



Dipartimento di Energetica “Sergio Stecco”

Università degli Studi di Firenze



***Stato dell'arte internazionale sulle tecnologie di mitigazione
dell'impatto ambientale degli impianti di termovalorizzazione
dei rifiuti urbani***

Prof. Ing. Ennio A. Carnevale

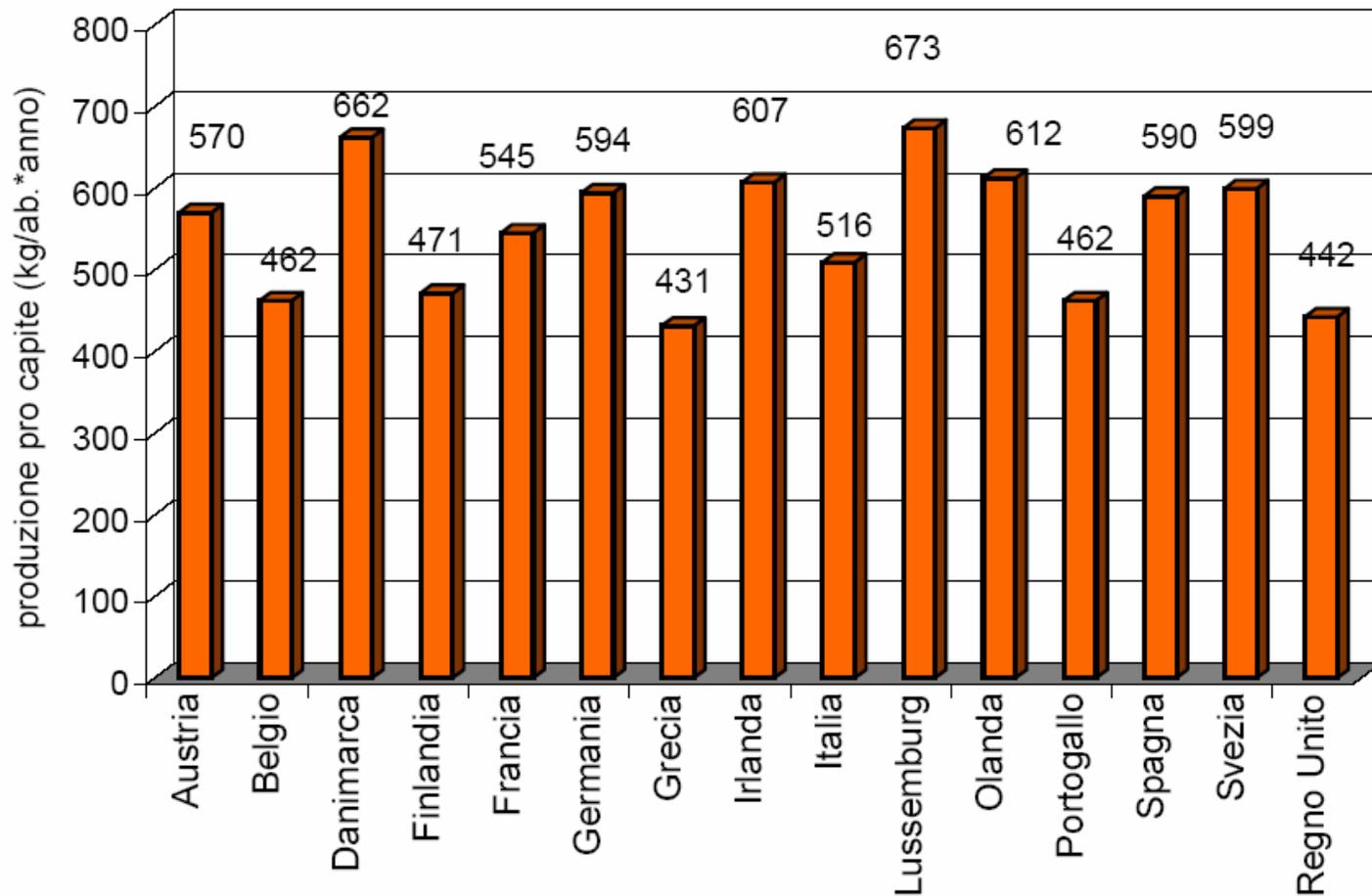
Ennio.carnevale@unifi.it

Prof. Ing. Andrea Corti

Ing. Lidia Lombardi



Produzione *pro capite* dei rifiuti urbani nell'UE - anno 2001



Fonte: Elaborazioni APAT su dati EUROSTAT



Come dovrebbe essere (esempi virtuosi) (Si può sempre sognare l'opzione zero.)

Da oltre 500 kg

➔ Prevenzione

➔ Riduzione

➔ 400 kg



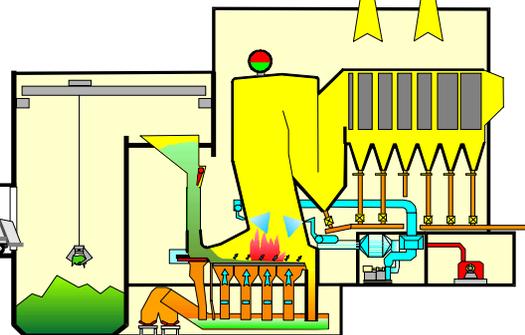
➔ Riutilizzo

➔ Riciclaggio

} (- 37,5%)

250 kg

Trasformazione:
Energia Elettrica \cong 0,6 MWh/t

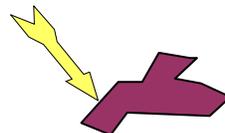


75 kg

Residui

Discarica

25 kg



Riutilizzabili

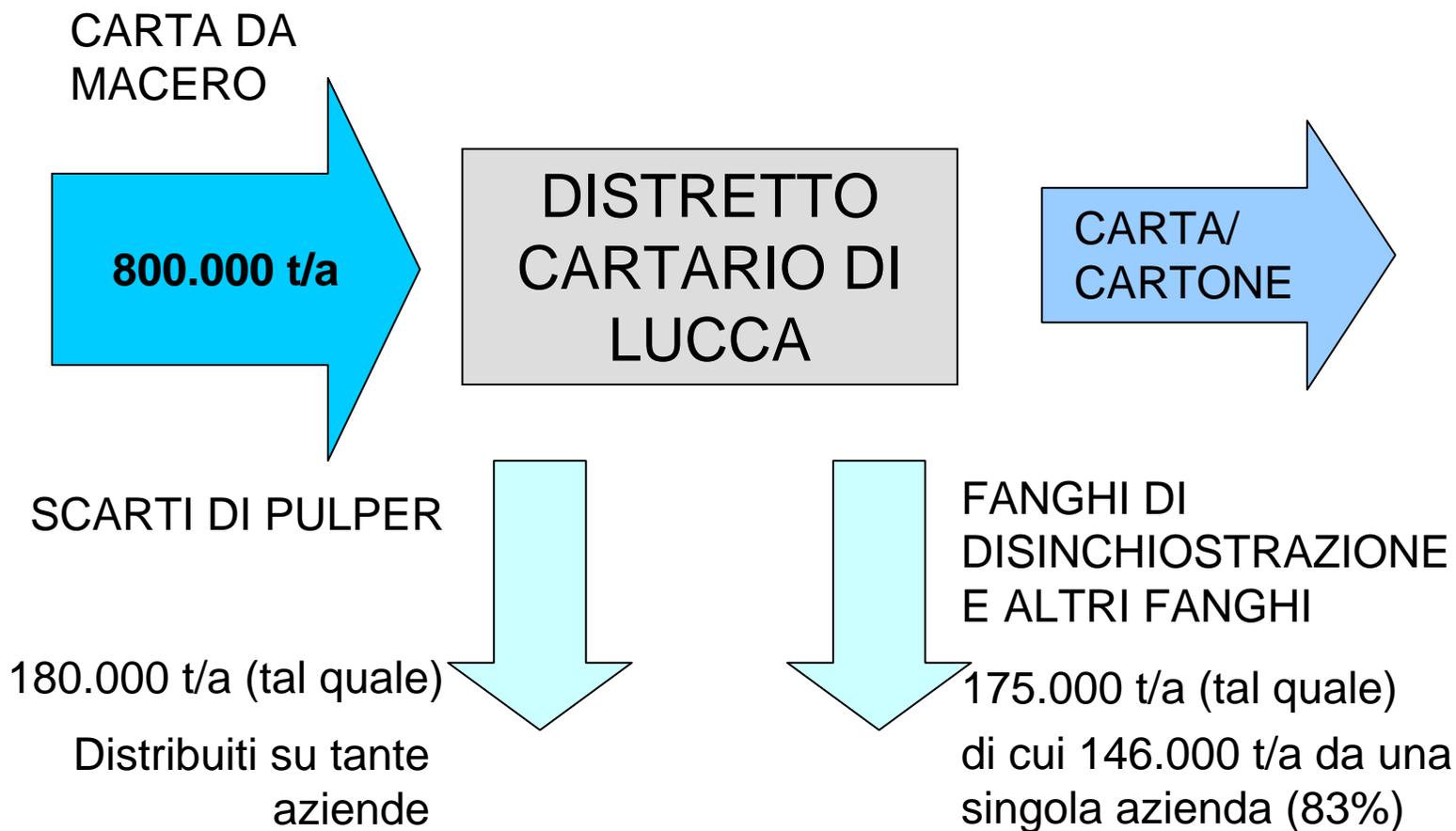
50 kg

- Una volta prodotti, fino a che non si arriverà alla applicazione pratica nella realtà quotidiana della 'opzione zero' vi sarà una quantità di rifiuti da smaltire e una azienda municipalizzata si troverà a fronteggiare il problema in un clima di particolare attenzione al problema.
- Ma il sogno dell'opzione zero è un diversivo !
- Facciamo l'esempio del recupero della carta : Il distretto cartario della Lucchesia ricicla la carta proveniente dalle raccolte differenziate, coloro che sognano l'opzione zero potrebbero pensare che una volta effettuata la raccolta differenziata non vi siano impatti ulteriori



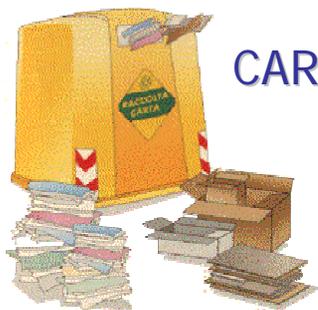
Rifiuti speciali del comparto cartario di Lucca

Flussi principali (2001-2003)



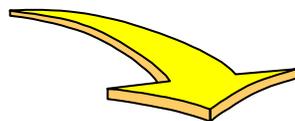


Rifiuti speciali del comparto cartario di Lucca

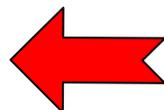


CARTA DA RICICLAGGIO
(100%)

CASO DI UN PROCESSO CHE
PARTE DA CARTA DA MACERO
PER PRODURRE CARTA DI
QUALITA'



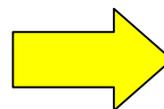
SEPARAZIONE
RIFIUTI RESIDUI



RIFIUTI:
SCARTI DI
PULPER
(2% s.s.)



DISINCHIOSTRAZIONE
& SEPARAZIONE FIBRE LUNGHE



PRODUZIONE
CARTA
(54% s.s.)



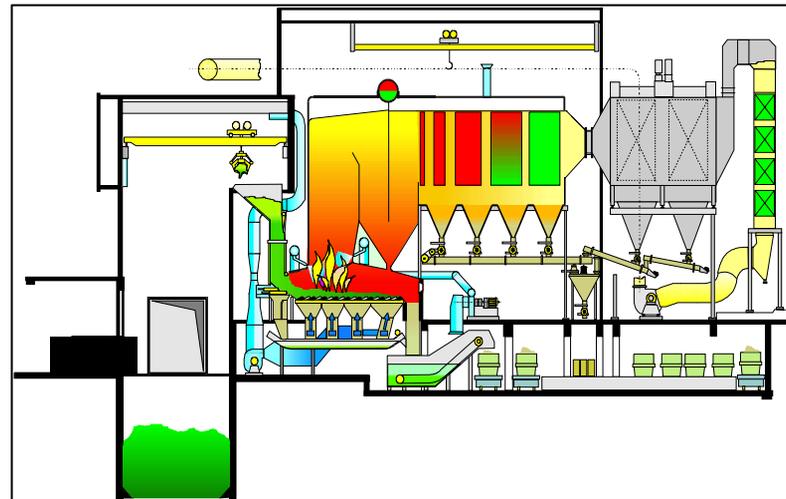
RIFIUTI:
FANGHI DA DISINCHIOSTRAZIONE
(44% s.s.)

{	22% s.s. Inerti
	22% s.s. Fibre corte

- **In Lucchesia aspettano con ansia che qualcuno dei fautori dell'opzione zero dia dei suggerimenti su come far sparire questa montagna di scarti collegati alla sana abitudine del riciclaggio**
- **Sono allo studio soluzioni di valorizzazione energetica di tali scarti**
- **Nel pieno rispetto delle normative ambientali la cosa è possibile**
- **Anzi è indispensabile adottare tale soluzione per mantenere la competitività aziendale**
- **Ma chi ci sta pensando non si illude di avere l'aiuto dei fautori dell'opzione zero.**

- **Il problema RSU va affrontato e risolto**
- **Nell'area Fiorentina, entro il prossimo anno è previsto l'esaurimento della discarica di case Passerini**
- **Dove saranno collocati i rifiuti ?**
- **Il rinviare i problemi senza adottare le migliori tecnologie per risolverli nel rispetto delle normative ambientali provoca certamente un peggior bilancio ambientale.**

Discarica vs. Inceneritore

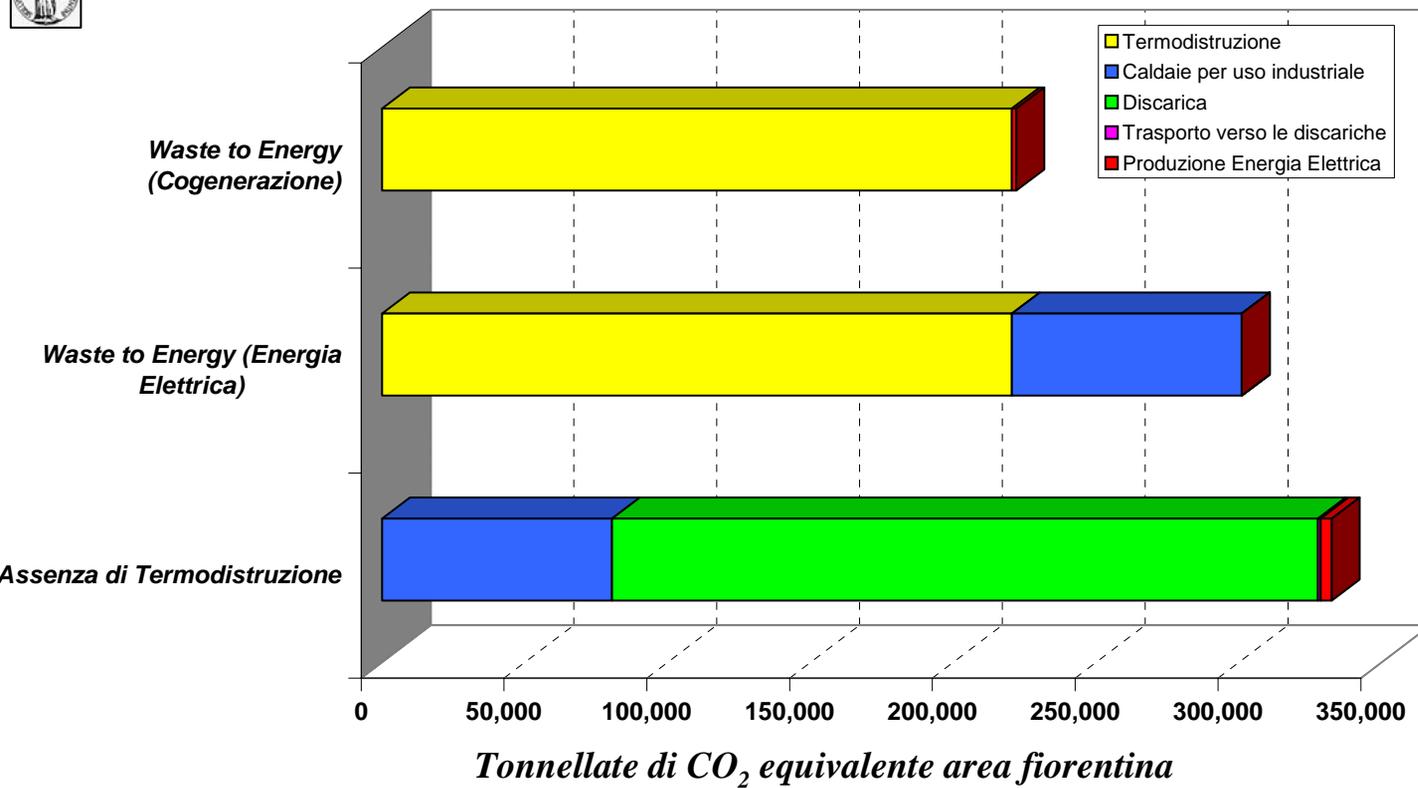


DISCARICA	kg/t _{RU}
CO ₂ da processi di fermentazione	+295
CO ₂ eq. da metano non recuperato	+1181
CO ₂ da frazioni rinnovabili	- 591
Contributo netto di CO ₂ eq.	+886

TERMOUTILIZZATORE	kg/t _{RU}
CO ₂ da combustione	+1402
CO ₂ da frazioni rinnovabili	- 910
CO ₂ evitata da recupero energia	- 554
Contributo netto di CO ₂ eq.	- 62

Un termoutilizzatore al posto di una discarica evita l'emissione di 947 kg/t_{RU} di CO₂ eq.

Inoltre la termovalorizzazione riduce di oltre l'80% il volume di RU

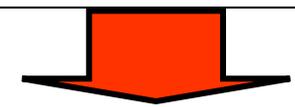


→ Ipotesi comune: **RD al 40%**

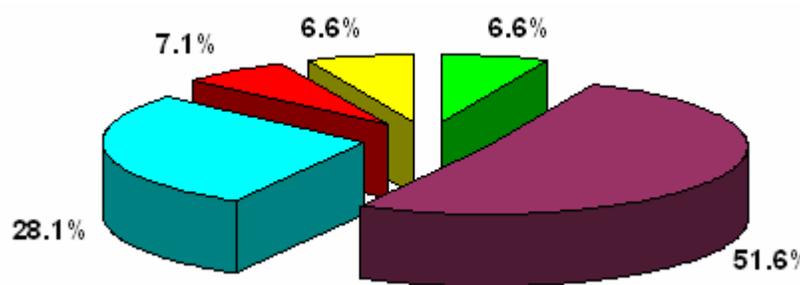
→ **Trattamento di 438 t/d**

→ **Sostituzione Caldaie industriali a gas naturale**

→ **MIX energetico Nazionale**



- **Riduzione GHGs del 10,5%** con lo scenario **“Waste-to-Energy”**
- **Riduzione GHGs del 33,2%** con lo scenario **“Waste-to-Energy” con cogenerazione**



Anche con recupero biogas la discarica dà maggiori emissioni di CO₂ eq. \cong 268 kg/t_{RU}

E' giusto
porsi
obiettivi
'ideali' ma la
realta' va
comunque
affrontata e
rinviare
peggiora le
cose.

IL TIRRENO

€ 0,90 (con "La Grande Storia della Canzone Italiana" € 11,80) - anno 129 - n. 230 Venerdì 30 Settembre 2005

DIREZIONE, REDAZIONE, AMMINISTRAZIONE v.le Allieri 9 LIVORNO tel. 0586/220111 - REDAZIONI Carrara via Roma 9 tel. 0595/777333-4 - 77724 Cecina via Circonvallazione 11 tel. 0586/982791; Empoli via Riccoli 135 tel. 0571/711775 - 711817 Firenze via Leonardo da Vinci 16/18 tel. 055/5522548; Grosseto p.le Cosimmi 20 tel. 0564/414900; Lucca via S. Croce 105 tel. 0563/491616; 491517; Massa via Patriccia 2 tel. 0585/11032; Montecatini c. Roma 5 tel. 0572/772461; Piombino c. Italia 95 tel. 0565/222222; Pisa c. Italia 88 tel. 050/502255; Pontedera via Lotti 3 tel. 0587/52400; Portoferraio v.le Elsa 3 tel. 0565/914634; Prato via del Gruppo Vaghi 5 tel. 0574/666015-67; Viareggio via Coppino 273 tel. 0584/389389

Spedizioni in abbonamento postale art. 2 comma 20/B Legge 662/96 - Livorno



PRATO

www.iltirreno.it

IN EDICOLA
il secondo doppio cd

**Urlatori,
cantautori**
I brani più
rappresentativi
degli anni
Cinquanta
e Sessanta



La Grande Storia
della Canzone Italiana



A richiesta con Il Tirreno
a soli 10,90 euro in più



LUNEDÌ 3 OTTOBRE

Un'eccezionale iniziativa in esclusiva
per tutti i lettori de Il Tirreno.
Lunedì 3 ottobre insieme a fatti,
cronaca e attualità, avrete tutte le
anteprime, i personaggi e le notizie
sul mondo della televisione.

Il Tirreno + TV MAGAZINE
a soli 1,20 euro

Prato. Arrestato un livornese domiciliato a Vernio dipendente di una ditta di Sesto Fiorentino

Rifiuti nocivi nelle cave

Operazione in tutt'Italia dei carabinieri del Noe

Motorini. Meno severa la legge sulla confisca

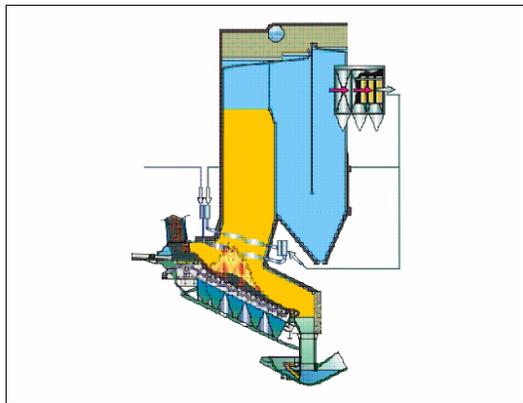


Giustiziato
per strada
a Firenze
mentre guida
un furgone

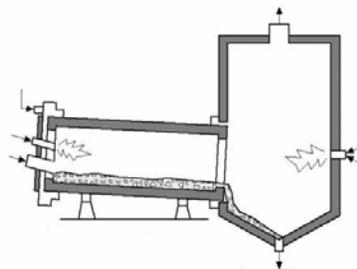
PRATO. Tra i dodici arresti eseguiti dai carabinieri del Noe di Treviso nell'inchiesta sul traffico di rifiuti nocivi c'è anche Marco Morganti, 42 anni, livornese e domiciliato a Vernio. Morganti è dipendente della Ris. Eco. Srl di Sesto Fiorentino, ditta di intermediazione. L'operazione del Noe ha coinvolto 8 regioni nell'arresto di 12 persone (custodia cautelare in carcere per quattro e arresti domiciliari per otto), alla denuncia di altre 29, al sequestro di 194 automezzi e di 6 impianti di trattamento rifiuti per un valore complessivo di circa 100 milioni di euro. Un giro d'affari...

Tecnologie per la combustione dei rifiuti

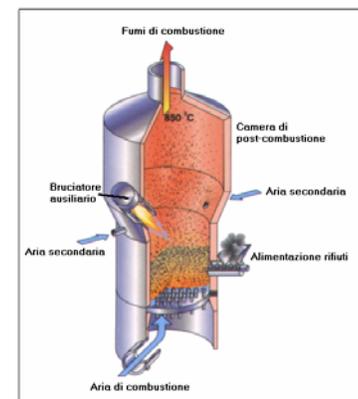
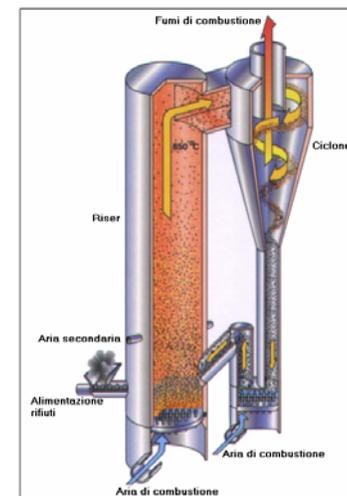
Forno a griglia mobile



Forno a tamburo rotante



Forno a letto fluido

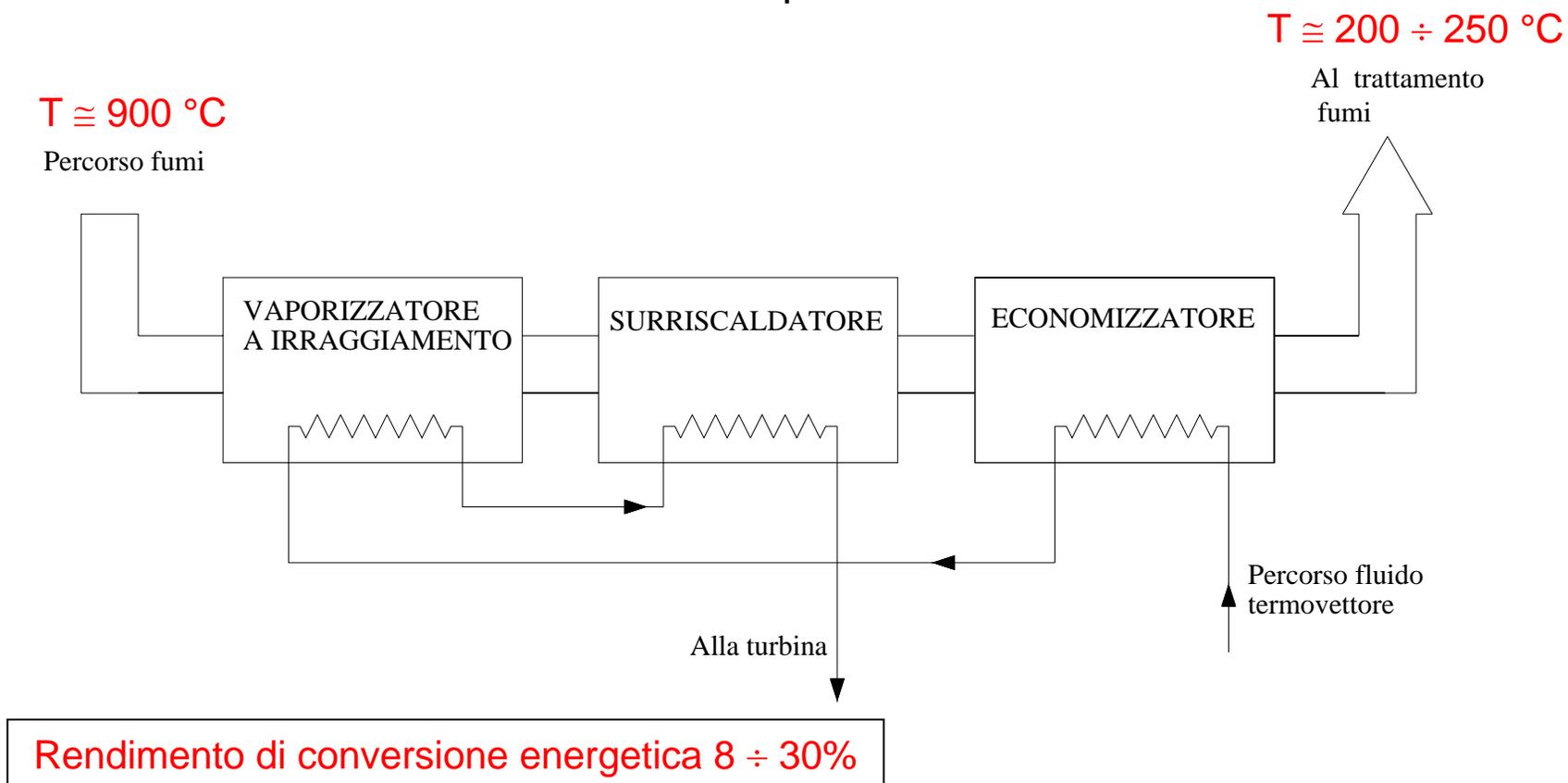


Apparecchiatura	Vantaggi	Svantaggi
A griglia mobile	<ul style="list-style-type: none"> ✓Apparecchiatura collaudata ed affidabile ✓Esistono migliaia di applicazioni a livello mondiale ✓Consente buoni livelli di recupero energetico ✓Idoneo per rifiuti di diversa pezzatura ✓Non richiede il pretrattamento dei RU 	<ul style="list-style-type: none"> ✗Non particolarmente idonea per rifiuti ad alto PCI (>20 MJ/kg) ✗Non idonea per rifiuti pulverulenti, pastosi e melme ✓Fattibilità economica ristretta a taglie d'impianto medio-grandi
A tamburo rotante	<ul style="list-style-type: none"> ✓Possibilità di trattare rifiuti in qualsiasi stato fisico (solidi, liquidi, pastosi), anche in combinazione ✓Scarsa sensibilità al variare di composizione, umidità e pezzatura dell'alimentazione Semplicità di costruzione ed elevata affidabilità di funzionamento 	<ul style="list-style-type: none"> ✓Presenza di parti in movimento, con problemi di tenuta ed usura ✓Incompleta ossidazione dei fumi nella camera primaria, necessita di camera di post-combustione ✓Eccessi d'aria elevati ✓Consumo di refrattario piuttosto rapido; ✓Ridotte efficienze di recupero energetico
A letto fluido	<ul style="list-style-type: none"> ✓Elevata efficienza di combustione (grado di turbolenza, maggiori tempi di residenza, temperatura più uniforme) ✓Basso contenuto di incombusti nelle scorie (0,2-0,3 %) ✓Unità più compatte (maggiori carichi termici specifici applicabili) ✓Ridotti tempi di avviamento e possibilità di funzionare anche in discontinuo ✓Ridotto numero di parti meccaniche in movimento ✓Possibilità di operare con ridotti eccessi d'aria, con conseguenti migliore rendimento di recupero e minori dimensioni dei sistemi di depurazione dei fumi ✓Parziale rimozione di gas acidi (principalmente SO₂) in fase di combustione, tramite l'iniezione di sorbenti alcalini 	<ul style="list-style-type: none"> ✓Rischio di defluidizzazione del letto conseguente a possibili fenomeni di agglomerazione ✓Necessità di pretrattamenti dei rifiuti (riduzione pezzatura, omogenizzazione, ecc.), con conseguente aumento dei costi globali di gestione ✓Necessità di aumentare i punti di alimentazione o di incrementare la velocità di fluidizzazione a causa di insufficiente mescolamento trasversale ✓Difficoltà di alimentazione dei rifiuti leggeri (es.: CDR "fluff") soprattutto in corrispondenza di velocità di fluidizzazione elevate (letti circolanti) ✓Ridotte esperienze applicative in scala industriale per l'impiego con rifiuti urbani, soprattutto per i letti circolanti Maggiori carichi di polveri da captare nell'impianto di trattamento fumi.



Il recupero dell'energia termica dei fumi

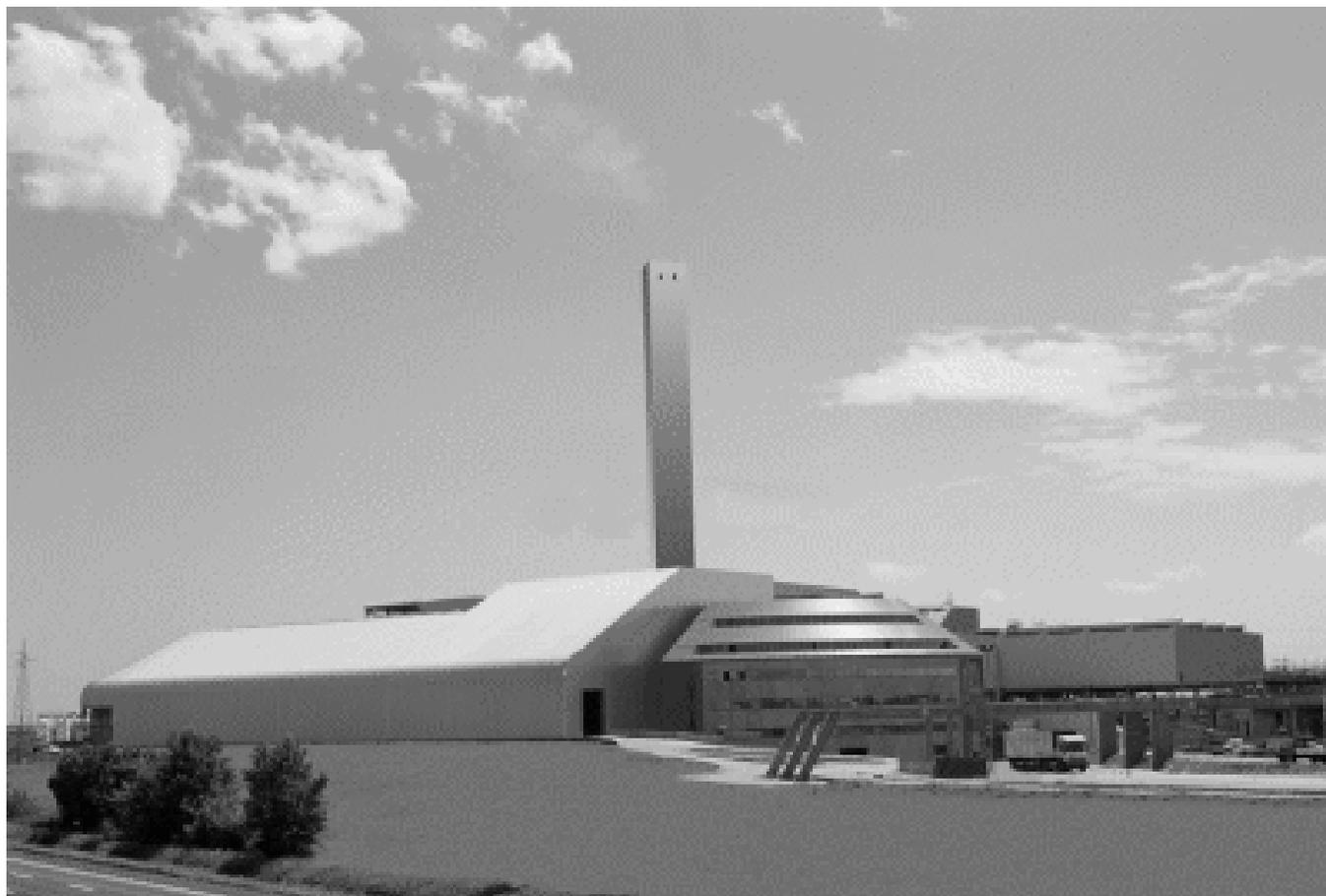
Esso viene effettuato attraverso il recupero del calore che deriva dal raffreddamento dei fumi che si rende necessario per il loro successivo trattamento. Il recupero avviene sotto forma di produzione di **energia elettrica e/o termica**, ottenuta attraverso l'impiego del vapore generato in un'apposita caldaia, concettualmente costituita da uno scambiatore di calore acqua-fumi.





Esempio: il termovalorizzatore di Brescia

L'impianto di Brescia è basato su un forno a griglia raffreddato ad aria per la combustione di rifiuto indifferenziato tal quale ed alcune tipologie di rifiuti speciali e biomasse (pulper cartiera, fanghi, scarti vegetali, scarti lavorazione legno, fibra tessile grezza).





Esempio: il termovalorizzatore di Brescia

PCI ~ 1.800 - 2.400 kcal/kg

Alimentazione: totale conferito

2003: 514.393 t

2004: 552.138 t

Produzione d'elettricità:

- Valvola cross-over aperta, si collega gli stadi di alta pressione con due stadi di bassa pressione, all'uscita dei quali si ha vapore condensato a 45°C e 0,1 bar (fase liquida)
- Rendimento **29,4%**.

Cogenerazione:

- Valvola cross-over chiusa, vapore espande fino a 0,3-0,8 bar.
- Rendimento compreso fra **33.7% e 36.8%**, altri dati riassunti nella tabella sottostante.

Portata acqua teleriscaldamento [t/h]	T _{mandata} acqua [°C]	T _{ritorno} acqua [°C]	P _t prodotta [MWt]	P _e prodotta [MWe]	T _{amb} ipotizzata [°C]	Rendimento complessivo
5900	70,9	54,9	110	46,4	25	33,7
4000	82,6	59,1	109,1	44,3	10	36,2
1850	109,4	59,3	105,6	39	0	36,8



Esempio: il termovalorizzatore di Brescia

ANNO D'ESERCIZIO 2003

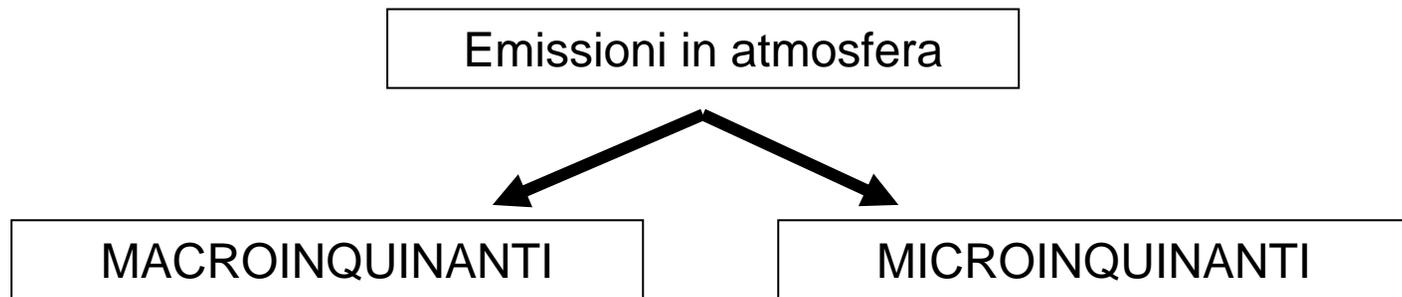
PCI medio:
2100 kcal/kg

Rifiuti trattati	552.138 t
Energia dalla combustione dei rifiuti	1.348 GWh _t
Energia elettrica prodotta	361 GWh _e
Energia termica utile prodotta	290 GWh _t
Rendimento energetico medio	27%
Energia primaria risparmiata	115.949 tep
Scorie, polveri e ceneri prodotte	154.835 t

Riduzione in
massa: 72%



Il trattamento dei fumi



I macroinquinanti sono presenti in concentrazioni rilevanti (p.p.m.), originati dalla trasformazione chimica di talune macrocomponenti del rifiuto (ceneri, Cl, S, N e P), da reazioni secondarie non desiderate e dall'ossidazione incompleta del carbonio organico.

Tra questi troviamo:

- ossidi di zolfo (SOX);
- acidi alogenidrici (HCl, HBr, HF);
- ossidi di azoto (NOX: NO, NO₂, N₂O etc.);
- monossido di carbonio (CO);
- sostanze organiche volatili (COV, SOV);
- materiale particolato (PTS)
- materiale particellare fine (PM-10, PM-2,5, PM-1)

I microinquinanti sono presenti in concentrazioni molto basse (p.p.b.) e possono essere:

→ di tipo inorganico, costituiti essenzialmente da metalli pesanti: Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Mn, Ni, Tl, Cr etc.

→ di tipo organico, costituiti da una vasta gamma di specie chimiche quali:

- idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xilene);
- composti policiclici aromatici (IPA);
- organo-clorurati come poli-cloro-dibenzo-diossine (PCDD) e poli-cloro-dibenzo-furani (PCDF)



Il trattamento dei fumi

		Linee guida DM 12/07/90 (vecchi impianti)	DM 19/11/97 n. 503 (RU e RS non pericolosi)		D. Lgs. 133/2005 recepimento italiano della Direttiva 2000/76/CE		Rapporto TU Brescia 2002
			Media giornaliera	Media oraria	Media giornaliera	Media semi-oraria	
Polveri	mg/Nm ³	30-100	10	30	10	30	0,22
Acido cloridrico (HCl)	mg/Nm ³	50-100	20	40	10	60	8,51
Acido fluoridrico (HF)	mg/Nm ³	2	1	4	1	4	<0,009
Ossidi di zolfo (SO₂)	mg/Nm ³	300	100	200	50	200	3,62
Ossidi di Azoto (NO₂)	mg/Nm ³	500	200	400	200	400	71,25
Monossido di carbonio (CO)	mg/Nm ³	100	50	100	50	100	18,36
Carbonio Organico (COT)	mg/Nm ³	20	10	20	10	20	0,47
Cd e Tl	mg/Nm ³	0,2	0,05		0,05		0,00138
Hg	mg/Nm ³	0,2	0,05		0,05		<0,00018
Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	mg/Nm ³	5	0,5		0,5		0,028
IPA (idrocarb. Policiclici aromatici)	mg/Nm ³	0,1	0,01		0,01		3,82E-05
PCDD/PCDF	ng/Nm ³	4000	0,1		0,1		0,0119

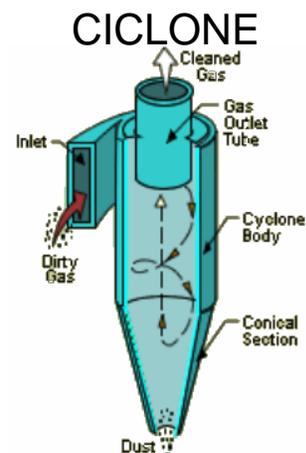


Il trattamento dei fumi

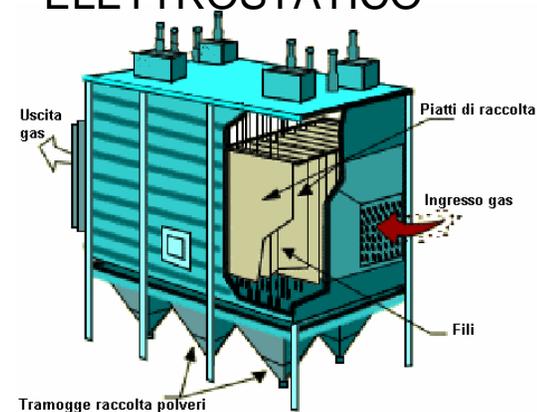
D. Lgs. 133/2005 (recepimento Direttiva 76/2000/CE)			
Polveri	10 mg/Nm ³	Media giornaliera	
	30 mg/Nm ³	Media su 30 min.	
	10 mg/Nm ³	media su 30 min	97% valori medi su 30 min in un anno
SO ₂	50 mg/Nm ³	Media giornaliera	
	200 mg/Nm ³	Media su 30 min.	
	50 mg/Nm ³	Media su 30 min.	97% valori medi su 30 min in un anno
NOX come NO2	200 mg/Nm ³	Media giornaliera	
	400 mg/Nm ³	Media su 30 min.	
	200 mg/Nm ³	Media su 30 min.	97% valori medi su 30 min in un anno
HCl	10 mg/Nm ³	Media giornaliera	
	60 mg/Nm ³	media su 30 min.	
	10 mgN/m ³	media su 30 min.	97% valori medi su 30 min in un anno
HF	1 mg/Nm ³	media giornaliera	
	4 mg/Nm ³	media su 30 min.	
	2 mg/Nm ³	media su 30 min.	97% valori medi su 30 min in un anno
CO	50 mg/Nm ³	media giornaliera	97% valore medio giornaliero su anno
	150 mg/Nm ³	media su 10 min.	95% tutte misure come medie su 10min
	100 mg/Nm ³	media su 30 min.	100% di tutte misure delle medie 30 min su 24 ore
TOC	10 mg/Nm ³	media giornaliera	
	20 mg/Nm ³	media su 30 min.	
	10 mg/Nm ³	media su 30 min.	97% valori medi su 30 min in un anno
Metalli pesanti	0,5 mg/Nm ³	media su campionamento 1 ora	
Cd, Tl e loro composti	0,05 mg/Nm ³	media su campionamento 1 ora	
Hg e suoi composti	0,05 mg/Nm ³	media su campionamento 1 ora	
PCDD/F	0,1 ng/Nm ³	media su campionamento 8 ore	
IPA	0,01 mg/Nm ³	media su campionamento 8 ore	

La rimozione delle polveri

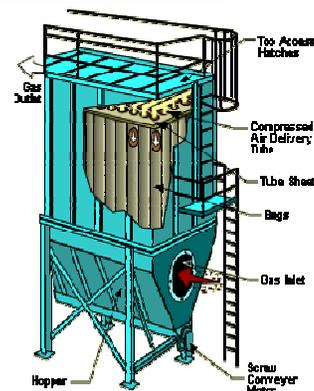
Apparecchiatura	Livelli di concentrazioni	Vantaggi	Svantaggi
Ciclone e multicicloni	Cicloni: 200-300 mg/Nm ³ Multicicloni: 100-150 mg/Nm ³	-Robusti, semplici ed affidabili -Impiegati da sempre come depolveratori	-Utilizzabili solo come apparecchiatura primaria -Consumi elevati di energia
Precipitatore elettrostatico (ESP)	"A secco": < 25 mg/Nm ³ "Ad umido": < 5 mg/Nm ³	-Consumi ridotti -Possibilità di trattare fumi in ampio campo di temperature (150-350 °C) -Numerose applicazioni nel campo dell'incenerimento -Bassi livelli di concentrazioni in uscita	-Non sufficiente da solo a rispettare i limiti vigenti -Limitate applicazioni per l'incenerimento -Produzione di acque di scarico
Filtro a maniche	< 5 mg/Nm ³	-Largamente applicato per l'incenerimento -Bassi livelli di concentrazioni in uscita -Partecipa anche all'abbattimento degli inquinanti acidi	-Consumi relativamente alti (rispetto a ESP) -Influenzato negativamente dalla condensazione e dell'umidità e dalla corrosione



PRECIPITATORE ELETTROSTATICO



FILTRO A MANICHE





Il trattamento dei fumi

La rimozione degli inquinanti gassosi – Gas acidi (SO₂, HCl, HF)

I principali gas acidi sono l'anidride solforosa (SO₂), l'acido cloridrico (HCl) e l'acido fluoridrico (HF) che derivano dalla trasformazione di sostanze a base di zolfo, cloro e fluoro.

Per la rimozione dei gas acidi vengono impiegati tre diversi processi:

- ➔ assorbimento ad umido;
- ➔ assorbimento a secco;
- ➔ assorbimento a semisecco.

I trattamenti dei gas acidi sono di norma preceduti da una depolverazione primaria per limitare il carico di polveri in arrivo e per separare le polveri di combustione da quelle derivanti dai processi di abbattimento dei gas acidi, provvedendone una diversa destinazione.

PROCESSO		VANTAGGI	SVANTAGGI
SECCO	Calce	Realizzazione impiantistica semplice Basso costo di investimento Assenza di effluenti liquidi Manodopera ridotta Facilità di inertizzazione dei residui	Gestione poco flessibile: operazione di iniezione calce delicata; regolazione difficile; basso margine di variazione della temperatura Alto eccesso stechiometrico Bassa reattività per singolo passaggio: necessità di effettuare riciccoli In caso di regolamentazioni più severe, non offre margini di evoluzione Notevole produzione di residui solidi da conferire in discarica (previa inertizzazione)
	Bicarbonato di Sodio	Realizzazione impiantistica e gestione dell'impianto semplici Costi di investimento e di gestione ridotti Manodopera ridotta Assenza di effluenti liquidi Possibilità di recupero dei residui sodici (minore richiesta di discarica) Ampio campo di temperature operative	Apprezzabile consumo massiccio del reattivo (anche se si utilizza un debole eccesso in confronto allo stechiometrico: $K \approx 1,2$) Costo del reattivo elevato (anche se l'insieme delle voci del costo di gestione risulta ridotto) Residui solidi più solubili: in assenza di valorizzazione, la stabilizzazione diventa più difficile (se si usano leganti idraulici tradizionali)
SEMI-SECCO		Costi di investimento limitati (intermedi tra il processo a secco e quello ad umido) Assenza di effluenti liquidi	Consumo di acqua Produzione isignificativa di residui (anche se inferiore ai processi a secco) Consumo isignificativo di reagente (anche se inferiore ai processi a secco); possibilità di riciccolo Gestione delicata dovuta alla fase di preparazione del reagente
UMIDO		Basso consumo di reattivi (soda) Bassa produzione di residui solidi e residui separati (ceneri volanti – torta, ecc.) Lisciviazione dei metalli pesanti contenuti nella torta minimizzata Possibilità di evoluzione facile (basta aggiungere una seconda torre) Grande flessibilità di funzionamento	Necessità di un trattamento acque Grande produzione di effluenti liquidi Costi di investimento elevati (legati al trattamento delle acque) Notevoli consumi di acqua e di elettricità Manodopera supplementare in rapporto agli altri processi (sorveglianza e mantenimento della catena di condizionamento degli effluenti)



Il trattamento dei fumi

La rimozione degli inquinanti gassosi – Ossidi di azoto (NO_x)

Per il controllo della formazione degli NO_x durante la combustione è di importanza rilevante l'adozione di misure cosiddette primarie, cioè finalizzate a prevenire la formazione degli ossidi di azoto agendo su parametri quali la distribuzione dell'aria, la fluidodinamica in camera di post-combustione, il ricircolo di fumi depurati o l'utilizzo di aria arricchita in ossigeno e di low-NO_x burners.

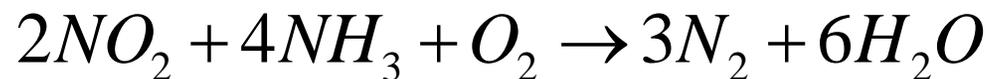
Queste misure non sono sufficienti a garantire i limiti di emissione, per cui si ricorre all'utilizzo di misure secondarie in grado di far reagire chimicamente gli ossidi di azoto.

Esistono due tecniche di riduzione secondaria:

- la riduzione di tipo catalitico (SCR, Selective Catalytic Reduction);
- la riduzione di tipo termico (SNCR, Selective Non Catalytic Reduction).

Come agenti riducenti vengono utilizzati l'ammoniaca in soluzione acquosa o additivi di processo contenenti urea.

Le reazioni di riduzione su cui si basano i due processi sono:

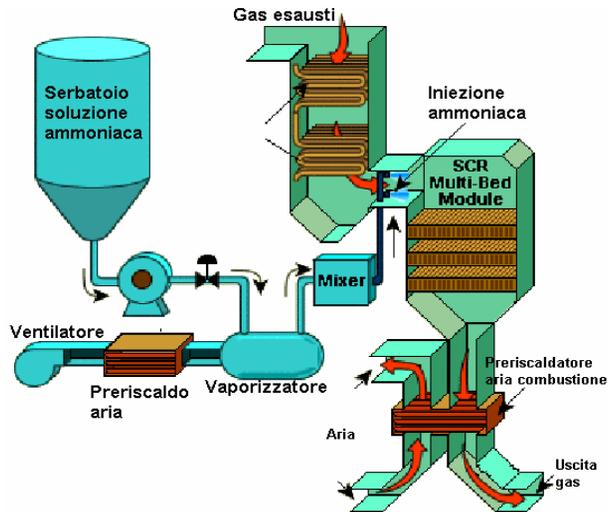


Il trattamento dei fumi

La rimozione degli inquinanti gassosi – Ossidi di azoto (NO_x)

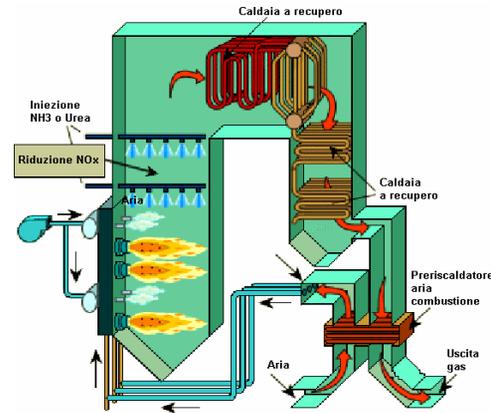
SCR \rightarrow 270°C – 380°C

SNCR \rightarrow 850°C – 1050°C



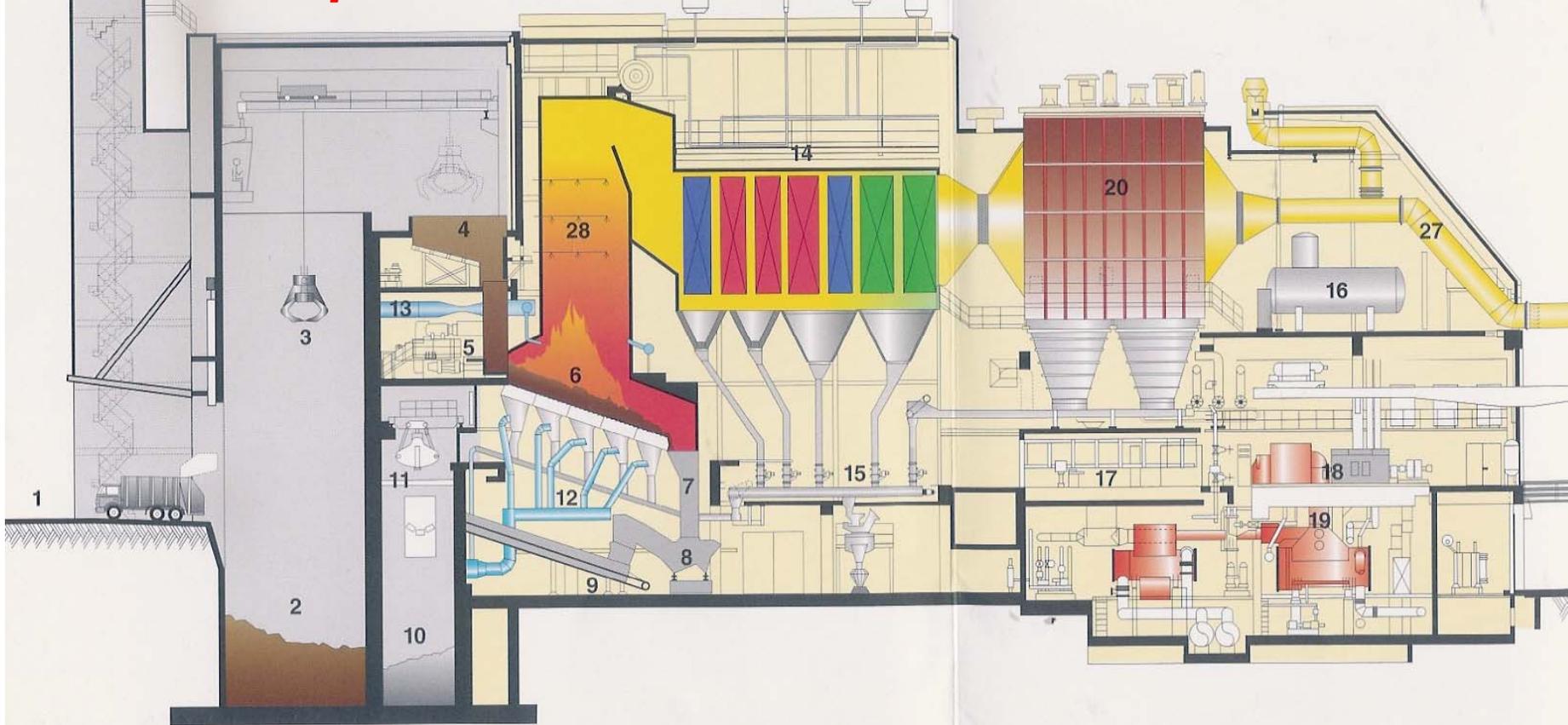
SCR

Agisce anche sulla rimozione di diossine



Sistemi	Vantaggi	Svantaggi
SNCR	- semplicità impiantistica - bassi costi di investimento e di gestione	- efficienza di abbattimento di $\approx 50\%$ - possibilità di fughe di ammoniacia
SCR	- alta efficienza ($\sim 80\%$) - rischio minimo di fughe di ammoniacia	- elevati costi di investimento e di gestione - pericolo di avvelenamento del catalizzatore - complessità impiantistica

Impianto con trattamento ad umido >>



6- griglia

7,8,9,10 caduta e raccolta scorie

12 Aria primaria

13 Aria secondaria

15 raccolta ceneri

14 generatore vapore

28 immissione spray di urea

abbattimento non catalitico NOx

20 filtro elettrostatico

18, 19 TAV e condensatore

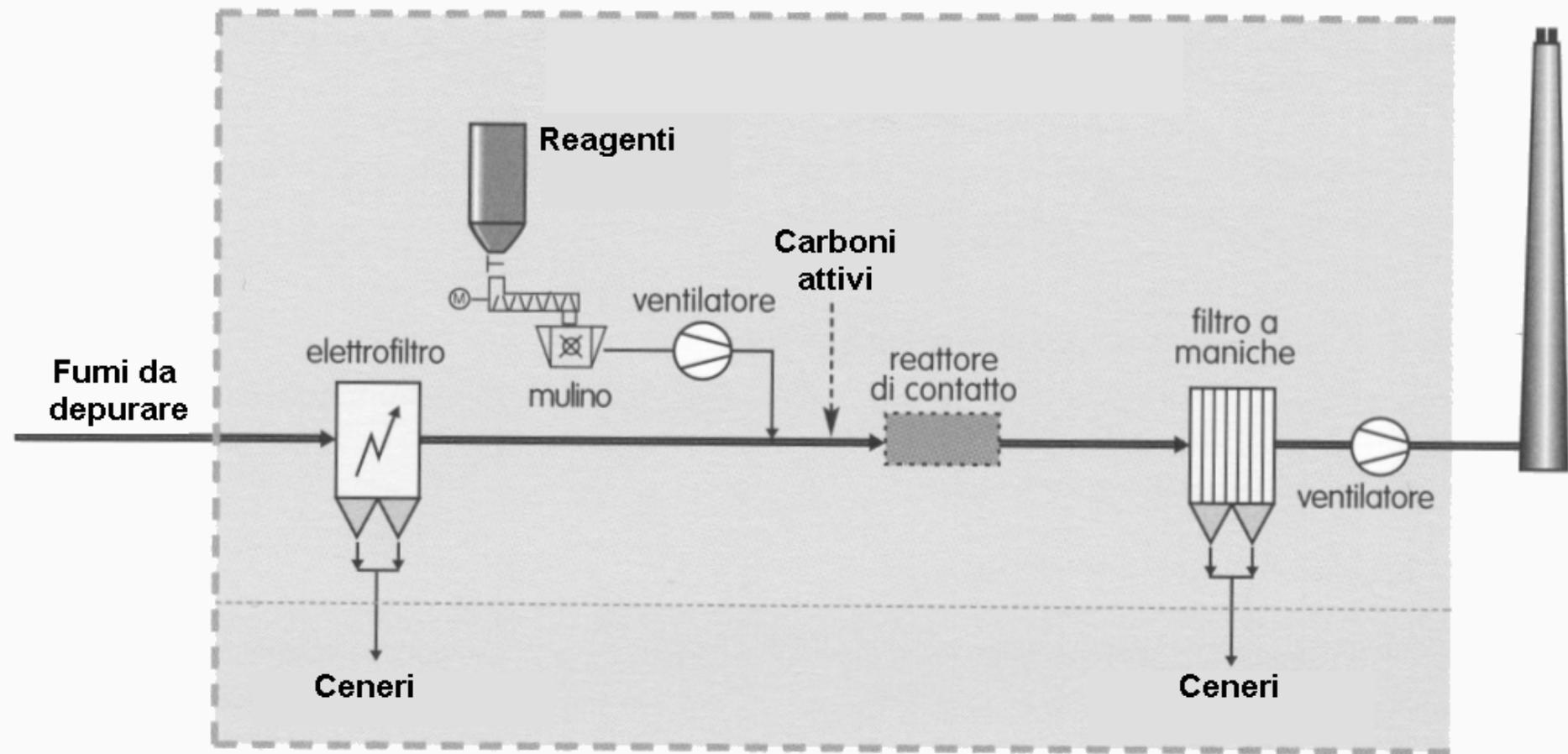
27 Iniezione adsorbenti per
diossine/furani

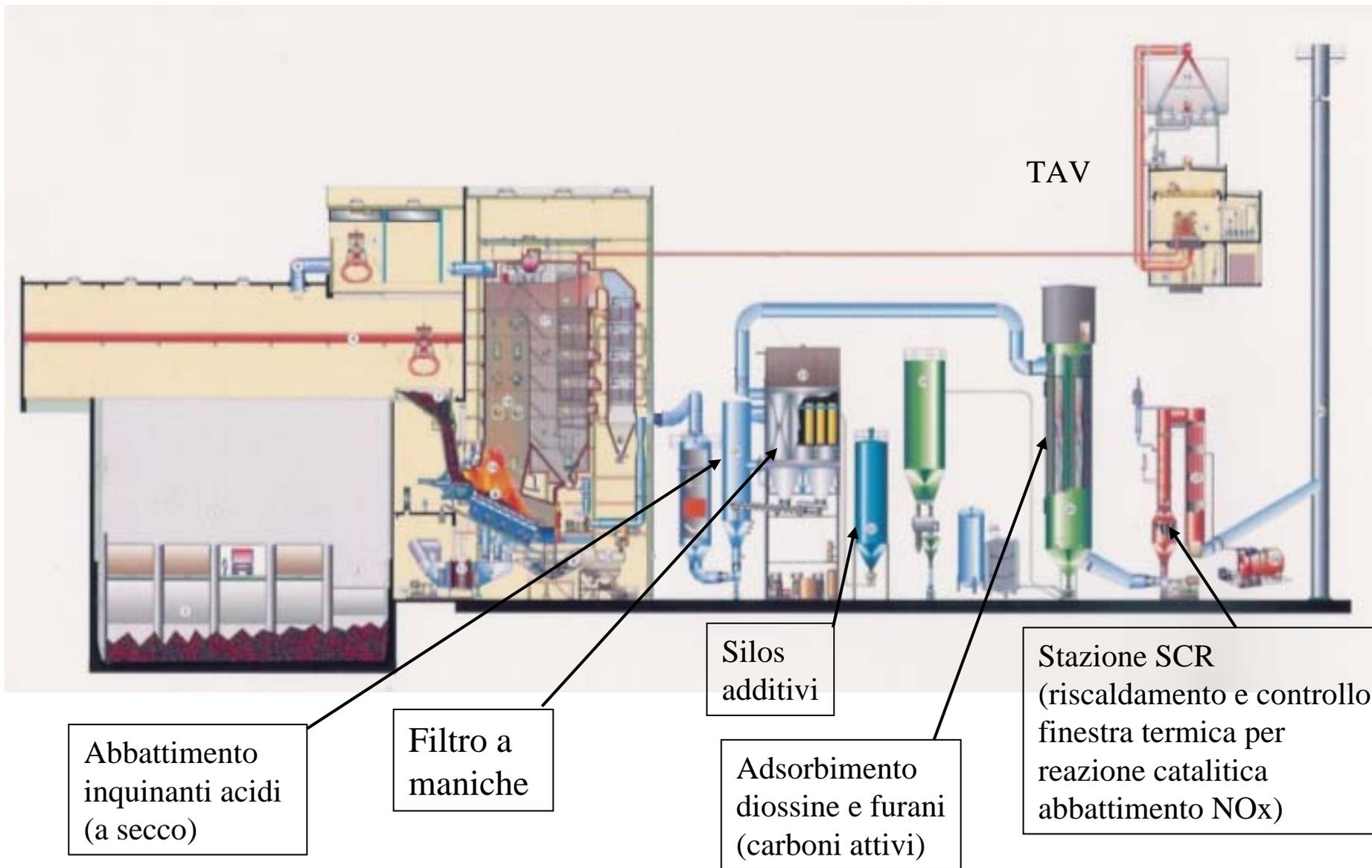


>> Impianto con trattamento ad umido



22,23,24 Scrubber lavaggio fumi







Confronto fra i fattori di emissione macroinquinanti...

	TU BRESCIA		ENEL
	2002	2003	2003
SO ₂ [g/kWh]	0,024	0,012	0,90
NO _x [g/kWh]	0,562	0,573	0,60
PTS [g/kWh]	0,001	0,002	0,03

RAPPORTO
AMBIENTALE ASM
TU - BRESCIA

RAPPORTO
AMBIENTALE ENEL



Microinquinanti: tecnologie di riduzione

<u>PCDD/PCDF</u>	Controllo appropriate condizioni di combustione	T > 850 °C O ₂ > 6% t > 2 secondi
	Adsorbimento attraverso l'iniezione di carbone	I carboni attivi vengono iniettati nei fumi insieme ai reagenti dei sistemi a secco. E' necessario un filtro a maniche finale. Con i carboni attivi si ottiene l'eliminazione contemporanea anche di metalli pesanti volatili (mercurio).

<u>Mercurio (Hg)</u>	Nei sistemi a secco e a semisecco	Iniezione nei fumi di carboni attivi come per i microinquinanti organici.
	Nei sistemi ad umido	Aggiunta di particolari additivi (solfuri o derivati) alla soluzione di lavaggio. Non è in grado di abbattere il mercurio se presente a valenza zero. Questo può succedere se nei fumi c'è poco HCl e molto SO ₂ (es. combustione fanghi biologici).
<u>Metalli pesanti:</u> Cd, Tl e Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn		I metalli pesanti meno volatili sono presenti nelle polveri fini e vengono eliminati dai fumi con una buona filtrazione, per es. nel filtro a maniche finale.

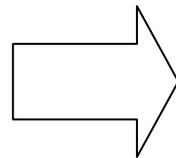


Confronto fra i fattori di emissione: microinquinanti...

Impianto	I - TEQ (ng/Nm ³)	I - TEQ (ng/Nm ³) rif. O ₂ 11%
A	0.0024	0.0020
B	0.0283	0.0360
C linea 1 linea 2	0.0227	0.0275
	0.0043	0.0043
Limite di riferimento		0.1 ng/Nm³

I limiti normativi sono stabiliti per garantire la salvaguardia della salute umana → il rispetto del limite garantisce valori di concentrazione di tutela per il recettore

La necessità di garantire il controllo delle emissioni in tutte le condizioni di impiego e la forte disomogeneità del “combustibile” rende necessarie condizioni di marcia ben al di sotto dei limiti:

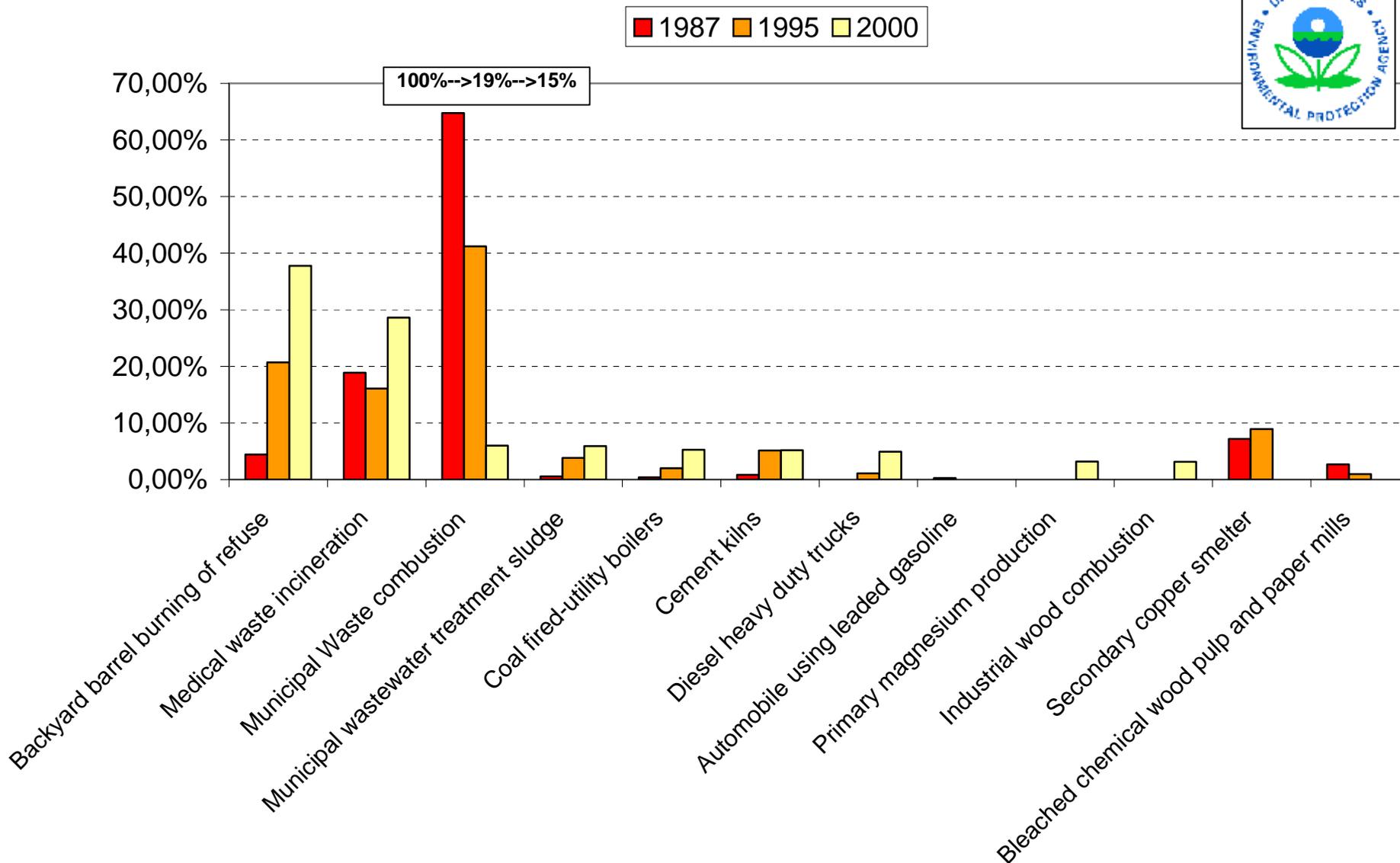


- Maggiori costi di trattamento
- Alti livelli di garanzia ambientale

Impianto	Sb, As, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Cu, Sn, V mg/Nm ³ rif. O ₂ 11%	FE (mg/tRSU)	Cd, Tl mg/Nm ³ rif. O ₂ 11%	FE (mg/tRSU)	Hg mg/Nm ³ rif. O ₂ 11%	FE (mg/tRSU)
A	0.021-0.071	150-406	0.00008-0.0002	0.47-1.4	0.0004-0.001	3-12
B	0.014 - 0.032	122-205	0.0010 - 0.0018	7-11	0.001-0.025	6.4-217
limiti	0.5		0.05		0.05	



Emissioni di diossine da diversi settori: andamento temporale



Emissioni di diossine da diversi settori: in aria, acqua e residui solidi

Altre fonti di emissione ?

Riduzione a circa 1/3 dal 1993 al 2004

	<u>Releases to air</u> g TEQ/yr		Releases to water g TEQ/yr		<u>Products and wastes, g TEQ/yr</u>	
	1993	2004	1993	2004	1993	2004
Iron and steel works and pellet plants	2-20	5.9-8.6 ↑	-	-	28	-
Non-ferrous metal works and foundries	5	5.6-10.3 ↑	-	-	3-17	<2
Cement industry	3-6	0.2-0.3	-	-	-	-
Pulp and paper industry	1	1.2	1.5-5	<0.1	3-9	<5
Chlor-alkali industry	-	-	0.28-0.6	0.001-0.02	0.25	0.008-0.26
Fossil fuel-fired boilers	0.7-3	<4 ↑	-	-	-	-
Small-scale wood burning and large-scale burning of biomass fuels	3.5-18	<14 ↑	-	-	-	<11
Waste incineration	3	1.1 ↓			0.6-2.4	~ 160
Landfill fires	2.8-30	0.4-65	-	-	-	-
Road transport	0.2-1.4		-	-		
Shipping to and from Swedish ports		0.2-0.5	-	-		

Le diossine si ritrovano nelle fly ash



Emissioni di diossine: aspetti tecnologici

Dal punto di vista tecnologico oggi si è in grado di ridurre gli impatti ambientali ben al di sotto delle condizioni limite richieste dalle vigenti leggi.

Siamo nella fase tecnologica di ricerca di soluzioni alternative per il recupero dei sovralli solidi residuali (15-25%): recupero inerti, riuso di sovralli sodici, produzione di pellet inerti vetrosi etc.).

La tecnologia (per effetto della pressione imposta dalla normativa ambientale) si spinge oggi verso un livello di controllo del sistema dei sovralli anche solidi e liquidi e non più al solo problema del controllo delle emissioni in atmosfera.

Come estrema punta del ragionamento, in Giappone si introduce il concetto di bilancio complessivo di output.



Emissioni di diossine: produzione da diverse sorgenti

Fattori di Emissione		
MSW incineration EPA	2,82	ngTEQ/kg Waste
MSW incineration 503/97	0,8	ngTEQ/kg Waste
MSW incineration ITA	0,272	ngTEQ/kg Waste
MSW incineration ITA ante 503/97	6,790	ngTEQ/kg Waste
concentrazione diossine fumi	0,1	ngTEQ/Nm ³
produzione fumi waste	8	Nm ³ /kg waste
veicoli benzina	1,5	pgTEQ/km
veicoli diesel	172	pgTEQ/km
backyard barrel burning	72,8	ngTEQ/kg Waste

...quanti rifiuti prodotti?

...quanti km percorsi?



Emissioni di diossine: produzione da diverse sorgenti

ipotesi di bilancio familiare		
componenti famiglia	2,6	numero/famiglia
produzione RUI media	500	kg/ab/anno
efficienza di RD	40,00%	%
RUI a termovalorizzazione	300	kg/ab/anno
produzione di diossina per famiglia (limite)	624,00	ng/anno
produzione di diossina per famiglia (ITA)	212,22	ng/anno
presenza veicoli diesel	3.500,00	km/anno
presenza veicoli benzina	5.000,00	km/anno
produzione di diossina per famiglia	1584,7	ng/anno

...simile ordine di grandezza

...analoga sensibilità per i due problemi!

Conclusioni:

- l'emissione di diossine dalla combustione industriale dei rifiuti è paragonabile a quella derivante da altri settori
- la tecnologia di riduzione dai fumi di combustione garantisce livelli ben al disotto dei limiti normativi
- l'attenzione va comunque mantenuta alta, per questo ed altri settori (pericolosità legata all'accumulo ...)



Emissioni di microinquinanti: cadmio (Cd)

TDI = Total Daily Intake

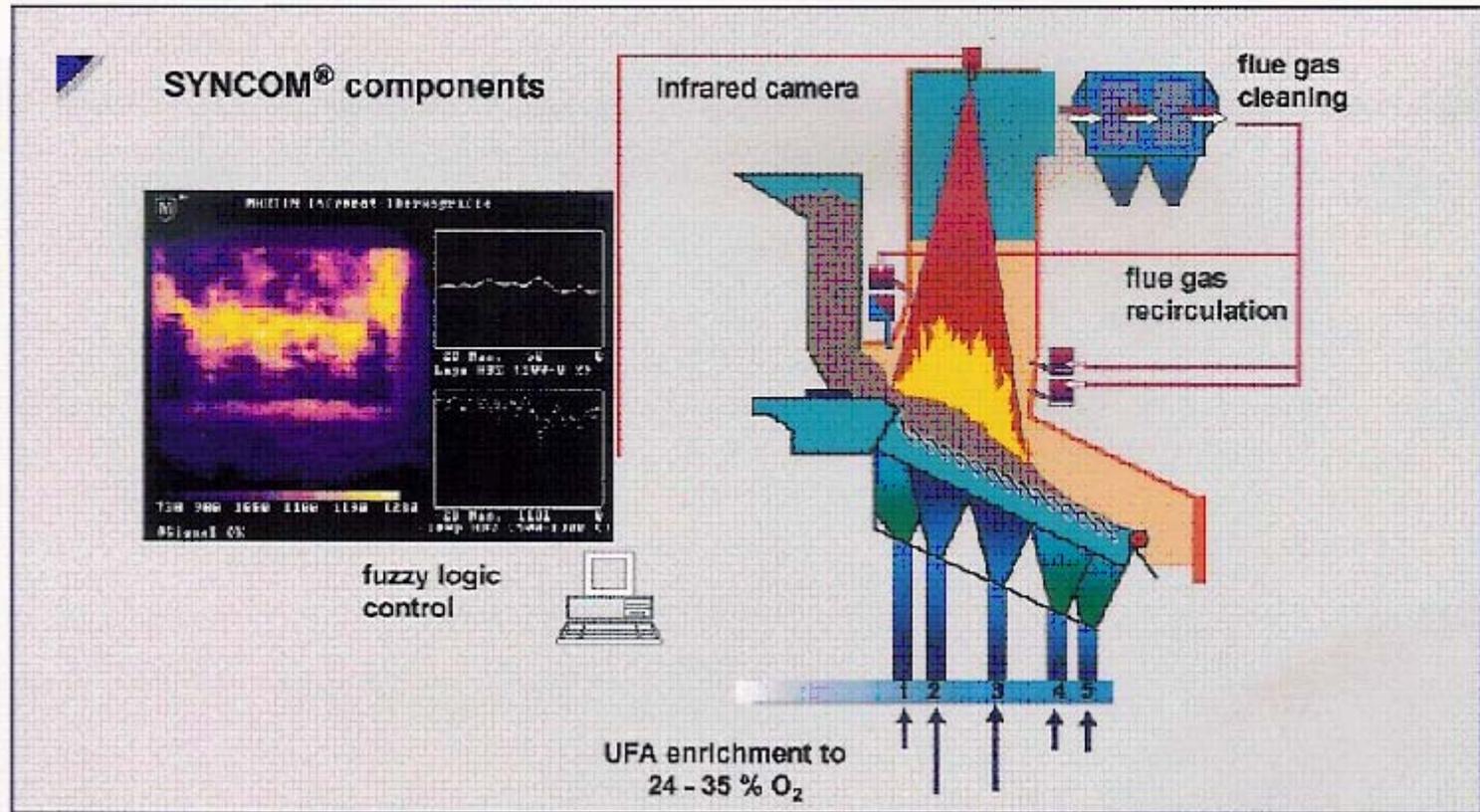
TDI dovuta alla vicinanza a termovalorizzatore		
effetto inalazione		
TDI	1	mcg/kg
dose tollerabile	58	mcg/d
inalazione da termovalorizzazione	0,00007415	mcg/d
concentrazione nei fumi di Cd	0,05	mcg/m ³
coefficiente di assunzione inalato (minimo)	30,00%	%
coefficiente di assunzione inalato (massimo)	64,00%	%
assunzione per inalazione (minimo)	0,000022245	mcg/d
assunzione per inalazione (massimo)	0,000047456	mcg/d
assunzione rispetto alla TDI (minimo)	0,000038%	%
assunzione rispetto alla TDI (massimo)	0,000082%	%
effetto ingestione suolo		
decay annuo	0,06	
deposizione	2,66300	mcg/m ² /anno
concentrazione nel suolo	0,000166881	mcg/kg
ingestione suolo media annua	0,002131909	mcg/anno
ingestione suolo media giornaliera	5,84085E-06	mcg/d
assunzione rispetto alla TDI	0,000010%	%
assunzione totale massimo	5,32968E-05	mcg/d
assunzione totale massima rispetto alla TDI	0,000092%	%



Emissioni di microinquinanti: produzione di cadmio (Cd)

ipotesi di bilancio familiare		
componenti famiglia	2,6	numero/famiglia
produzione RUI media prov. di PT	500	kg/ab/anno
efficienza di RD	40,00%	%
RUI a termovalorizzazione	300	kg/ab/anno
MSW incineration 503/97	400	mcg/kg Waste
WtE new generation (ITA)	11,148	mcg/kg Waste
produzione Cd per famiglia (limite)	312000,00	mcg/anno
produzione Cd per famiglia (ITA)	8695,44	mcg/anno
Produzione da veicoli		
veicoli benzina	0,404795	mcg/km
veicoli diesel	0.106557	mcg/km
produzione Cd da veicoli	6232,0037	mcg/anno

...stesso ordine di grandezza



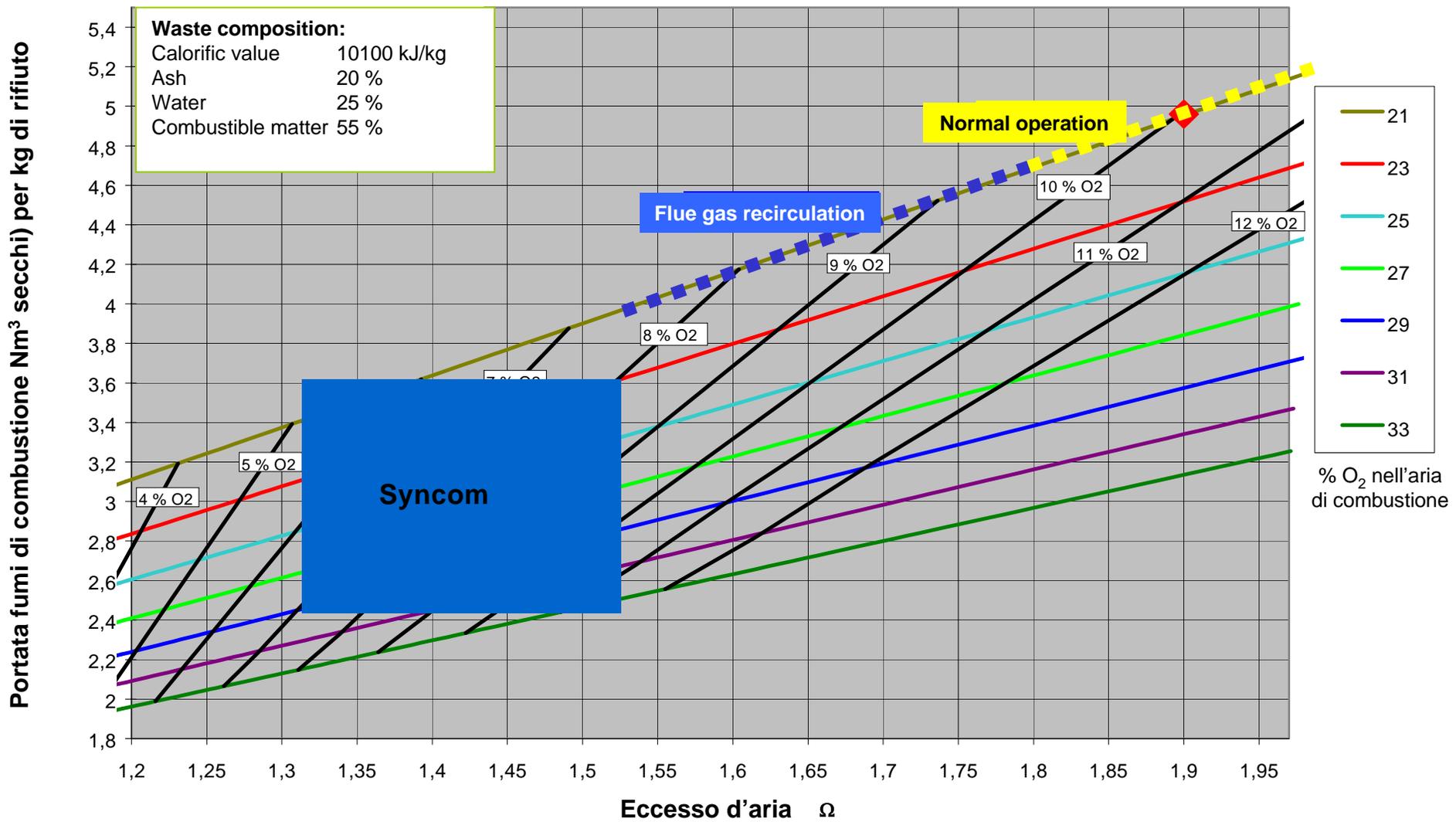
Vantaggi : miglior controllo della combustione e quantità minori di emissioni prodotte
minor volumi di fumi (- 40%) da trattare, riduzione del 25% delle ceneri volanti
riduzione di circa il 50% del costo di abbattimento (ammortamento impianti e costi per additivi ecc.)

Svantaggio : costo processo arricchimento in O₂

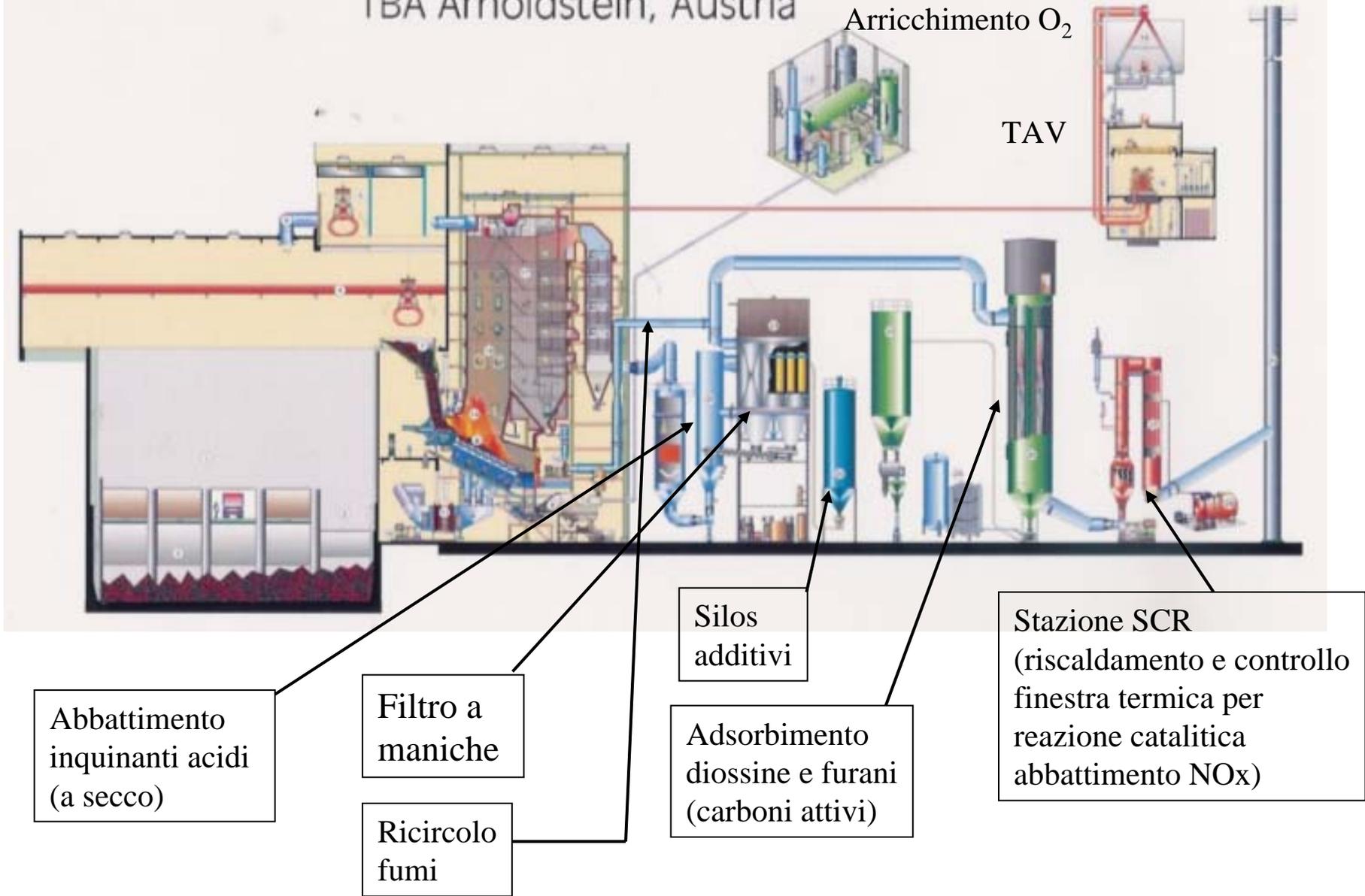


Evoluzioni tecnologiche

Riduzione della portata dei fumi di combustione



TBA Arnoldstein, Austria





Termovalorizzatori con forno a griglia nei principali paesi europei in costruzione o in aggiudicazione nel 2003

	COSTRUZIONE	APPALTO
Gran Bretagna	9	3
Germania	17	8
Francia	10	2
Austria	3	1
Svizzera	3	2
Svezia	7	3
Danimarca	5	1
Norvegia	-	2
Finlandia	-	6
Olanda	2	1
Belgio	2	1
	58	30

88 impianti – Potenzialità 16.000 t/anno – Popolazione servita 50.000.0000



Riferimenti bibliografici



- European Union, **Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal of the European Communities**, pp. L182/1-19 (July 1999).
- International Solid Wastes Association, Energy from Waste, State-of-the Art Report, <http://www.wte.org/>.
- Bonomo, A., **WTE Advances: The Experience of Brescia**, Keynote presentation at the 11th North American Waste-to-Energy Conference, Tampa FL (April 2003).
- Kiser, Jonathan V.L. and Maria Zannes, **The 2002 IWSA Directory of Waste-to-Energy Plants**, Integrated Waste Service Association, Washington DC (2002).
- Martin GmbH, <http://www.martingmbh.de/>.
- Von Roll Inova Corp., www.vonrollinova.ch/english/index.html.
- Letter to M. Zannes of IWSA from EPA Assistant Administrators Marianne Horinko and Jeffrey Holmstead (14 February 2003).
- US EPA., Docket A-90-45,VIII. B.11 (Office of Air Quality Planning and Standards, 2002).
- Deriziotis, P., M. S. Thesis, Columbia University and N. J. Themelis, **Substance and perceptions of environmental impacts of dioxin emissions**, Proceedings of the 11th North American Waste-to-Energy Conference, ASME International, Tampa FL (April 2003).
- Themelis,N.J. and Gregory, A., Mercury Emissions from High Temperature Sources in Hudson Basin, **Proceedings NAWTEC 10**, Solid Wastes Processing Division, ASME International, pp. 205-215 (May 2002).
- Berenyi, E., **Methane Recovery from Landfill Yearbook**, 5th Edition, Governmental Advisory Associates, Westport, CT (1999).
- Themelis,N.J. and H.Y. Kim, Material and Energy Balances in a Large-scale Aerobic Bioconversion Cell, **Waste Management and Research**, 20:234-242 (2002).
- Franklin Associates, **The role of recycling in integrated waste management in the US, Rep. EPA/530-R-96-001**, USEPA, Munic. Industrial Waste Division, Washington, DC. 1995.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, **Climate Change 2001: The Scientific Basis** p.244, Cambridge Press (2001).
- Graedel,T.E. and P.J. Crutzen, **Atmospheric Change: An Earth System Perspective**, W.H. Freeman Press New York (1993).
- S.A.Thorneloe, S. A., Weitz, K.A., Mishtala, S. R., Yarkosky, S., and Zannes, M., **The Impact of Municipal Solid Waste Management on Greenhouse Gas Emissions in the United States**, Vol. 52, pp. 1000-1011 (September 2002).
- Batchelor,D., Eeraerts, D., and Smits, P., Greenhouse gas abatement - assessing WTE and landfill disposal, **Waste Management World**, pp.43-47, September-October 2002.
- Ayalon,O.,Avnimelech,Y. and Shechtner, M., Alternative solid waste treatment options to reduce global greenhouse gases emissions - the Israeli example, **Waste Management & Research**, Vol. 18, no. 6, pp. 538-544 (2000).
- Tchobanoglous,G.,Theisen, H., and Vigil, S., **Integrated Solid Waste Management**, Chapter 4, McGraw-Hill, New York (1993).