consentito di verificare la fattibilità tecnica della co-combustione di carbone e di RDF in un sistema avanzato di combustione sviluppato per combustibili fossili tradizionali.

Sono state raggiunte elevate efficienze di conversione, superiori all'88% e la frazione di cenere raccolta come scoria liquida, dipendente dalla frazione di RDF è risultata elevata, mai inferiore al 40%, con punte dell'80%.

Le prove hanno consentito di valutare le emissioni di NO<sub>x</sub>, di SO<sub>2</sub>, di metalli pesanti e di tre classi di microinquinanti organici: PCDD, PCDF e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).

A tale scopo i campioni di gas sono stati prelevati all'uscita dallo "slagging combustor", immediatamente a monte della caldaia e al camino.

Per quanto riguarda l'influenza della percentuale di RDF miscelato al carbone, si può notare un aumento delle emissioni di particolato solido dovuto al più elevato contenuto di ceneri del RDF in confronto al carbone e alle minori dimensioni delle particelle solide prodotte in co-combustione, che determinano una riduzione dell'efficienza di captazione.

Gli ossidi di azoto aumentano all'aumentare della percentuale di RDF, probabilmente in conseguenza della più elevata intensità di fiamma.

Le emissioni di SO<sub>2</sub> sono invece minori, in relazione al più basso contenuto di zolfo nel RDF.

I livelli di emissione dei composti organo-clorurati sono ri-

sultati molto contenuti, anche se è stato rilevato un loro incremento rispetto alla combustione con solo carbone.

I microinquinanti inorganici sono relativamente volatili e pertanto l'efficienza di ritenzione da parte della scoria fusa è bassa. Comunque per la maggior parte di essi la quantità intrappolata nella scoria risulta più elevata che per la combustione con solo carbone.

I risultati di queste prove sono stati descritti e analizzati in apposite memorie, alle quali si rimanda per maggiori dettagli. Le esperienze hanno comunque messo in risalto l'opportunità di approfondire gli aspetti rimasti non completamente chiariti, come ad esempio i differenti meccanismi di formazione e di distruzione delle varie classi di composti organici indagati, che sembra ragionevole di poter ipotizzare sulla base dei risultati sino ad ora ottenuti.

Anche in questo caso gli aspetti impiantistici necessitano di un adeguato approfondimento, da perseguire con lo sviluppo di infrastrutture sperimentali autonome.

### 5. Le nuove prospettive della co-combustione

In considerazione delle difficoltà incontrate, anche solo a livello sperimentale, nella co-combustione in impianti di scala reale, l'ENEL ha rivolto la sua attenzione anche alle problematiche più generali della termoutilizzazione dei residui, in inceneritori tradizionali, in letto fluido e ai processi di gassificazione, allo scopo di individuare tecnologie con più elevati rendimenti di conversione.

Come è stato accennato, la nuova Normativa sull'utilizzazione dei residui da cicli di produzione o di consumo in un processo di combustione, ha restituito un certo interesse alla co-combustione di RDF.

Per questo, in ambito ENEL, la co-combustione in centrali elettriche a carbone viene rivisitata sulla base della nuova normativa e delle esperienze che, nonostante tutte le difficoltà ricordate, si sono potute acquisire.

Al momento attuale sono state individuate tutte le tematiche da affrontare, dall'iter autorizzativo fino al problema della utilizzazione delle ceneri, per passare ad una eventuale sperimentazione in scala reale.

### 6. Considerazioni conclusive

L'Enel sta affrontando da molti anni il tema del recupero energetico dei rifiuti solidi urbani, in particolare per mezzo della tecnica della co-combustione di carbone e di RDF nelle proprie centrali termoelettriche.

Le grosse difficoltà fino ad ora incontrate nell'introduzione di questa tecnologia in Italia, sembrano poter essere superabili con la recente entrata in vigore di norme in materia, che conferiscono al RDF la dignità di combustibile.

In conseguenza del mutato scenario, l'Enel sta riesaminando la tecnologia della co-combustione, sulla base della esperienza maturata soprattutto nel monitoraggio delle emissioni di microinquinanti ed eventualmente avvalendosi di sistemi avanzati di combustione, quali i combustori a ceneri fuse, già studiati in scala sperimentale.

La co-combustione rimane infatti ancora uno dei sistemi di smaltimento dei residui più interessanti, per l'elevato rendimento energetico.

### Riferimenti bibliografici

- C.Rossi, G.Saccetti, P.G. Tomei: "Co-combustion trials of pretreated solid urban refuse on brown coal-fired boiler". CRE/MER International Recycling Conference, Berlin West 1-3 October 1979, 307-311.
- EPRI-CS-5754, Project 1861, June 1988: "Guidelines for co-firing Refuse Derived Fuel in Electric Utility Boilers"
- L.Bonfanti, M.Cioni, C.Rossi, F.Mangani, E.Sisti: "Evaluation of PCDD-PCDF emission from the combined combustion of RDF with coal". Chemosphere, vol. 20, Nos 10-12, pp.1891-1897, 1990.
- L.Bonfanti, M.Cioni, U.De Robertis, J.Riccardi, C.Rossi, M.Schiavetti: "RDF-pulverized coal co-firing in a slagging combustor. Combustion tests at the Coal Tech facility". Second International Conference on Combustion Technologies for a clean environment", Lisboa, 18-22 luglio 1993
- L.Bonfanti, M.Cioni, J.Riccardi, C.Rossi: "PCDD/PCDF formation and destruction during co-firing of coal and RDF in a slag combustor". Fresenius' Journal of Analytical Chemistry (1994) 348:136-140.
- C.Rossi: "Energia da Rifiuti Solidi Urbani, esperienze e prospettive". 49° Congresso Nazionale ATI, Perugia 26-30 settembre 1994.
- C.Rossi, G.Trebbi: "Utilizzazione energetica dei reflui". Atti del Convegno Energia da non perdere, Milano 9-10 marzo 1995
- C.Rossi: "Esperienze e prospettive nel recupero di energia da rifiuti solidi urbani". Workshop su Termoutilizzo di biomassa e rifiuti. Siena, 8-9 giugno 1995.



# Sintesi del convegno di Caravaggio

Il 27 ottobre scorso si è tenuto presso il centro civico S. Bernardino a Caravaggio il Convegno "La gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti. Problemi e Soluzioni", promosso dal CISE (Centro Informazioni Studi Esperienze) e organizzato in collaborazione con la FEDERAMBIENTE, la Sezione Lombarda dell'ATI (Associazione Termotecnica Italiana), l'ASSOAMBIENTE e l'AITA (Associazione Italiana Tecnici Ambientali).

L'obiettivo del Convegno era di evidenziare i problemi connessi alla gestione degli impianti di termoutilizzazione dei rifiuti (solidi urbani, pericolosi, residui riutilizzabili) e i rimedi che possono essere efficacemente adottati per ridurre la complessità e le implicazioni socio-ambientali.

La scelta del Centro Civico S. Bernardino, come sede del Convegno, è stata particolarmente felice; infatti i partecipanti, eventualmente insoddisfatti dei contenuti della giornata, devono comunque essere grati agli organizzatori per aver dato loro l'opportunità di visitare un piccolo gioiello architettonico che, come frequentemente accade ai beni culturali minori presenti in Lombardia, è poco noto al grande pubblico.

Il Convegno ha registrato più di 200 partecipanti e anche se -come era inevitabile data la natura del tema trattato e il suo attuale stato di indefinizione- non ha potuto raggiungere totalmente l'obiettivo prefissatosi, ha comunque sottolineato le numerose problematiche connesse alla termoutilizzazione dei rifiuti.

Le relazioni ed il dibattito inerenti la normativa hanno evidenziato come questa sia in molte parti confusa e spesso incoerente. Da un lato vi sono infatti prescrizioni che giungono a imporre soluzioni tecniche -si veda ad esempio l'obbligo generalizzato della camera di postcombustione- che condizionano l'evoluzione tecnologica, ostacolando l'adozione di sistemi più efficienti in termini energetici ed anche in termini di riduzione dell'impatto ambientale. Dall'altro i vincoli sulle emissioni non paiono del tutto coerenti, in quanto potrebbe verificarsi che, bruciando lo stesso tipo di rifiuto in differenti impianti, le soglie di ammissibilità di alcune sostanze risultino diverse da un caso all'altro. Vi sono pure incongruenze riguardo i limiti sui livelli massimi di inquinanti presenti nei rifiuti perchè questi possano essere riutilizzati. Ad esempio, le concentrazioni di alcuni metalli pesanti devono essere quasi di un ordine di grandezza inferiori nei fanghi destinati alla combustione rispetto a quelli riutilizzabili in agricoltura: ciò non è oggettivamente ragionevole.

Per quanto concerne gli aspetti tecnici, che costituivano il nocciolo centrale del tema del Convegno, indicazioni generalmente positive si sono avute in merito alla possibilità di controllo delle emissioni. Gli impianti di depurazione dei fumi, che costituiscono una delle parti più significative dell'intero impianto, pare consentano di rispettare agevolmente i limiti di legge e non causano una significativa riduzione della disponibilità operativa degli impianti stessi. La depurazione dei fumi introduce però perdite sensibili di efficienza energetica e incide in maniera significativa sui costi di investimento, indicativamente per il 20÷25% mentre, ad esempio, il costo del generatore di vapore supera di poco il 10% dei costi totali. Un incremento dell'efficienza nella produzione di energia elettrica -sia in termini di rendimento che di disponibilità operativa (ore annue di funzionamento)- sarebbe quindi auspicabile, in quanto contribuirebbe a un ritorno più rapido dei costi di investimento e, quindi, al contenimento dei costi di smaltimento dei rifiuti; inoltre, da un punto di vista ambientale, avrebbe l'effetto positivo di rendere necessaria una minor produzione di energia elettrica e di calore, con altri impianti, riducendo così l'inquinamento ambientale di questi ultimi.

Le relazioni riguardanti gli impianti per il trattamento di rifiuti industriali e pericolosi hanno evidenziato che, anche in questo campo, si sta passando da procedimenti di pura distruzione a processi di termoutilizzazione con recupero di energia. Le esperienze in questo senso sono però ancora ristrette per permettere di trarre indicazioni attendibili sul comportamento di questo tipo di impianti nel

prossimo periodo di evoluzione tecnologica. Vi è tuttavia da rilevare che la maggior parte dei rifiuti industriali, pur essendo potenzialmente molto aggressivi e pericolosi, presentano una costanza di composizione e di caratteristiche chimico-fisiche che sicuramente facilita la progettazione di un impianto per la loro conversione energetica. Molto interessanti sono pure risultate le esperienze di utilizzo di vari tipi di rifiuti industriali e civili (solventi, pneumatici, RDF -Refuse Derived Fuel-) in processi industriali ad alto consumo energetico quali il cementificio. Anche se questa destinazione non potrà dare un contributo risolutivo allo smaltimento dei rifiuti, rimane tuttavia un esempio concreto di come la soluzione di un problema possa essere raggiunta, ottenendo allo stesso tempo un beneficio in termini di rendimento globale e di impatto ambientale. Un'altra applicazione che muove nella stessa linea è stata descritta nella relazione riguardante le esperienze di combustione di carbone e RDF in centrali termoelettriche. Purtroppo, la sperimentazione in questo campo è ancora ad uno stadio preliminare ed è necessario valutare con attenzione il comportamento dei materiali delle centrali termoelettriche convenzionali, operanti ad alta temperatura e pressione, nei confronti dell'aggressione chimica dovuta ai gas di combustione.

Considerando infine le relazioni riguardanti gli impianti di termoutilizzazione dei Rifiuti Solidi Urbani (RSU), gli elementi più significativi possono essere così riassunti. La termodistruzione degli RSU, che negli anni '70 interessava circa il 18% dei rifiuti prodotti in Italia, è ora scesa al 6%; recuperare il distacco dagli altri paesi europei che destinano alla termoutilizzazione più del 20% dei propri RSU

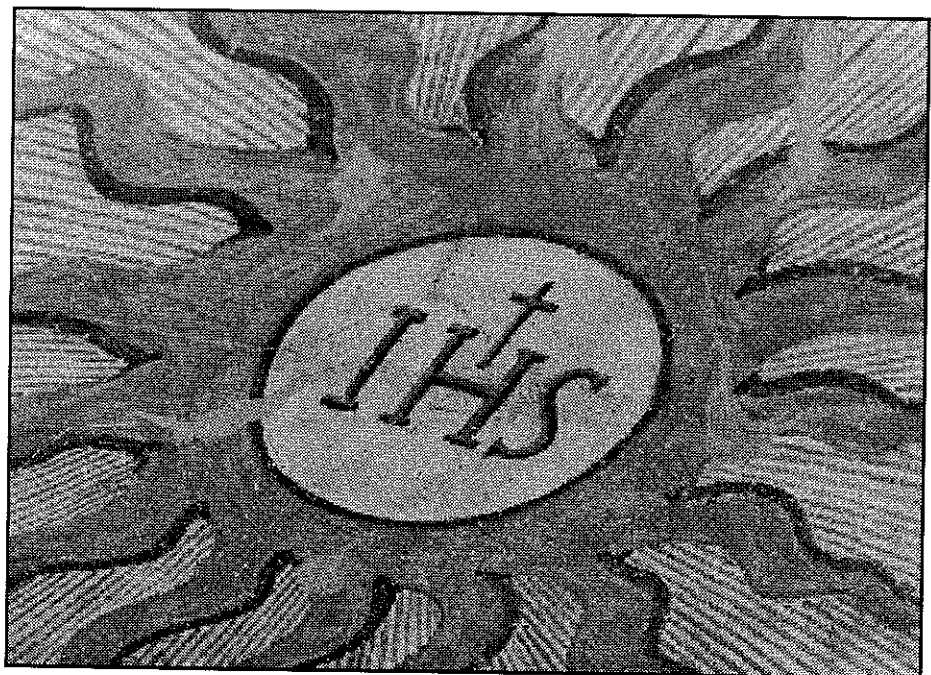
richiederebbe investimenti dell'ordine dei 5000 miliardi di lire. Indubbiamente i rifiuti solidi urbani non sono un buon combustibile, avendo un basso seppur significativo potere calorifico (attualmente si attesta sulle 2000 kcal/kg), composizione variabile e fumi molto aggressivi, soprattutto per la presenza di vapori clorurati. Tuttavia i nuovi impianti garantiscono ormai prestazioni interessanti che potrebbero anche essere migliorate e che comunque già oggi consentono fattori di utilizzo superiori all'85% e produzioni di energia elettrica di 0,3÷0,4 kWh per kg di rifiuto incenerito.

La soluzione tecnica più adottata ad oggi è il forno a griglia, giudicato più affidabile, mentre limitata è l'esperienza con letti fluidi o gassificatori che in Italia è confinata alle due installazioni di Macomer e Greve in Chianti.

Per quanto concerne il punto focale della giornata costituito dal recupero di energia, pur constatando che vari miglioramenti sono già in atto, molto cammino resta da fare, soprattutto nella direzione dell'adozione di materiali e/o rivestimenti che consentano l'impiego del componente a temperature più elevate o comunque una maggior durata di vita dello stesso. Interessante a questo proposito è stata la presentazione del sistema di monitoraggio della corrosione che consente di valutare e di sottoporre a screening direttamente in condizioni di esercizio i materiali o i rivestimenti impiegati.

Dopo la discussione plenaria, il prof. Evandro Sacchi, presidente del Convegno, ha concluso la giornata sintetizzando i risultati ed evidenziando i seguenti punti:

- la collaborazione tra gestori di impianti e progettisti è al



Centro Civico S. Bernardino  
soffitto del Refettorio Conventuale  
in cui si sono svolti i lavori.

momento scarsa e, quindi, non favorisce lo sviluppo delle tecnologie secondo le ricadute di feed-back;

- i vari enti preposti dovrebbero limitarsi a dettare precise e coerenti regole di rispetto ambientale senza dettare prescrizioni di ingegneria, lasciando così il mercato libero di trovare le risposte tecnologiche più adatte. Compito dell'ente pubblico dovrebbe invece essere l'esecuzione di controlli rigorosi, seppure necessariamente "a campione", con punizioni esemplari per i soggetti inadempienti; l'attività di controllo, oltre a prevenire l'inquinamento ambientale, favorirebbe di fatto l'autonomia di aziende e imprenditori e quindi l'accelerazione dello sviluppo tecnologico del settore;
- l'intervento e gli investimenti del privato sono scoraggiati dalle lacune del quadro normativo e dal "rischio sociale"; questo rischio non deve entrare nel budget dell'operazione, pena -al di là degli inevitabili

li aggravati economici-l'aumento dell'incertezza che già tanto dissuade la partecipazione del privato. L'ente pubblico deve dunque trovare la capacità di garantire che le decisioni riguardanti l'installazione di nuovi impianti, una volta correttamente prese, non possano essere ridiscusse per le ragioni più inconsistenti.

Questa determinazione è apparsa ai più, poco probabile al momento, e qualcuno alla fine, indicando nel soffitto del Refettorio Conventuale nel quale si sono svolti i lavori il simbolo IHS (in hoc signo vinces), osservava che anche per il problema dei rifiuti sarebbe auspicabile un miracolo. L'augurio con cui si è chiuso il Convegno è che questa occasione d'incontro possa diventare un appuntamento periodico nel quale discutere e valutare l'evolversi della problematica e le innovazioni tecnologiche che verranno via via proposte.



# Elenco partecipanti

- ACAIA Cinzia**  
ECONS  
Via Stazione  
Bioggio  
CH Svizzera  
tel. 0041 91 6045451  
fax 0041 91 6045452
- AGAZZI Dante**  
A.M.S.A.  
Via Olgettina, 25  
20132 Milano  
tel. 02 27298334  
fax 02 27298387
- AGOSTINELLI Giacomo**  
ENEL SpA DPT  
Pzale Milano 2  
29100 Piacenza  
tel. 0523 525555  
fax 0523 525777
- ALBANO Mario**  
GAMLEN  
Via La Spezia 1  
20142 Milano  
tel. 02 58103190  
fax 02 58103157
- ALBASSER Francesco**  
ACSM  
Via Stazzi, 2  
22100 Corno  
tel. 031 523795  
fax 031 523267
- ALBERIO Angelo**  
KEYSTONE Srl  
Via Donizzetti, 18  
20020 Lainate  
tel. 02 93571110  
fax 02 93572060
- ALBERTI Davide**  
AMSA  
Via Olgettina, 25  
20132 Milano  
tel. 02 27298287  
fax 02 27298387
- ALOISIO Gaetano**  
SIRY CHAMON Imp.  
Via Assunta, 61  
20054 Nova Milanese  
tel. 0362 3771  
fax 0362 366541
- ALTESE Elio**  
COMUNE DI BUSSERO  
Piazza 4 Novembre  
20060 Bussero (MI)  
tel. 02 95038721
- ALUIGI Aldo**  
ALUIGI ALDO  
Via Mosca 77 int. 1  
00142 ROMA  
tel. 06 5192386  
fax 06 5030705
- AMODIO Ruggero**  
Viale Lombardia, 23  
20093 Cologno Monzese  
tel. 02 2540163
- ANDREOLI Luigi**  
AGAM  
Via Canova, 3  
20052 Monza  
tel. 039 23851  
fax 039 380356
- ANGELUCCI Riccardo**  
ATECO Srl  
Via Alfredo di Dio, 44  
28027 Omnavasso  
tel. 0323 837282  
fax 0323 837282
- ANSUINI Francesco**  
COMUNE DI TERNI  
Assessorato Ambiente  
Via Mancini, 23  
05100 Terni  
tel. 0744 549607  
fax 0744 549607
- AUTELLI Francesco**  
TERMOMECCANICA  
"EOLIO"  
Via Bottini n. 32/2  
16147 Genova  
tel. 010 393597  
010 3761291  
fax 010 3770265
- BAIOCCHI Roberto**  
SALVA  
Via Gozzano, 1  
20131 Milano  
tel. 02 70638312  
fax 02 70630874
- BARBAGLI Gianluca**  
CEMENTERIA MERONE Spa  
Via Volta, 1  
22046 Merone (CO)  
tel. 031 616111  
fax 031 651588
- BASALDELLA Paolo**  
E.M.I.T. ERCOLE MARELLI  
DIVISIONE RIFIUTI  
Via Tortona 33  
20144 Milano  
tel. 02 42991  
fax 02 4299540
- BASSETTI Angelo**  
SNAM PROGETTI SpA  
Via Toniolo, 1  
61032 Fano (PS)  
tel. 0721/881769  
fax 0721 881952
- BECCHIS Franco**  
ISTITUTO PER L'AMBIENTE  
Via L. Emanuelli, 15  
20126 Milano  
tel. 02 661301  
fax 02 66102201
- BELOTTI Walter**  
HARTMANN & BRAUN Italia  
Via Sempione, 243  
20016 Pero MI  
tel. 02 33928267  
fax 02 33928210
- BELTRAMI Marco**  
SNAM PROGETTI SpA  
Viale De Gasperi, 16  
20097 San Donato M.se  
tel. 02 5201  
fax 02 52099970
- BERTOLINI Daniele**  
A.A.M.P.S. Livorno  
Via G. Bandi, 15  
57122 Livorno  
tel. 0586 416111  
fax 0586 406033
- BERTUZZI Mario**  
AMBIENTE SpA  
Via Fabiani, 3  
20097 San Donato Milanese  
tel. 02 5205441  
fax 02 52035741
- BINAGHI Franco**  
AMMINISTRAZIONE  
PROVINCIALE  
DI COMO  
Via Borgovico, 148  
22100 COMO  
tel. 031 230400  
fax 031 230345
- BONADONNA Carlo**  
TEI SpA  
Via Hayez, 8  
20129 Milano  
tel. 29403181  
fax 02 29404654
- BORDONZOTTI Ivan**  
ENSOFOR  
6986 CH Curio  
Svizzera  
tel. +41 91 6062424091/712424  
fax +41.91.6062967091/712967
- BOCCIARELLI Mauro**  
AITA  
Via Valadier, 52  
00193 Roma  
tel. 06 68603623  
fax 06 68603617
- AGEA**  
Via Foro Boario, 49  
44100 Ferrara  
tel. 0532 782441  
fax 0532 782400
- BORASIO Mariella**  
ISTITUTO G.O.R.A.  
Via Pacini, 11  
Milano  
tel. 02 5811 3022  
fax 02 89406756
- BORGHINI Roberto**  
MARIANI SERVIZI  
Via Sempione, 230  
20016 Pero (MI)  
tel. 02 35374355  
fax 02 35374302
- BOYER Enrico**  
REGIONE LOMBARDIA  
Via F. Filzi, 22  
20124 Milano  
tel. 02 6765.4593  
fax 02 6765.5576

- BOSCHI Giorgio**  
AMNIUP  
Corso Stati Uniti, 5/A  
35100 Padova  
tel. 049 8075038  
fax 049 8701541
- BREGANI Libero**  
HÖLTER-ABT  
Via Senofonte, 5  
20145 Milano  
tel. 02 48018810  
fax 02 48018810
- BREVI Fausto**  
AMBIENTE Italia Srl  
Via C. Poerio, 39  
20129 Milano  
tel. 02 29406175
- BRICCOLA Angelo**  
ACSM  
Via Stazzi, 2  
22100 Como  
tel. 031 523795  
fax 031 523267
- BRIONI Osvaldo**  
O.E.T. Calusco Srl  
Via Vittorio Emanuele 815  
24033 Calusco d'Adda  
tel. 035 791800  
fax 035 794068
- BRIOSI Gianluigi**  
ATI  
Piazzale Morandi, 2  
20121 Milano  
tel. 02 784989  
fax 02 76009442
- BROGLIA Maria**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167 2451  
fax 02 2167 2620
- BROGLINO Mario**  
AEM  
Via Bertola 48  
10122 Torino  
tel. 011 55491  
fax 011 538313
- BROGLIO Paolo**  
COMMISSIONE ACQUE  
DEL COMUNE DI MILANO  
Via N.A. Porpora, 9  
20131 Milano  
tel. 02 2895978  
fax 02 2871159
- BUIZZA Dario**  
O.E.T. CALUSCO Srl  
Via Vittorio Emanuele 815  
24033 Calusco d'Adda  
tel. 035 791800  
fax 035 794068
- BURZIO Giovanni**  
AEM  
Via Bertola, 48  
10122 Torino  
tel. 011 55491  
fax 011 538313
- BUSETTO Giuliano**  
HARTMANN & BRAUN  
Via Sempione, 243  
20016 Pero (MI)  
tel. 02 33928213  
fax 02 33928451
- CAGGIANO Roberto**  
FEDERAMBIENTE  
Via Valadier, 52  
00193 Roma  
tel. 06 68603623  
fax 06 68603617
- CAIRATI Celso**  
ABB-SAE SADELM  
Piazzale Lodi, 3  
20137 Milano  
tel. 02 5797 7791  
fax 02 5797 7010
- CALESTANI Giorgio**  
A.M.N.U.  
Strada Baganzola 36/A  
43100 Parma  
tel. 0521 2971  
fax 0521 297290
- CAMUSSI Marco**  
AEM  
Corso di Porta Vittoria, 4  
20122 Milano  
tel. 02 77203332  
fax 02 77203187
- CARRARA Roberto**  
BERGAMO AMBIENTE E  
SERVIZI SpA  
Via Goltara, 23  
24100 Bergamo  
tel. 035 351704  
fax 035 351 755
- CASERO Franco**  
IDRECO SpA  
Via P. Nenni, 15  
27058 Voghera  
tel. 0383 3371  
fax 0383 369052
- CASSAGHI Pierluigi**  
SOLVAY Italia  
Via Turati, 12  
20121 Milano  
tel. 02 29092306  
fax 02 29092278
- CECCHI Fabio**  
A.A.M.P.S.  
Via G. Bandi, 15  
57122 Livorno  
tel. 0586 416111  
fax 0586 406033
- CERRAI Enrico**  
AEM  
Corso di Porta Vittoria, 4  
20122 Milano  
tel. 02 7720.3450  
fax 02 7720.3269
- CINTI Giovanni**  
CTG ITALCEMENTI  
Via Camozzi, 124  
24100 Bergamo  
tel. 035 396449  
fax 035 4126011
- CIPRIANI Ugo**  
ECOCENTER SpA  
Via Lungo Isarco Sx 57  
39100 Bolzano  
tel. 0471 915550  
fax 0471 932660
- CIRELLI Andrea**  
AITA  
Via Valadier, 52  
00193 Roma  
tel. 06 68603623  
fax 06 68603617
- AGEA**  
Via Bologna, 13/a  
44100 Ferrara  
tel. 0532 7821.11  
fax 0532 761330
- CITTADINI Mauro**  
OFFICINA U. GIROLA UGM  
Via F. Palizzi, 119  
20157 Milano  
tel. 02 3570523-26  
fax 02 33200260
- CIVATI Carlo**  
NITROL CHIMICA Srl  
Via Monferrato, 188  
20098 San Giuliano M.se  
tel. 02 9880743/4/5  
fax 02 98281795
- COLLIA Giorgio**  
KE-BURGMANN Italia  
Via Colombo, 10  
20066 Melzo  
tel. 02 95738705  
fax 02 95738984
- COLOMBO Alfredo**  
ENEL CRAM SpA  
Via Rubattino, 54  
20134 Milano  
tel. 02 7224 3913  
fax 02 7224 3915
- CONFETTI Angelo**  
A.C. REFRAATTARI SAS DI  
ANGELO CONFETTI & C  
Via F. Turati, 24  
20070 Sordio (Lodi)  
tel. 02 98260490  
fax 02 98260510
- CORAZZARI Franco**  
FIAT AUTO  
Via Lamonta, ingresso 2A  
10100 TORINO  
tel. 011 9513618  
fax 011
- CORDIOLI Corrado**  
BASTIAN BETON SpA  
Via Dossi, 2  
37060 Rosegafarro (VR)  
tel. 045 6303940  
fax 045 6300738
- CORDIOLI Niko**  
BASTIAN BETON SpA  
Via Dossi, 2  
37060 Rosegafarro (VR)  
tel. 045 6303940  
fax 045 6300738
- CORTI Andrea**  
UNIVERSITÀ DI FIRENZE  
Piazza Ciardi, 25  
50047 Prato  
tel. 0574 6024  
fax 0574 602515
- CRICCHIO Carlo**  
AMIU  
Piazza Piccapietra, 48  
16100 Genova  
tel. 010 83491
- CRIPPA Giuseppe**  
SOLVAY Italia  
Via Turati 12  
20121 Milano  
tel. 02 29092378  
fax 02 29092576



- DAMATO G.**  
HARTMANN & BRAUN Italia  
Via Sempione, 243  
20016 Pero (MI)  
tel. 02 33928262  
fax 02 33928210
- DE GAUDENZI Gian Pietro**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2228  
fax 02 2167.2620
- DELEIDI Fortunato**  
SACAGICA  
Via F. Corridoni, 3  
20122 Milano  
tel. 02 76005119  
fax 02 782096
- DE STEFANIS Pasquale**  
ENEA  
Via Anguillarese, 301  
00060 S.ta Maria di Galeria  
tel. 06 3297691  
fax 06 30486200
- DEL PONTE Giovanni**  
TERMOKIMIK Corp. SpA  
Via Flumendosa, 13  
20132 Milano  
tel. 02/6468160  
fax 02/2564103
- DELL'ORCO Lorenzo**  
EDISON SpA  
Via Rossellini 15/17  
20124 Milano  
tel. 02 62226065  
fax 02 62227146
- FAINI Renato**  
PUBLIC CONSULT  
Corso Sempione, 67  
20149 Milano  
tel. 02 3452591/2/3/4  
fax 02 3492091
- FAROTTO Eliana**  
STUDIO PROFESSIONALE  
Via Monti, 6  
20090 Trezzano S/N  
tel. 02 4456665  
fax 02 4456665  
Email  
eliana.farotto@rcm.inet.it
- FAVA Andrea**  
FOSTER & WHEELER Italia  
Via S. Caboto, 1  
20094 Corsico (MI)  
tel. 02 44862741  
fax 02/44863112
- FERRARI Valentina**  
Rivista L'AMBIENTE  
Via Porto Corsini, 20  
20126 Milano  
tel. 02 27000146  
fax 02 27002652
- FERRARIS Eugenio**  
COGEME SpA  
Via XXV Aprile, 18  
25038 Rovato BS  
tel. 030 77141  
fax 030 7722700
- FERRERO Renato**  
UNICEM  
Via Carlo Marengo, 25  
10126 Torino  
tel. 011 6564322  
fax 011 6564399
- FIDENZI Roberto**  
AEM  
C.so di Porta Vittoria, 4  
20122 Milano  
tel. 02 7720 3819  
fax 02 7720 3197
- FUMAGALLI Sonia**  
AMBIENTE SpA  
Via Fabiani, 3  
San Donato Milanese (MI)  
tel. 02 52022838
- GAINI Lorenzo**  
BERGAMO AMBIENTE  
E SERVIZI  
Via Goltara, 23  
24127 Bergamo  
tel. 035 351705  
fax 035 351755
- GALLI Alberto**  
DANONE SpA  
Via Fabio Filzi, 25  
20124 Milano  
tel. 02 67503527  
fax 02 67071471
- GALLIZIOLI Massimo**  
ABB-SAE SADELMi SpA  
Piazzale Lodi, 3  
20137 Milano  
tel. 02 57977317  
fax 02 57977010
- GEFFROY Stephane**  
SMIR Energia,  
Via Matera, 5  
20141 Milano  
tel. 02 55212091  
fax 02 5694015
- GENOVESE Giorgio**  
WASTE Management  
Via XXV aprile, 59  
22070 Guanzate (CO)  
tel. 031 898571  
fax 031 898517
- GHILARDI Eugenio**  
Via Goltara, 23  
24127 Bergamo  
tel. 035 351710  
fax 035 351755
- GHIRARDO Lorenzo**  
AMIU  
Piazza Piccapietra, 48  
16100 Genova  
tel. 010 83491
- GHISIO Piero**  
LURGI spa  
Via De Amicis, 49  
20100 Milano  
tel. 02 58181226  
fax 02 89404142
- GHIZZONI Franco**  
A.G.A.C.  
Via Gastinelli, 30  
42100 Reggio Emilia  
tel. 0522 297379  
fax 0522 286246
- GILIANI Francesca**  
COGEME SpA  
Via XXV Aprile, 18  
25038 Rovato (BS)  
tel. 030 77141  
fax 030 7722700
- GIORDANO Giancarlo**  
CONSORZIO  
INTERCOMUNALE  
DI IGIENE URBANA  
Via Torino, 9  
10093 Collegno (TO)  
tel. 011 4031678  
fax 011 4031196
- GIORGI Nazareno**  
A.M.I.A.T.  
Via Germagnano, 50  
10156 Torino  
tel. 011 2223283  
fax 011 2223368
- GRANDONICO Vittorio**  
ATI  
Piazzale Morandi, 2  
20121 Milano  
tel. 02 784989  
fax 02 76009442
- GRASSI Umberto**  
REGIONE LOMBARDIA  
Via F. Filzi, 22  
20124 Milano  
tel. 02 6765.4425  
fax 02 6765.5576
- GROSSO Antonio**  
AGAM  
Via Canova, 3  
20052 Monza  
tel. 039 23851  
fax 039 380356
- IACOMELLI Aldo**  
WWF Italia  
Delegazione Lombardia  
Via Donatello 5/b  
20131 Milano  
tel. 02 29494260  
fax 02 29404903
- INCARDONA Beniamino**  
CIFA PROGETTI  
Viale Rimembranze, 3  
20026 Novate Milanese  
tel. 02 35251  
fax 02 3525339
- INNOCENTI Giuseppino**  
SAN GERMANO Srl  
Via Monte Bianco, 5  
28041 Arona  
tel. 0322 46805  
fax 0322.45548
- ISOLA Guido**  
LIBERO PROFESSIONISTA  
Via Forte dei Cavalleggeri, 28  
57127 Livorno  
tel. 0586 809326  
fax 0586 809326
- JARACH Franco**  
ATI  
Piazzale Morandi, 2  
20121 Milano  
tel. 02 784989  
fax 02 76009442
- LAGO Antonio**  
MERLONI PROGETTI SpA  
Viale Certosa, 247  
20151 Milano  
tel. 02 307021  
fax 02 38004225
- LAMPERTI Massimo**  
ROHN POULENC  
SCORI Italia Srl  
Via G.G. Winckelmann, 2  
20146 Milano  
tel. 4246288-295  
fax 02 48955401

**LEVI Laura**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2470  
fax 02 2167.2620

**LICIULLI Giuseppe**  
COBAT  
Via Toscana, 1  
00187 Roma  
tel. 06 487951  
fax 06 486985

**LISCIA Roberto**  
ASSOAMBIENTE  
Via del Poggio Laurentino, 11  
00144 Roma  
tel. 06 5921076  
fax 06 5919966

**LOTTERIO Pietro**  
LOTERIOS SpA  
Via S. Quasimodo, 13  
20025 Legnano  
tel. 0331 464616  
fax 0331 464610

**LUBRINI Patrizio**  
EST SRL SCIENZE  
E TECNOLOGIE  
PER L'AMBIENTE  
Via De Gasperi, 13  
24048 Treviolo (BG)  
tel. 035 693501  
fax 035 693655

**LUCCIOLI Franco**  
ENEL SpA DPT  
Via G.B. Martini, 3  
00198 Roma  
tel. 06 8509.5671  
fax 06 85092770

**LUCIONI Giovanni**  
CIFA PROGETTI  
Viale Rimembranze, 3  
20026 Novate Milanese  
tel. 02 35251  
fax 02 3525339

**MAINETTI Ettore**  
ASM  
Via Lamarmora, 230  
25100 Brescia  
tel. 030 3500301  
fax 030 3500641

**MAITZ Claudio**  
MAILANDIA CONSULTING Sas  
Via Lorenzo di Credi, 10  
20149 Milano  
tel. 02 4691591  
fax 02 4985031

**MANZONI Franco**  
SIO Srl  
Via Capecelatro, 69  
20148 Milano  
tel. 02 4026219  
fax 02 48704368

**MARANI Giovanni**  
CAVIRO Soc. Coop.  
Via Convertite, 12  
48018 Faenza RA  
tel. 0546 629111  
fax 0546 622769

**MARANIELLO Giovanni**  
DE CARDENAS Srl  
Via Pio La Torre 14/C  
20090 Vimodrone (MI)  
tel. 02 26510021  
fax 02 2505121

**MERCANDELLI Nicola**  
SABB SpA  
Viale Oriano, 18  
24047 Treviglio (BG)  
tel. 0363 43783  
fax 0363 302745

**MARCAZZAN Mario**  
DE BARTOLOMEIS SpA  
Via Settembrini, 7  
20124 Milano  
tel. 02 6781332  
fax 02 6781 255

**MENGHETTI Fabio**  
SIENA AMBIENTE SpA  
Via del Capitano, 14  
53100 Siena  
tel. 0577 248011  
fax 0577 248045

**MIGLIAVACCA Marco**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2428  
fax 02 2167.2620

**MININNI Giuseppe**  
CNR IRSA  
Via Reno, 1  
00198 Roma  
tel. 06 8841451  
fax 06 8417861

**MONTERMINI Gian Paolo**  
SESTANTE Spa  
Via Hiroshima, 5  
42100 Reggio Emilia  
tel. 0522 381529  
fax 0522 381396

**MULCH Stephan**  
DIDIER Srl  
Postfach 20 25  
D-65010 Wiesbaden  
Lesingstraße 16-18  
D-65189 Wiesbaden  
tel. 0049 611 359614  
fax 0049 611 359411

**MUZI Alessandro**  
AMA-IMPIANTO RSO  
Via Luigi Benedetto Montel, 61  
Pontegaleria (Roma)  
tel. 06 51692434  
fax 06 51692619

**NARCISI Martino**  
FENICE QUALITÀ  
PER L'AMBIENTE  
Via Lamonta, 24  
10137 Torino  
tel. 011 683.4480 - 4581  
fax 011 6834792

**NATTA Giuseppe**  
ECODECO  
Cassinazza di Baselica  
27010 Giussago (PV)  
tel. 0382 9311  
fax 0382 927467

**ORIANI Anna**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2648  
fax 02 2167.2620

**PAGANI Lelio**  
ASSESSORE PROVINCIA  
DI BERGAMO  
Via Tasso, 8  
24125 Bergamo  
tel. 035 387111  
fax 035 235237

**PALLAVERA Ferruccio**  
COMUNE  
DI CAVENAGO D'ADDA  
Piazza Matteotti, 1  
20070 Cavenago d'Adda  
tel. 0371 70031  
fax 0371 70469

**PAMPURINI Gianni**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2602  
fax 02 2167.2620

**PANIGADA Francesco**  
SANDVIK Italia SpA  
Via Varesina, 184  
20156 Milano  
tel. 02 30705385  
fax 02 33403510

**PANSERI Silvio**  
UNICEM SpA  
Via Farnesiana, 39  
29100 Piacenza  
tel. 0523 590050  
fax 0523 597048

**PAOLETTI Paolo**  
ABB-SAE SADELMI  
Piazzale Lodi, 3  
20137 Milano  
tel. 02 57977838  
fax 02 57977991

**PARISI Stefania**  
COMUNE DI TERNI  
Via Mancini, 23  
05100 Terni  
tel. 0744 549607  
fax 0744 549607

**PASINI Carlo**  
ASSOAMBIENTE  
Via del Poggio Laurentino, 11  
00144 Roma  
tel. 06 5921076  
fax 06 5919966

**PAVESI Walter**  
DIDIER Srl Milano  
Via Correggio, 63  
20149 Milano  
tel. 02 4816236  
fax 02 48012313

**PERCIVALLI Luigi**  
ITALDRILLING Srl  
Strada Boscarella, 60  
29010 Besenzone (PC)  
tel. 0523 836990  
fax 0523 839281

**PERDUCA Gianfranco**  
VENETA MINERARIA SpA  
Via Palmanova, 24  
20132 Milano  
tel. 02 2839326  
fax 02 2611 2215

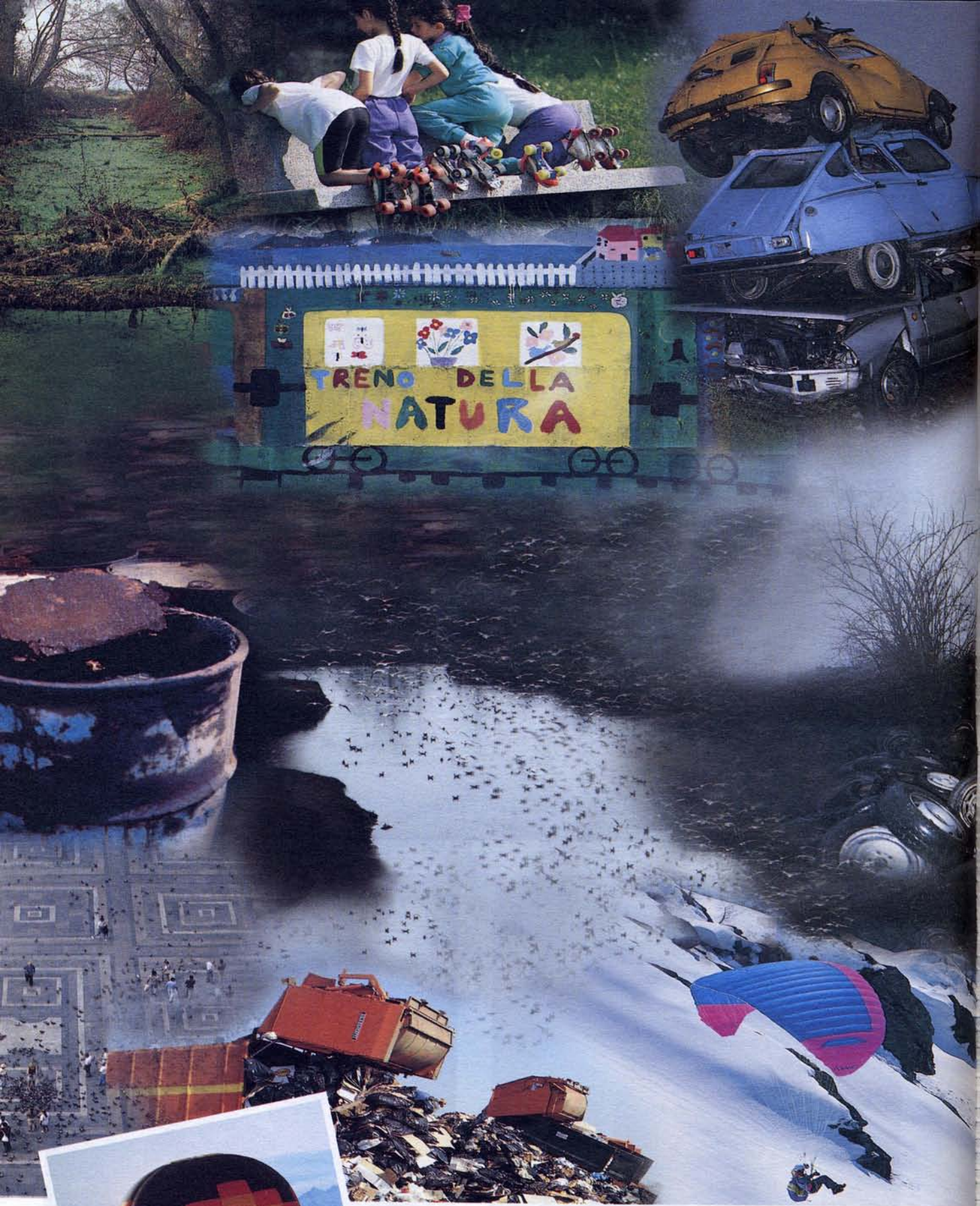
**PIAZZA Camillo**  
AMICI DELLA TERRA  
Via Palmanova, 127  
20132 Milano  
tel. 02 27201315  
fax 02 27201315

- PIAZZA Gioacchino**  
SISTEMA 2000 srl  
Viale Tunisia 41  
20124 Milano  
tel. 02 29004044  
fax 02 2900 3920
- PICCOLI Michelangelo**  
A.G.S.M.  
Lungadige Galtarossa, 8  
37133 Verona  
tel. 045 8677801  
fax 045 8677503
- PIEMONTE Carlo**  
TECHINT  
Corso Venezia, 48  
20121 Milano  
tel. 02 77561  
fax 02 784494
- PIETRAGALLA Vincenzo**  
CONSORZIO SILEF  
Via Settevene Palo km 6,5  
00062 Bracciano (RM)  
tel. 06 9987751  
fax 06 9987791
- PINO Grazio-Claudio**  
BABCOCK Italiana  
Via Livornese, 600  
Loc. Tombolo  
57017 Stagno (LI)  
tel. 050 882001  
fax 050 988526
- PIPPARELLI Mario**  
ENI AMBIENTE  
Via Fabiani, 3  
20097 S. Donato M.se  
tel. 02 5204169  
fax 02 52023651
- PIZZIMBONE Giovanni Battista**  
L'ARCIERE SCARL  
P.zza Mazzucchelli, 3  
13100 Vercelli  
tel. 0161 213007  
fax 0161 212966
- POLLASTRO Fabrizio**  
FOSTER & WHEELER Italia  
Via S. Caboto, 1  
20094 Corsico (MI)  
tel. 02 44862101  
fax 02 44863112
- PONZONI Franco**  
HARTMAN & BRAUN  
Via Sempione, 243  
20016 Pero (MI)  
tel. 02 33928286  
fax 02 33928210
- PREVIATI Gabriele**  
SARAS SpA  
Galleria De Cristoforis, 8  
20122 Milano  
tel. 02 7737 224  
fax 02 7737 305
- QUAGLIA Gianni**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 21672206  
fax 02 2167 2620/2520
- QUAINI Luigi**  
GREEM GRUPPO  
ECOLOGICO NORD EST  
MILANO  
Via Amendola, 14  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2135865
- REPETTO Francesco**  
ANSALDO RICERCHE  
Corso Perrone, 27  
16026 Genova  
tel. 010 6558347  
fax 010 749947
- RICCI Lanfranco**  
STUDIO T.I. RIMINI  
Viale Pascoli, 174  
47037 Rimini  
tel. 0541 384000  
fax 0541 382292
- RICCI Franco**  
AEM  
C.so di Porta Vittoria, 4  
20122 Milano  
tel. 02 7720 3819  
fax 02 77203197
- ROASCIO Roberto**  
IMPREGILO SpA  
Viale Italia, 1  
20099 Sesto S.G.  
tel. 02 26248.1  
fax 02 26248943
- RODDA Luca**  
ECT Srl  
Via Imperia, 23  
20142 Milano  
tel. 02 8466813  
fax 02 89516186
- RODIGHIERO Gaetano**  
CONSORZIO  
SMALTIMENTO RIFIUTI  
Via Lago di Pusiano, 4  
36015 Schio  
tel. 0445 575707  
fax 0445 575813
- ROMANI Riccardo**  
Rivista TEKNOS  
Via degli Scipioni, 2  
20129 Milano  
tel. 02 29518913
- ROMER Arturo**  
SOC. ELETTRICA  
SOPRACENERINA  
LOCARNO SVIZZERA  
Piazza Grande, 5  
6600 Locarno Svizzera  
tel. 0041 91 7569191  
fax 0041 91 7569192
- ROSSELLA Giuseppe**  
COMUNE  
DI CAVENAGO D'ADDA  
Piazza Matteotti, 1  
20070 Cavenago d'Adda  
tel. 0371 70031  
fax 0371 70469
- ROSSELLO Aldo**  
AMIU  
Piazza Piccapietra, 48  
16121 Genova  
tel. 010 8349222
- ROSSI Carlo**  
ENEL CRT  
Via A. Pisano, 120  
56122 Pisa  
tel. 050 535610  
fax 050 535021
- ROTA Alberto**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167.2300  
fax 02 2692.0604
- ROZZONI Pietro**  
HARTMAN & BRAUN  
Via Sempione 243  
20016 Pero (MI)  
tel. 02 33928213  
fax 02 33928451
- RUGGERI Bernardo**  
A.M.I.A.T.  
Via Germagnano, 50  
10156 Torino  
tel. 011 2223283  
fax 011 2223368
- RUOCCO Alberto**  
3R ASSOCIATI  
Via Caldera, 21  
20153 Milano  
tel. 02 45278309  
fax 02 40910951
- SACCHI Evandro**  
POLITECNICO DI MILANO  
Piazza Leonardo da Vinci, 32  
20133 Milano  
tel. 02 2399.1  
fax 02 23992206
- SALIMBENI Dante**  
A.M.S.A  
Via Olgettina, 25  
20132 Milano  
tel. 02 27298.1  
fax 02 26300911
- SANDOLO Augusto**  
SUD MILANESE  
Via Enrico Fermi, 1/7  
20090 Noverasco di Opera (Mi)  
tel. 02 57605679  
fax 02 57603055
- SALVADORE Domenico**  
CEMENTERIA MERONE SpA  
Via Volta, 1  
22046 Merone (CO)  
tel. 031 616111  
fax 031 651588
- SANCILIO Cosmo**  
COBAT  
Via Toscana, 1 - 00187 Roma  
tel. 06 487951  
fax 06 486985
- SCACCABAROZZI Alberto**  
ECOSESTO SpA  
Via Mazzini, 23  
20099 Sesto S.G.  
tel. 02 24903617  
fax 02 24903581
- SCHIONA Gino**  
CONSORZIO REPLASTIC  
Via del Politecnico, 3  
20100 Milano  
tel. 02 76020502
- SCORZA Accurzio**  
BABCOCK Italiana  
Via Livornese, 600  
Loc. Tombolo  
57017 Stagno (LI)  
tel. 050 882001  
fax 050 988526
- SIBILIA Giuseppe**  
PROVINCIA DI VARESE  
Piazza Libertà, 1  
21100 Varese  
tel. 0332 252219  
fax 0332 252262

- SILVESTRO Guido**  
A.M.I.A.T.  
Via Germagnano, 50  
10156 Torino  
tel. 011 2223281  
fax 011 2620354
- SORO Federico**  
ECOSESTO SpA  
Via Mazzini, 23  
20099 Sesto S.G.  
tel. 02 24903617  
fax 02 24903581
- SPERANDIO Fulvio**  
CAMUZZI SpA  
Via Gargano, 17  
20139 Milano  
tel. 02 574711  
fax 02 5693414
- STEFANELLI Mauro**  
CAMUZZI SpA  
Via Gargano, 17  
20139 Milano  
tel. 02 574711  
fax 02 5693414
- STREPPAROLA Vittorio**  
COMUNE DI RIVOLTA  
D'ADDA  
Piazza Vittorio Emanuele, 1  
26027 Rivolta d'Adda  
tel. 0363 78735  
fax 0363 370139
- TAGLIABUE Giuseppe**  
COMUNE DI LODIVECCHIO  
P.zza Vittorio Emanuele II  
20090 Lodi Vecchio  
tel. 0371 460189  
fax 0371 754351
- TAMMA Roberto**  
MARANGONI  
TECHNOLOGIES  
Via De Gasperi, 77  
38100 Trento  
tel. 0461 923888  
fax 0461 924805
- TARTAGLIA Fabio**  
NITROL CHIMICA Srl  
Via Monferrato, 118  
20098 San Giuliano M.se  
tel. 02 9880743/4/5  
fax 02 98281795
- TERZANI Alessandro**  
SNAM SpA  
S. Donato M.se (MI)  
Piazza Vanoni, 1  
20097 S. Donato M.se  
tel. 02 52032127  
fax 02 52035725
- TOMASINI Pietro**  
COGEME SpA  
Via XXV Aprile, 18  
25038 Rovato (BS)  
tel. 030 77141  
fax 030 7714231
- TORIO Gianrocco**  
ABB-SAE SADELMI  
Piazzale Lodi, 3  
20137 Milano  
tel. 02 5797 7228  
fax 02 5797 7010
- TORRETTA Vincenzo**  
TEI SpA  
Via Hayez, 8  
20129 Milano  
tel. 29403181  
fax 02 29404654
- TRUSSARDI Giancarlo**  
VALSIDER SERIATE  
Via Nazionale, 16  
24068 Seriate (BG)  
tel. 035 594217  
fax 035 301838
- TURA Alice**  
REGIONE LOMBARDIA  
Via E. Filzi, 22  
20124 Milano  
tel. 02 6765.5018  
fax 02 6765.5591
- UBERTI Franco**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate  
tel. 02 21672605  
fax 02 2167 2620
- VACCARI Aimone**  
FOSTER & WHEELER Italiana  
Via S. Caboto, 1  
20094 Corsico (MI)  
tel. 02 4486.2970  
fax 02 4486 3107
- VARENGO A.**  
VDM SESTO S.G.  
Via Milanese, 20  
20099 Sesto S.G.  
tel. 02 26251250
- VOLLMEIER Thomas**  
TBF AG SVIZZERA  
Via Cademarco  
CH 6934 Bioggio-Svizzera  
tel. +41 91 6046979  
fax +41 91 6046980
- VOLPI Massimo**  
REGIONE LOMBARDIA  
Via F. Filzi, 22  
20124 Milano  
tel. 02 6765.5264  
fax 02 6765.5404
- VOLPI Nadia**  
ITALIA NOSTRA  
SEZ. MILANO  
Via Silvio Pellico, 1  
20121 Milano  
tel. 02 86461400  
fax 02 875950
- ZAGAROLI Mauro**  
ENEA  
Via Anguillarese, 301  
00060 S. Maria di Galeria  
tel. 06 3297691  
fax 06 30486200
- ZANETTI Alfeo**  
THERMOSELECT  
Piazza Pedrazzini, 11  
CH 6600 Locarno Svizzera  
tel. 0041 91 7516792  
fax 0041 91 7522370  
tel. 0323 586 999  
fax 0323 586 988
- ZANOLI Sergio**  
SOCIETA' E AMBIENTE  
Via Colleoni, 7  
24050 Bariano  
tel. 0363 903365  
fax 0363 903365
- ZOBOLI Antonio**  
CISE TECNOLOGIE  
INNOVATIVE SpA  
Via Reggio Emilia, 39  
20090 Segrate (MI)  
tel. 02 2167 2286  
fax 02 2167 2620

# Immagini del convegno



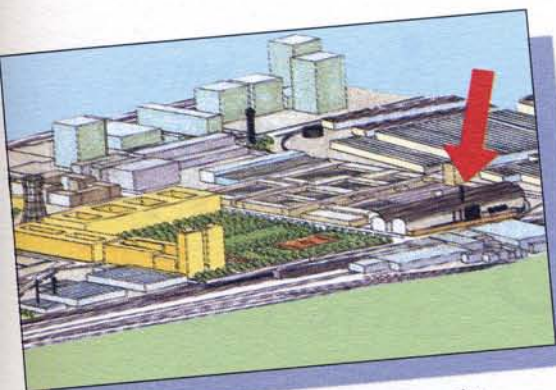


**BANCA DI CREDITO COOPERATIVO  
DI CARAVAGGIO (BERGAMO)**

**green** gruppo  
ecologico  
est. milano

Archivio Fotografico Ambientale

# Aem: nuove Energie per Milano.



Cogenerazione: progetto di Milano-Tecnocity

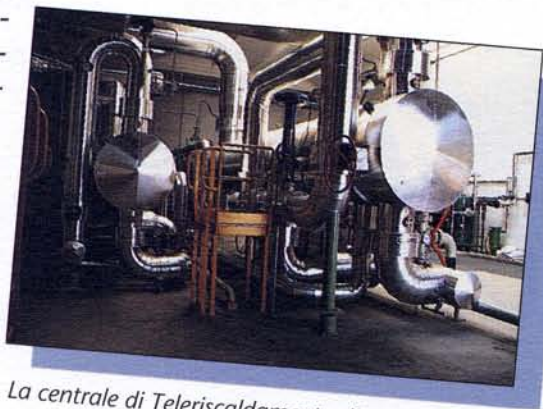
**P**er il futuro di Milano, Aem ha un obiettivo concreto: produrre un'energia pulita usando tecnologie sempre più adeguate e innovative. Per dare ai cittadini qualità e sicurezza. Per dare all'ambiente un'aria più pulita.

**Q**uesto obiettivo Aem lo persegue sperimentando nuove tecnologie e realizzando nelle

aree urbane impianti adeguati alle esigenze di risparmio energetico e di rispetto ambientale.

**Cogenerazione** per un utilizzo razionale delle risorse, con la produzione contemporanea di energia e calore.

**Teleriscaldamento** per il risparmio energetico e il controllo delle emissioni.



La centrale di Teleriscaldamento di Sesto S. Giovanni



La centrale a Celle a combustibile da 1,3 MW

**Bruciatori ceramici** per la combustione più pulita che ci sia.

**Celle a combustibile** per produrre elettricità e calore senza alcuna emissione.

**Q**uesta é l'Aem dei nostri giorni. Un'azienda che ha scelto tecnologie d'avanguardia per un servizio di qualità che migliora l'ambiente.



Le migliori Energie. Le maggiori Garanzie.

*In Air Liquide*

*Italia, oggi an-*

*che nel nome,*

*si respira una*

*nuova aria.*



*Essenziali  
come l'aria,  
diffusi  
come l'aria,  
agili come  
l'aria.*



Dal 1° Gennaio 1996 la SIO, società da 87 anni operativa in un settore indispensabile per l'industria, come la produzione e distribuzione dei gas tecnici e dei servizi connessi, cambia denominazione e diventa Air Liquide Italia.

Con il nuovo nome - quello del leader mondiale nel settore, cui la società è storicamente collegata - Air Liquide Italia esprime anche una più agile capacità di risposta alle esigenze del mercato: con 20 unità operative autonome, diffuse nel territorio; consistenti

investimenti nella produzione primaria; nuovi sistemi di produzione di ossigeno e azoto "on-site", ossia installati e operanti direttamente presso le aziende clienti, per una elevata economicità e affidabilità; e sempre nuove applicazioni, frutto di un intenso sforzo di ricerca e innovazione. Al servizio di tutti i rami dell'industria, in particolare siderurgica, meccanica, chimica-farmaceutica, elettronica, alimentare e dell'ambiente.



**Ambiente S.p.A.**

*Uomini  
e tecnologie  
al servizio della terra*

*smaltimento di rifiuti industriali*

*interventi di risanamento ambientale*

*riutilizzo di residui con recupero energetico*

*trattamento di rifiuti radioattivi e di tipo "raro", come PCB e amianto (Nucleco)*

*trattamento di rifiuti biodegradabili*

*trattamento di acque reflue industriali*

*servizi di laboratorio e consulting ambientale*



# NON SIAMO SUPERFICIALI

*Quando si parla di ambiente, non bisogna essere superficiali.*

*Noi, questo, lo sappiamo bene.*

*Dal 1928, infatti, controlliamo la qualità delle risorse idriche del sottosuolo per garantire l'acqua potabile ai nostri utenti ed oggi, nei 186 Comuni aderenti al CAP, sono circa due milioni gli abitanti che ogni giorno usufruiscono dei nostri servizi.*

*In oltre mezzo secolo di attività abbiamo imparato a conoscere il territorio, a rispettare l'ambiente a difendere la falda dalle minacce d'inquinamento.*

*Non fermarci alla superficie delle cose, ma cercare le risorse in profondità, è il nostro compito da sempre.*



CAP Milano  
Consorzio per l'Acqua Potabile



**CIFA PROGETTI**

TECNOLOGIE E IMPIANTI



**TECNOLOGIE  
DI TRATTAMENTO  
DEGLI EFFLUENTI GASSOSI  
PER L'INCENERIMENTO RIFIUTI**

CIFA PROGETTI S.p.A  
Viale Rimembranze, 3  
20026 Novate Milanese (Italy)  
Tel. 02-3525-1 Fax 02-33240204

# DE CARDENAS PER L'AMBIENTE



COPPIA DI FILTRI  
ELETTROSTATICI  
DA 1.200.000 NM3/H  
L'UNO INSTALLATI  
SU CALDAIE  
POLICOMBUSTIBILE  
ENEL.

SISTEMA DI  
FILTRAZIONE PER  
ACCIAIERIA DA  
3.000.000 NM3/H.



SISTEMA  
INCENERIMENTO  
RIFIUTI.

**DE CARDENAS**

Via Pio La Torre, 14/C - Vimodrone (MI)  
Tel.: 02/26510021 - Fax: 02/2650941  
Telex: 320846





*Nel cuore della pianura lombarda, un'antica cascina ristrutturata ospita il Centro Operativo Ecodeco.*

# ecodeco®

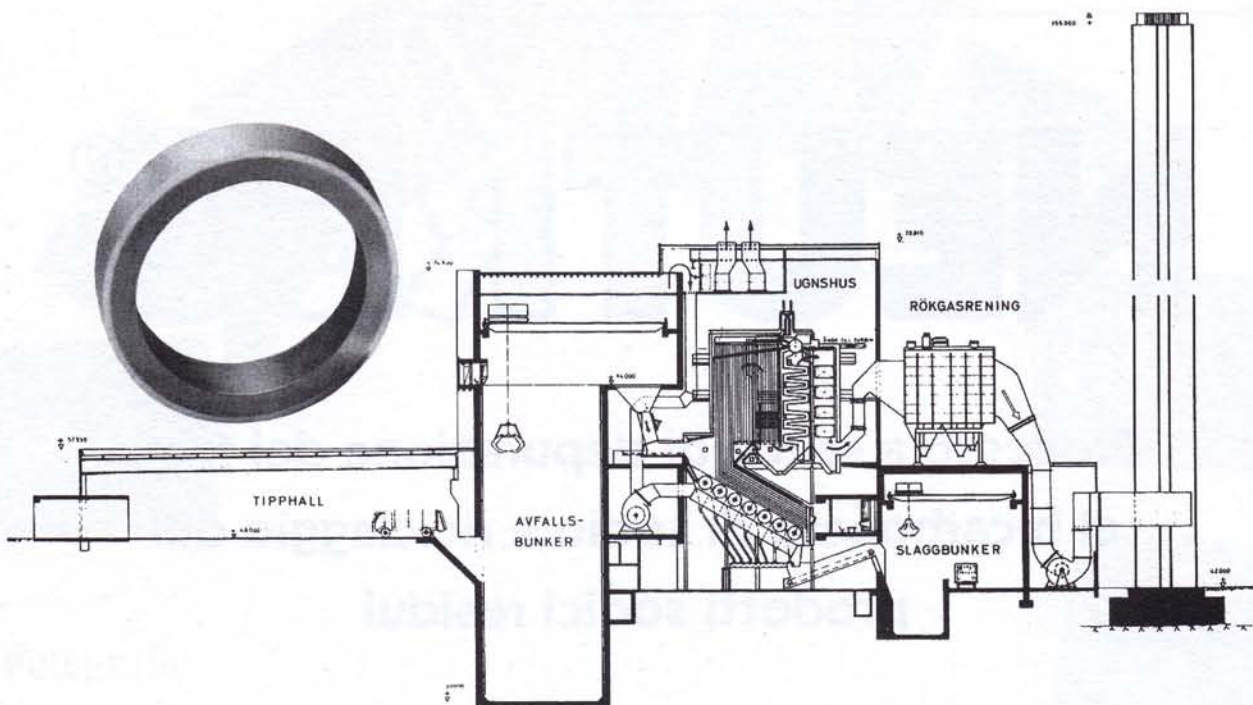
- **servizi ambientali per gli enti pubblici e le imprese**
- **smaltimento e recupero di rifiuti industriali**
- **realizzazione e gestione di impianti per il trattamento di rifiuti urbani**
- **bonifica di aree inquinate**

Richiedete la consulenza gratuita dei funzionari Ecodeco telefonando o scrivendo a:

Ecodeco s.p.a. Cassinazza di Baselica - 27010 Giussago (Pavia)

Tel. (0382) 931.1 Fax (0382) 927467 - 927506





## TUBI COMPOSITI SANDVIK PER IMPIANTI DI INCENERIMENTO RIFIUTI

La SANDVIK STEEL ha sviluppato e collaudato nuove qualità di TUBI COMPOSITI per impianti di incenerimento ed ha già acquisito una prima commessa dall'impianto HOGDALEN di Stoccolma, per tre caldaie di 94 MW in totale, che consumano 250.000 tonnellate annue di rifiuti, generando un calore equivalente a circa 60.000 metri cubi di nafta.

I nuovi tubi compositi, costituiti da uno strato esterno di acciaio inox superaustenitico SANDVIK SAF2507 resistente alla corrosione e ad alto contenuto di nichel, e da uno strato interpo in acciaio SANDVIK al carbonio, sono stati sviluppati in modo da offrire maggiore resistenza all'attacco del cloro e a sostanze chimiche caustiche.

L'incenerimento è diventato un mezzo importante per l'eliminazione dei rifiuti municipali e, specialmente in Scandinavia ed in altre parti d'Europa, il calore così generato, viene sempre più usato per fornire vapore o acqua calda agli impianti di riscaldamento centralizzato e per la generazione di energia elettrica.

Data la natura stessa del materiale combusto sono presenti delle componenti acide corrosive, come l'acido cloridrico, derivanti dalla plastica, e l'anidride solforosa, che risultano gravose per gli impianti di trattamento, specialmente in aree quali le pareti del forno che raggiungono temperature di lavoro fino a 250° C (482° F)

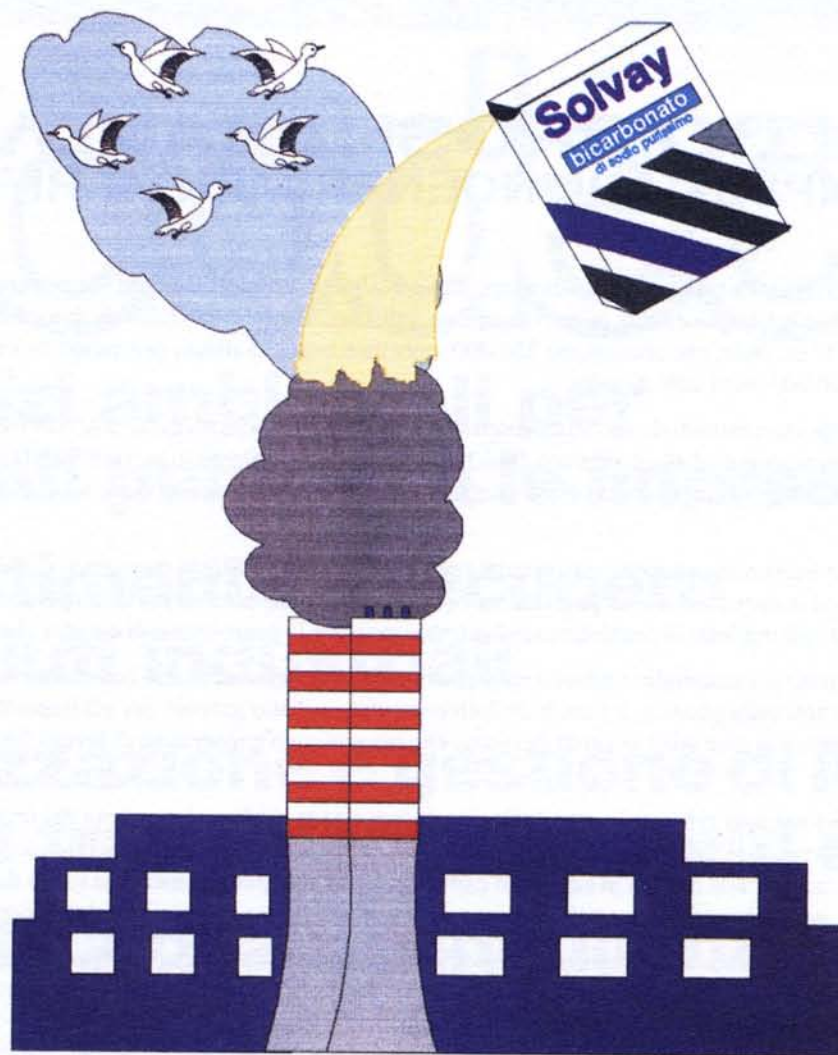
I tubi compositi sono stati sviluppati verso la fine degli anni 60 per risolvere i problemi di corrosione delle caldaie per il recupero di acque nere nell'industria della pasta di legno e della carta. Il prodotto tradizionale consisteva in una parte esterna in acciaio al carbonio, legate metallurgicamente in modo da offrire un tubo di perfetta integrità meccanica e nel contempo garantire una buona trasmissione del calore.

In passato i tubi compositi si sono dimostrati così efficaci nel prolungare la durata delle pareti dei forni degli impianti inceneritori, che oggi, oltre che per le schermature, sono stati scelti anche per surriscaldatori, e l'impianto Hogdalen prima accennato ne è la dimostrazione.

**SANDVIK**  
Steel

# NEUTREC®

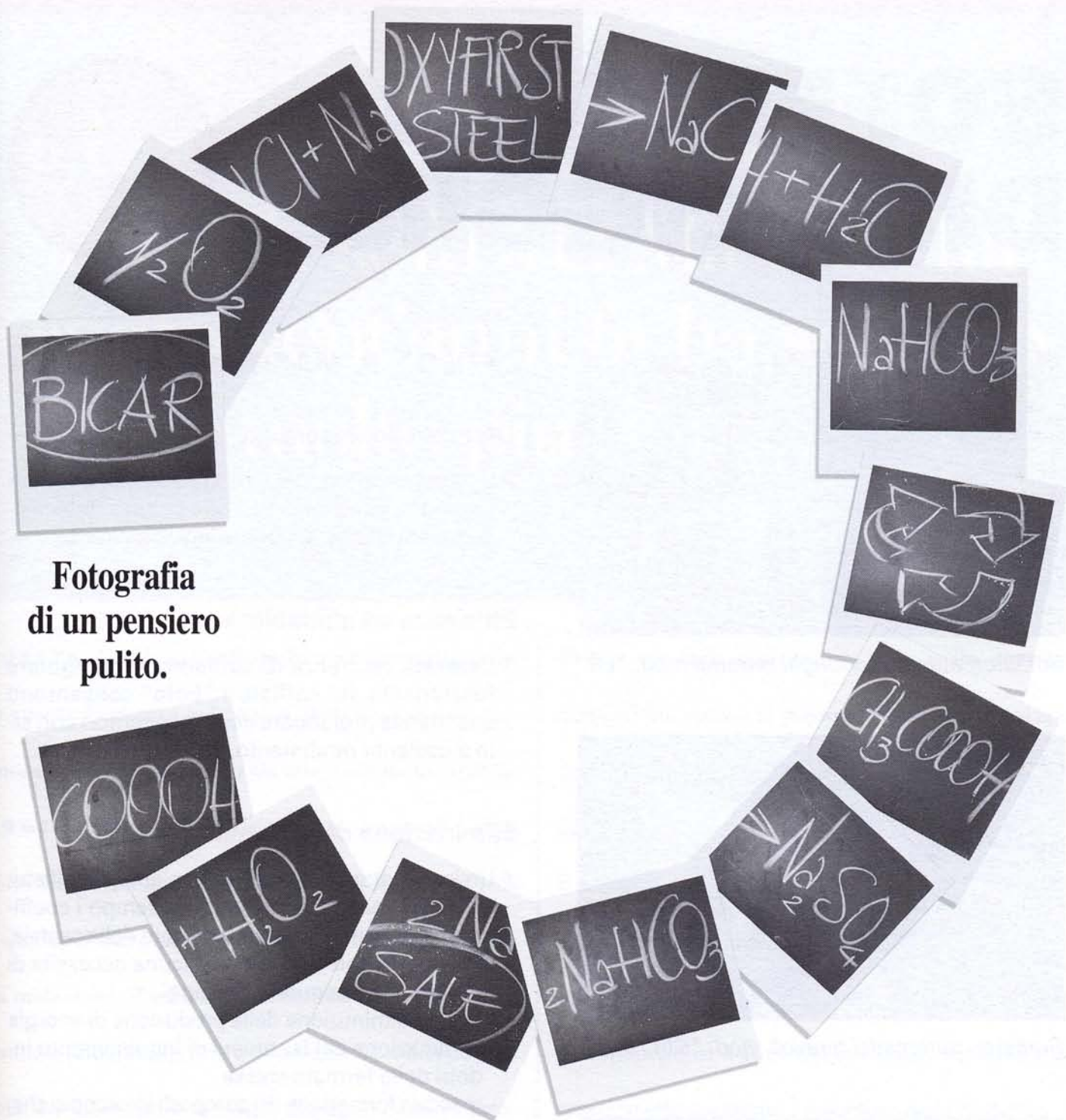
**Processo a secco di depurazione dei fumi  
al bicarbonato di sodio e riciclaggio dei  
prodotti sodici residui**



al servizio della termodistribuzione pulita







## Fotografia di un pensiero pulito.

Com'è fatto il pensiero? È quadrato o rotondo, grande o piccolo, largo o stretto?

Per Solvay è un cerchio che si sta per chiudere, il simbolo di una continua ricerca orientata a traguardi ormai prossimi: ridurre, dove possibile, il consumo di materie prime; sostituire i processi inquinanti con altri in grado di contenere l'impatto ambientale; assegnare ai rifiuti un valore aggiunto prima inesistente.

Questo è il segno di un obiettivo preciso che ha sempre contraddistinto la ricerca Solvay: quello di migliorare la chimica come l'ambiente che la ospita. È per questa ragione che da uno stesso pensiero nascono, crescono e convivono

no la chimica in grado di rendere più comoda la vita e quella capace di rispettare l'ambiente.

Una unità d'azione che ha prodotto e continua a produrre risultati concreti nella tutela dell'aria, della terra e dell'acqua come, ad esempio, *Neutrec*<sup>®</sup>, la rivoluzionaria tecnologia capace di abbattere fin oltre il 99% i fumi acidi degli inceneritori impiegando bicarbonato di sodio e già operativa a Padova, Reggio Emilia e Busto Arsizio. *Oxymaster*<sup>®</sup>, il trattamento specifico messo a punto da **Solvay Interox** per neutralizzare il livello di batteri nell'acqua, particolarmente indicato negli impianti di depurazione e nel riciclaggio dei reflui così da fornire acqua pu-

lita per l'irrigazione e la fertilizzazione dei campi. *Oxyfirst*<sup>®</sup> *Steel* – ancora da **Solvay Interox** – il sistema di decapaggio dell'acciaio inossidabile che, ad una efficacia superiore, abbina un impatto ambientale ridotto grazie all'esclusione di effluenti inquinanti liquidi e gassosi. O, ancora, la partecipazione attiva di Solvay ai recenti sviluppi nel campo del riciclaggio delle materie plastiche. Risultati, questi, che danno la misura dell'impegno Solvay proprio nei settori chiave dell'economia italiana. Ma a guardarli meglio, questi risultati si chiamano ancora impegno, ricerca, passione – in altre parole ancora pensiero.

L'importante è che questo sia libero di

crescere per poter dare il meglio di sé. Ed è proprio seguendo questo principio che Solvay ha ottenuto i risultati più significativi contribuendo al miglioramento della qualità della vita del nostro Paese: semplicemente pensando in maniera pulita.

*Se volete portare nella Vostra città il pensiero pulito Solvay mandate un fax (02/6575457) al nostro servizio marketing.*

Solvay S.A. Via Turati, 12 – 20121 Milano



**Solvay. La passione per il Progresso.**

# SOFFIATORI DI FULIGGINE



Soffiatori automatici lunghi retrattili mod. "LR"



Soffiatori automatici girevoli mod. "GIR / 983"



Terminale supervisore per sistema evoluto di comando "EOLO-ACDS"

## "EOLO", IL MARCHIO DI QUALITÀ

### Una soluzione per ogni problema

- La progettazione dei vari apparecchi, costruiti secondo propri brevetti, tiene conto delle esigenze specifiche di ogni singolo impianto.

### Efficienza ed affidabilità

- L'elevata efficienza di soffiatura e la regolare funzionalità dei soffiatori "Eolo" consentono una marcia prolungata degli inceneritori con alto e costante rendimento.

### Eliminazione delle fermate

- Un inceneritore dotato di un impianto di soffiatura "Eolo" mantiene inalterati nel tempo i coefficienti di scambio nelle varie sezioni della caldaia. In tal modo non si ha quindi alcuna necessità di fermata, con i seguenti vantaggi.
  - evitata diminuzione della produzione di energia
  - eliminazione dei fenomeni di inquinamento indotti dalla fermata stessa
  - mancata formazione dei composti igroscopici che, come noto, provocano un ambiente riducente all'atto dello spegnimento con presenza di cloruri e solfati e conseguente attacco chimico corrosivo dei materiali di caldaia.

### Notevole risparmio

- Per tutto quanto sopra riportato, un impianto "Eolo" di soffiatura automatica ha un tempo di ammortizzo assai ridotto, consentendo un ritorno molto rapido dell'investimento sotto forma di un notevolissimo risparmio.

# TERMOMECCANICA "EOLO"

Sede - Uffici: Via Bottini, 32/2 16147 Genova - Stabilimento: Via Bottini, 32/B 16147 Genova - Ufficio D. to: Via G. Bruno, 18/9 16146 Genova  
Telefoni (010) 393597 - 3761291 - 3623703 - Telefax (010) 3770265

“Ho un cancro.  
E mi fa soffrire. Ma chi l’ha  
avuto vent’anni fa ha sofferto  
molto più di me.”  
*C.V. Venezia*

**QUESTA** è solo una delle mille voci che testimoniano quanto la ricerca sul cancro abbia conquistato terreno, e come il cancro non sia una malattia incurabile.

**OGGI** infatti, il 50% delle malattie tumorali è guaribile. In particolare il 70% dei tumori al seno, il 78% di quelli all'utero, il 60% di quelli alla laringe, il 70% dei melanomi, il 60% delle leucemie infantili.

Risultati impensabili fino a 30 anni fa, resi invece possibili dal continuo e costante impegno della ricerca.

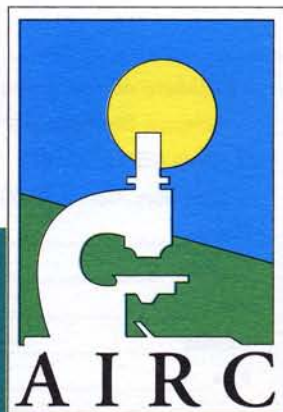
**LA BIOLOGIA** molecolare, studiando il DNA, depositario del nostro codice genetico, sta individuando gli errori e le alterazioni attraverso cui la cellula diviene tumorale, rendendo più vicina la soluzione definitiva del problema cancro.

**MA** i risultati non stanno solo nelle guarigioni. Sempre più spesso si possono evitare le mutilazioni, gli effetti collaterali della chemioterapia, le sofferenze dei malati terminali.

**E ALTRETTANTO** importanti sono i progressi della ricerca in sede di prevenzione. Così oggi, tenendo lontani fumo ed alcol, controllando l'alimentazione e sottoponendosi a controlli periodici, è possibile contrastare efficacemente l'insorgere della malattia.

**TUTTO** questo è molto ma non è tutto. La lotta al cancro ha bisogno della ricerca, ha bisogno del nostro lavoro, ha bisogno del vostro sostegno. Non facciamo mancare.

La ricerca sta facendo molto. Aiutala.  
*Associazione Italiana per la Ricerca sul Cancro*  
Sede Nazionale - via Corridoni 7, Milano - Tel. 02/77971 C.C.Postale 307272





# Combattiamo la sclerosi multipla a tutto campo.



## Anche a Lucignano.

Il primo Centro AISM di Soggiorni Riabilitativi sta  
sorgendo nella campagna toscana.

**Mancano 2 miliardi:  
dacci una mano anche tu.**

Disturbi alla vista, alla motilità, all'equilibrio e disabilità anche gravi non sono i soli danni della sclerosi multipla, malattia difficilissima, che colpisce soprattutto i giovani ed è ancora inguaribile.

L'isolamento, la depressione, la paura, la dipendenza sono altrettanto pericolosi. Perché la vita non si chiude, perché la speranza e la volontà restino attive, perché si lavori in positivo sulle risorse della persona e la sua salute residua sta sorgendo un centro specializzato, in Toscana. Amicizia, incontri, attività, attrezzature,

corsi di recupero dell'autonomia in un ambiente sereno, privo di barriere non solo architettoniche. I soggiorni a Lucignano saranno aperti anche ai familiari, ai volontari, agli operatori. Una iniziativa che mette al centro la persona e il suo diritto al futuro, non la malattia.

Per portare a termine la ristrutturazione del Centro mancano 2 miliardi. Ma con la solidarietà gli zeri si possono annullare; aspettiamo il tuo aiuto.

Grazie dall'Associazione Italiana Sclerosi Multipla, grazie da Rita Levi Montalcini, Presidente.

DIALOGO



### Desidero offrire il mio contributo all'Associazione Italiana Sclerosi Multipla per il Centro di Lucignano in qualità di

- Amico AISM (L.30.000)       Aderente AISM (L.50.000)

- Sostenitore AISM (L.70.000)       Sponsor AISM (L.100.000 e oltre)

Nome \_\_\_\_\_

Cognome \_\_\_\_\_

Via \_\_\_\_\_ N. \_\_\_\_\_ Cap. \_\_\_\_\_

Località \_\_\_\_\_

Prov. \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Scelgo la seguente forma di pagamento:

Accludo assegno N. \_\_\_\_\_  
Banca \_\_\_\_\_

Ho effettuato versamento sul ccp. N. 670.000  
intestato a AISM, Piazza Giovine Italia, 7 - 00195 Roma

Autorizzo l'addebito di Lire \_\_\_\_\_ sulla mia carta  
del circuito VISA N. [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]  
scad. [ ] [ ] [ ] [ ] Data \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_