



Sviluppi tecnologici dei trattamenti termici dei rifiuti

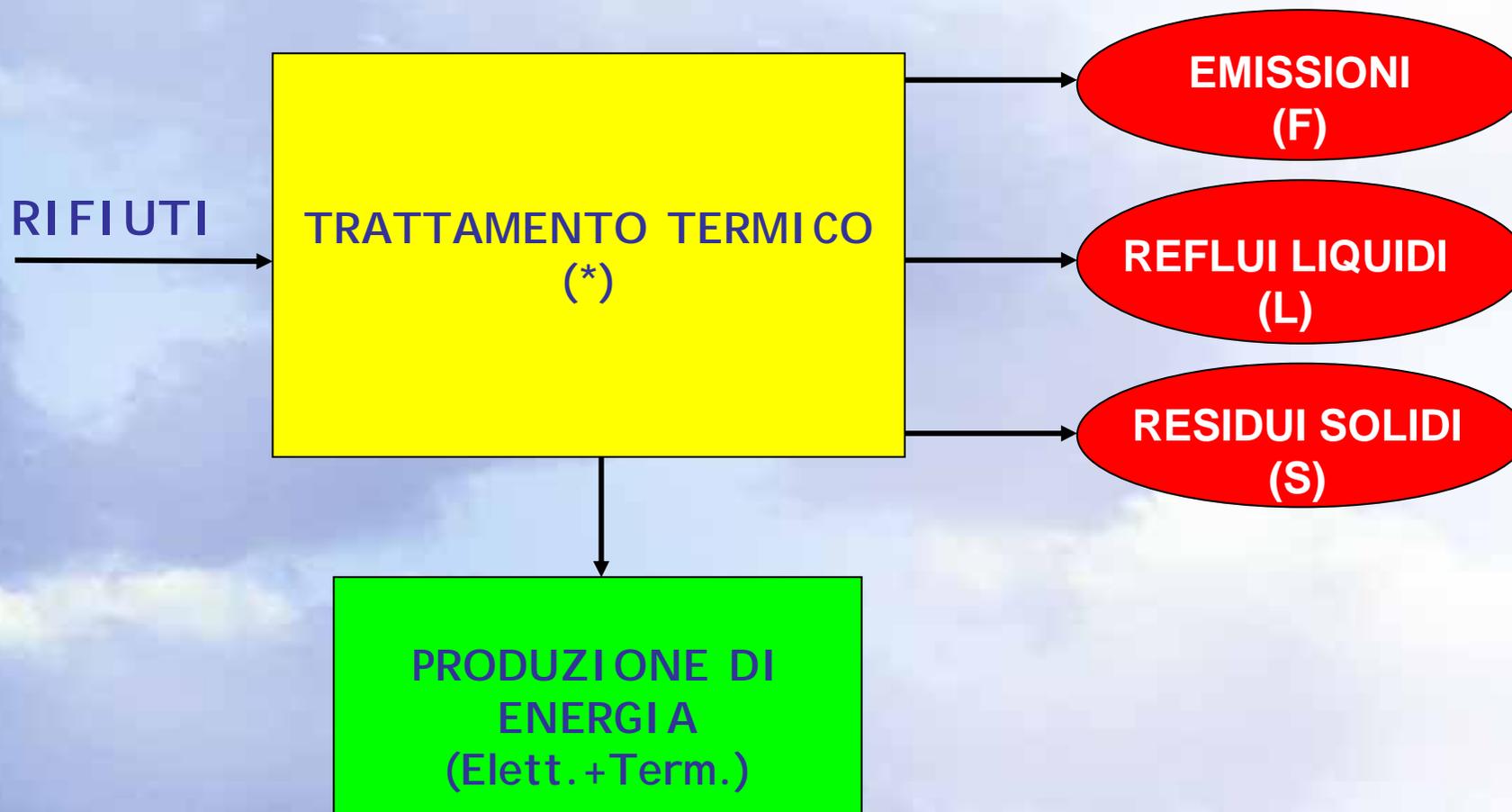
Pasquale De Stefanis

ENEA

Dipartimento Ambiente, Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

*Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007*

I trattamenti termici dei rifiuti

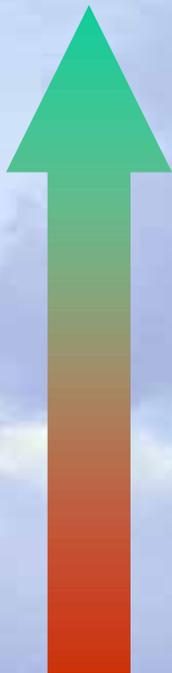


(*) Inclusi pretrattamento rifiuto, conversione, trattamenti (F + L + S), ecc.

I trattamenti termici nel ciclo di gestione dei rifiuti

Trattamenti termici dei rifiuti

Sostenibilità
massima



Sostenibilità
minima



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

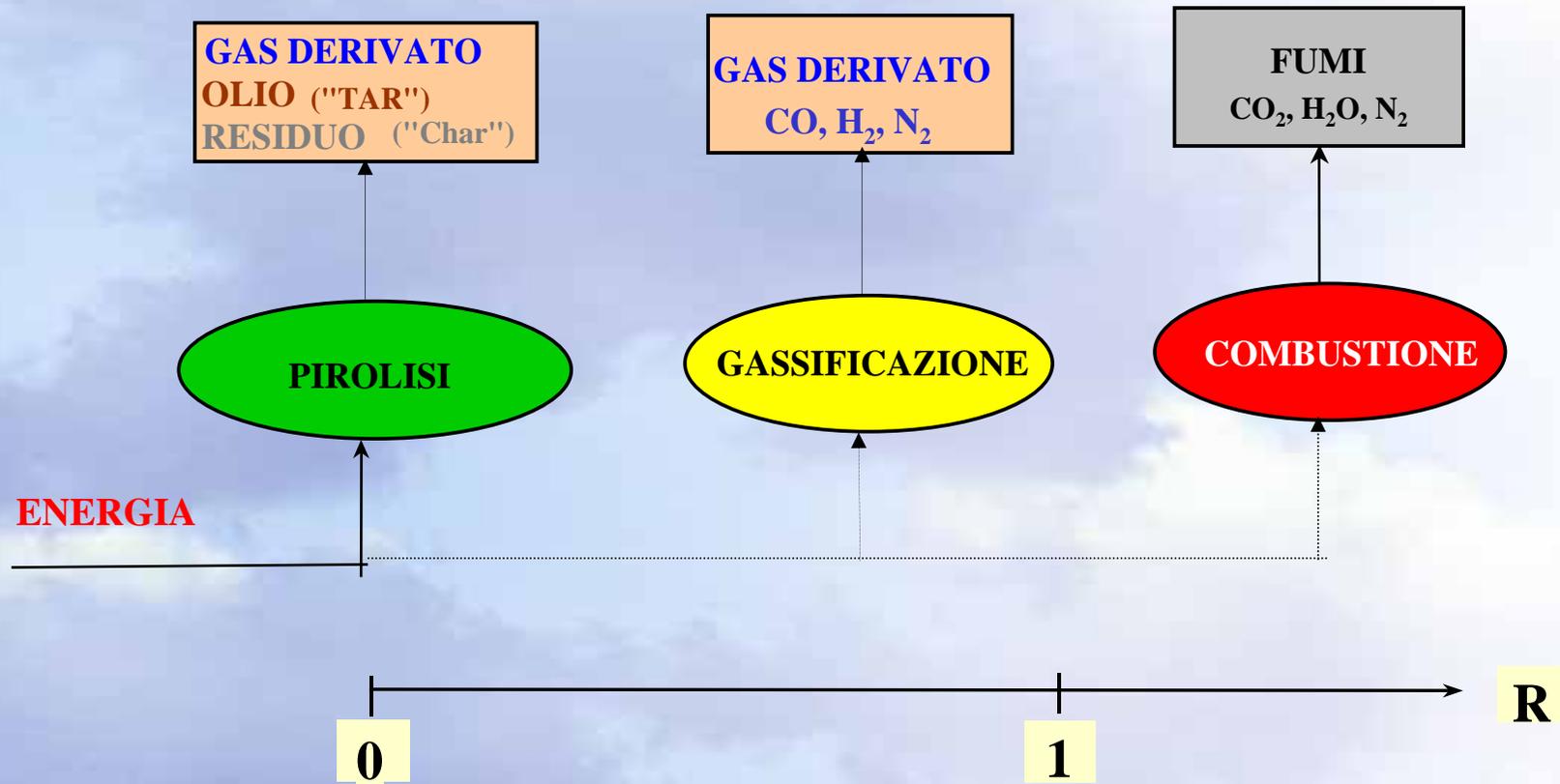
ENEA

Composizione dei RU e opzioni di gestione

Frazione	Composiz. (% p)	Riciclo	Compost. (TMB)	Combustione (TT)	Discarica
Carta e cartone	24	Si	Si ?	Si	Si
Organico / verde	31	--	Si	Si	Si
Plastiche pesanti	7,8	Si?	--	Si	Si
Plastiche leggere	5,2	Si?	--	Si	Si
Vetro	7,0	Si	--	--	Si
Metalli ferrosi	2,4	Si	--	--	Si
Metalli non ferrosi	0,6	Si	--	--	Si
Legno	4,6	Si	Si ?	Si	Si
Tessili	1,6	Si?	--	Si	Si
Vari combustibili	0,8	--	--	Si	Si
Vari inerti	2,0	--	--	--	Si
Sottovaglio	13,0	--	--	Si ⁽¹⁾	Si
TOTALE	100,0	53,2	59,6	81,5	100,0

(1) In modo parziale: 50%

I processi di trattamento termico

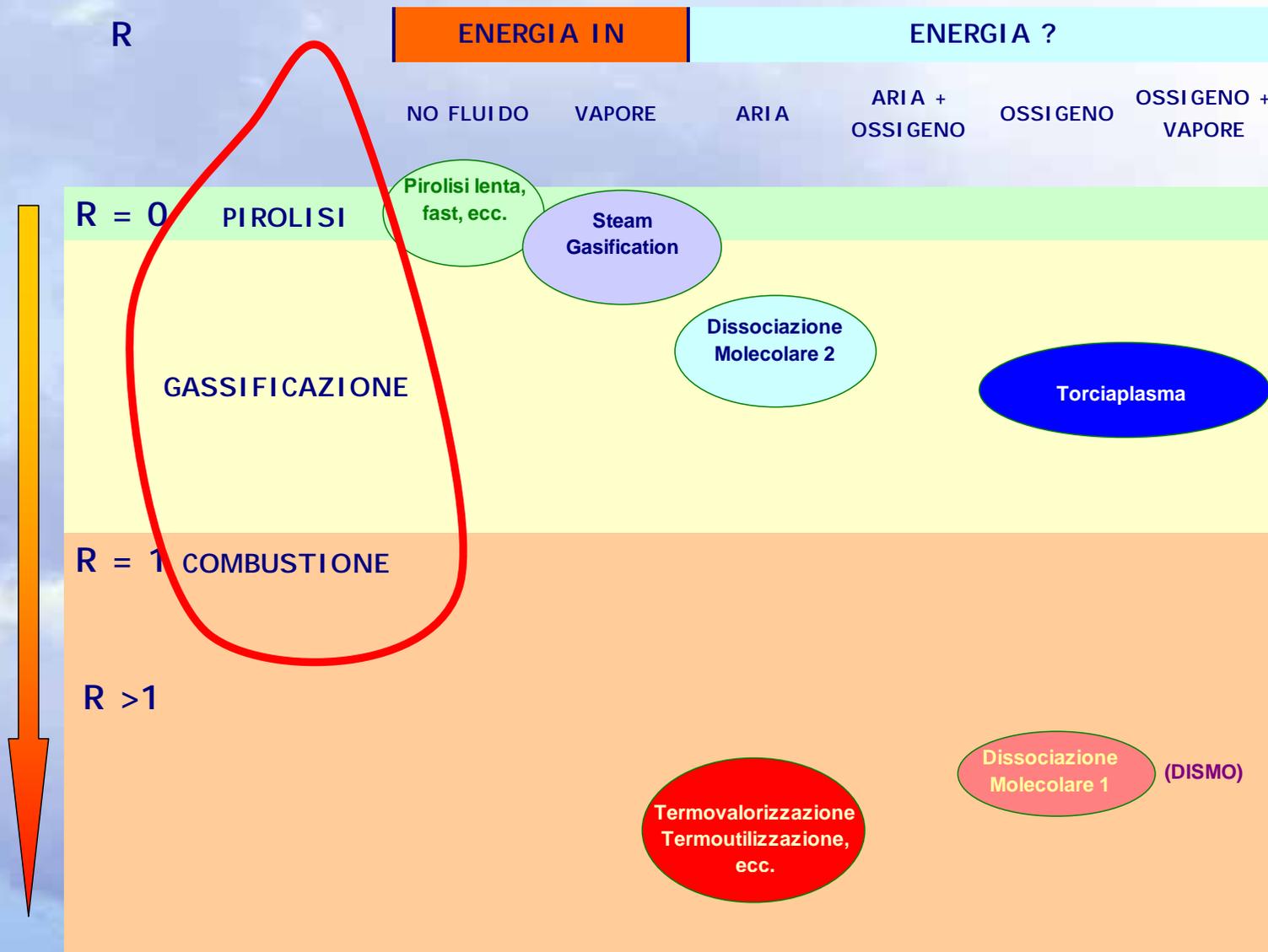


$$R = \frac{\text{ARIA EFFETTIVA (O}_2\text{) ALIMENTATA}}{\text{ARIA STECHIOMETRICA (O}_2\text{) NECESSARIA}}$$

Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

La "fantasia" nei trattamenti termici dei rifiuti

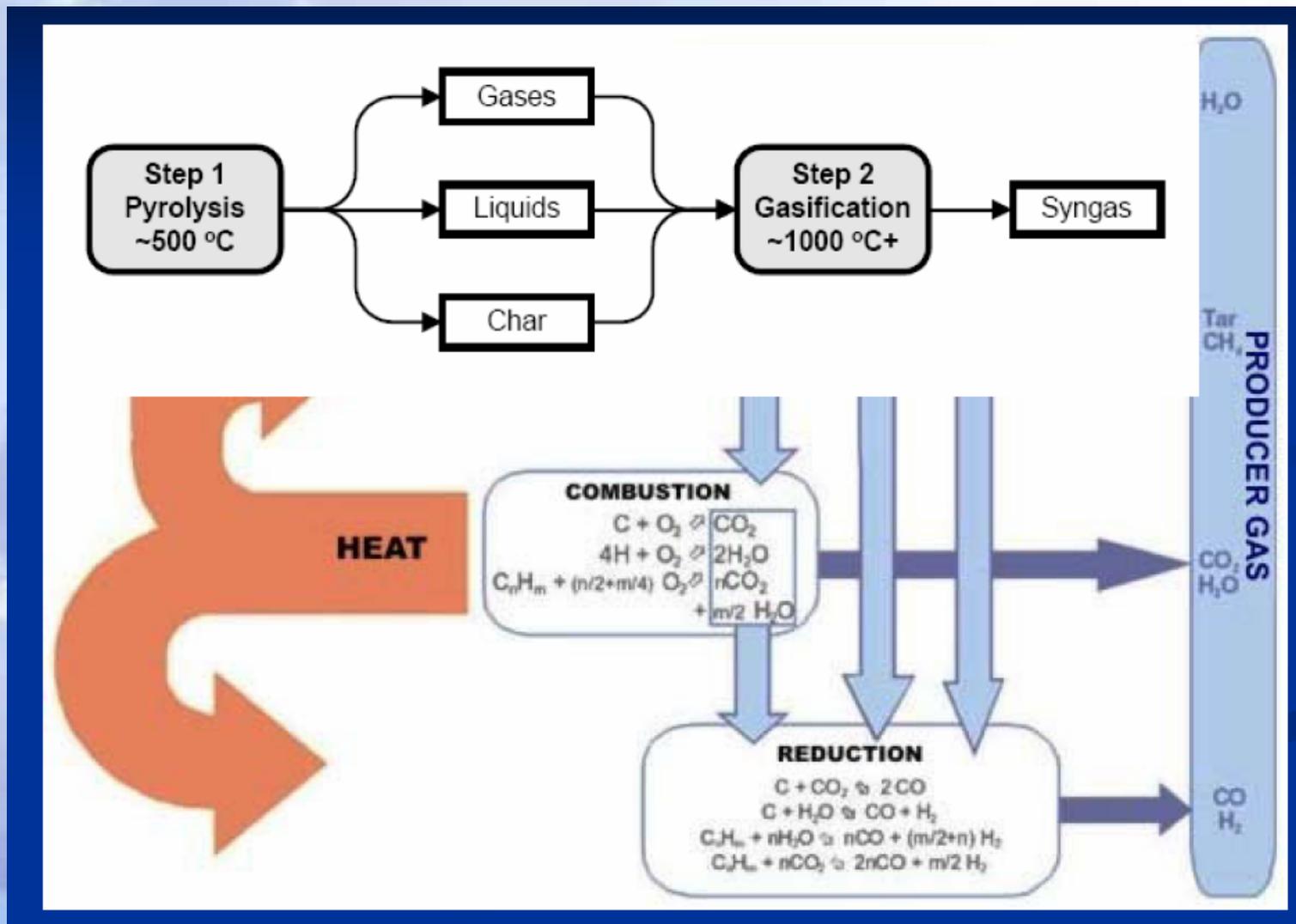
Trattamenti termici dei rifiuti



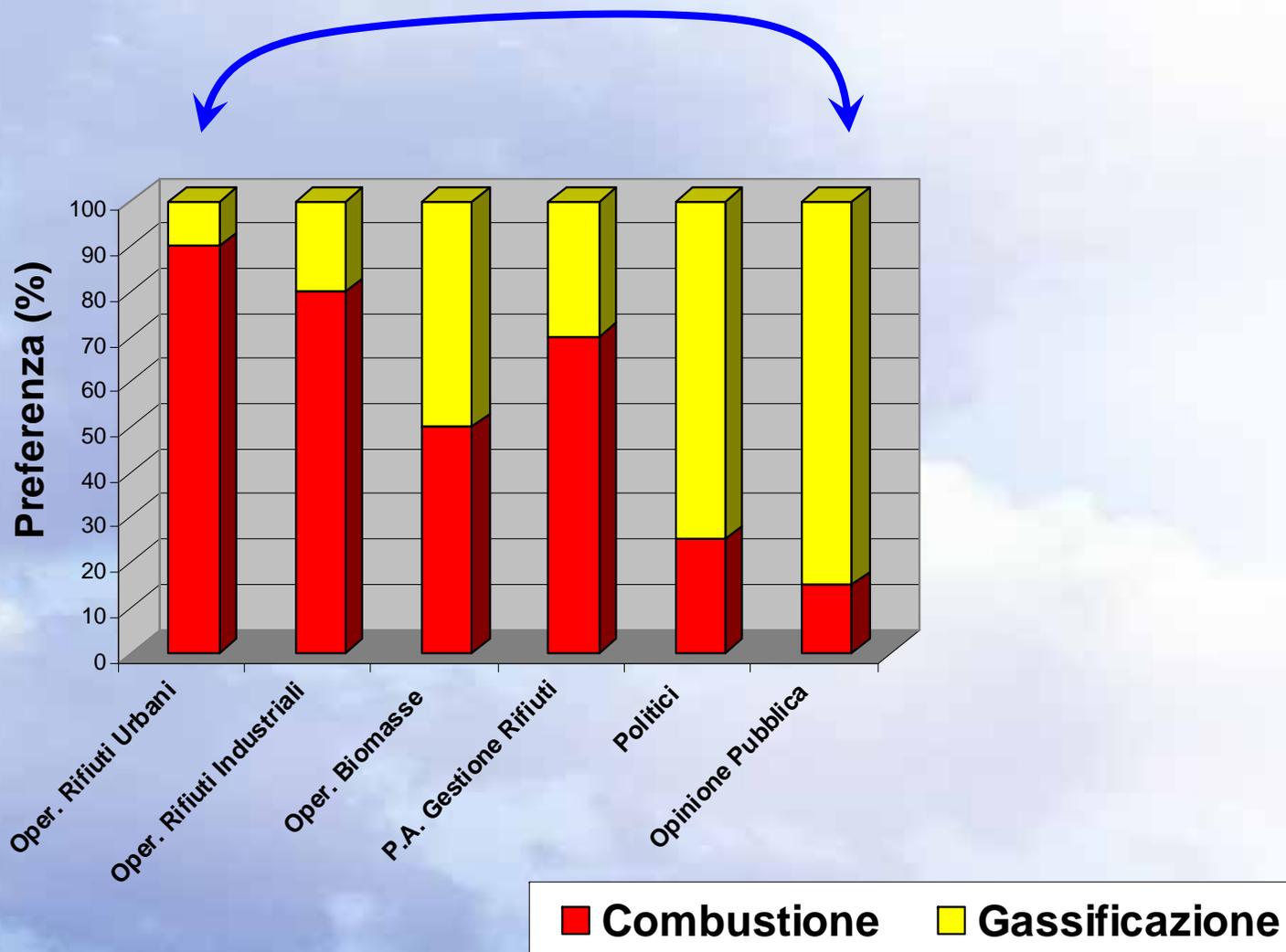
Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007



Gassificazione/Pirolisi



Combustione diretta o gassificazione (pirolisi)?



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Requisiti richiesti

- Provata, consolidata, referenziata
- Flessibile, di agevole gestione e controllo
- Di elevata affidabilità e ridotta richiesta di manutenzione
- A costi accettabili, ma soprattutto certi
- A ridotto impatto sull'ambiente (emissioni gassose, reflui liquidi, residui solidi)
- Energeticamente efficiente ed efficace (massimo recupero e minimi autoconsumi, costanti nel tempo)
- A rischio minimo in termini di sicurezza e di salute
- Integrata con la realtà locale

Le tecniche di riferimento

Direttiva "IPPC" 96/61/CE sulla
"prevenzione e riduzione integrate
dell'inquinamento"

ripresa a livello nazionale dal DLgs 59/2005



Definizione delle
"Migliori Tecniche Disponibili" (MTD)

o

"Best Available Techniques" (BAT)
individuate dal
"BRef", "BAT Reference Document"

Le tecniche di riferimento

A livello europeo:

“Reference Document on the Best Available Techniques for
Waste Incineration (BRef)
Final document, August 2006

A livello nazionale

“Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione
delle migliori tecniche disponibili per gli impianti
di incenerimento dei rifiuti”

D.M. 29 gennaio 2007 S.O. G.U. 07 giugno 2007, n. 130

BRef su gassificazione/pirolisi (tab. 4.9)

- ❑ Applicabilità ad un gamma ristretta di rifiuti
- ❑ Capacità di trattamento mediamente inferiori
- ❑ Costi di trattamento mediamente superiori
- ❑ Richiesta di personale qualificato
- ❑ Non consolidate o ancora in fase di sviluppo

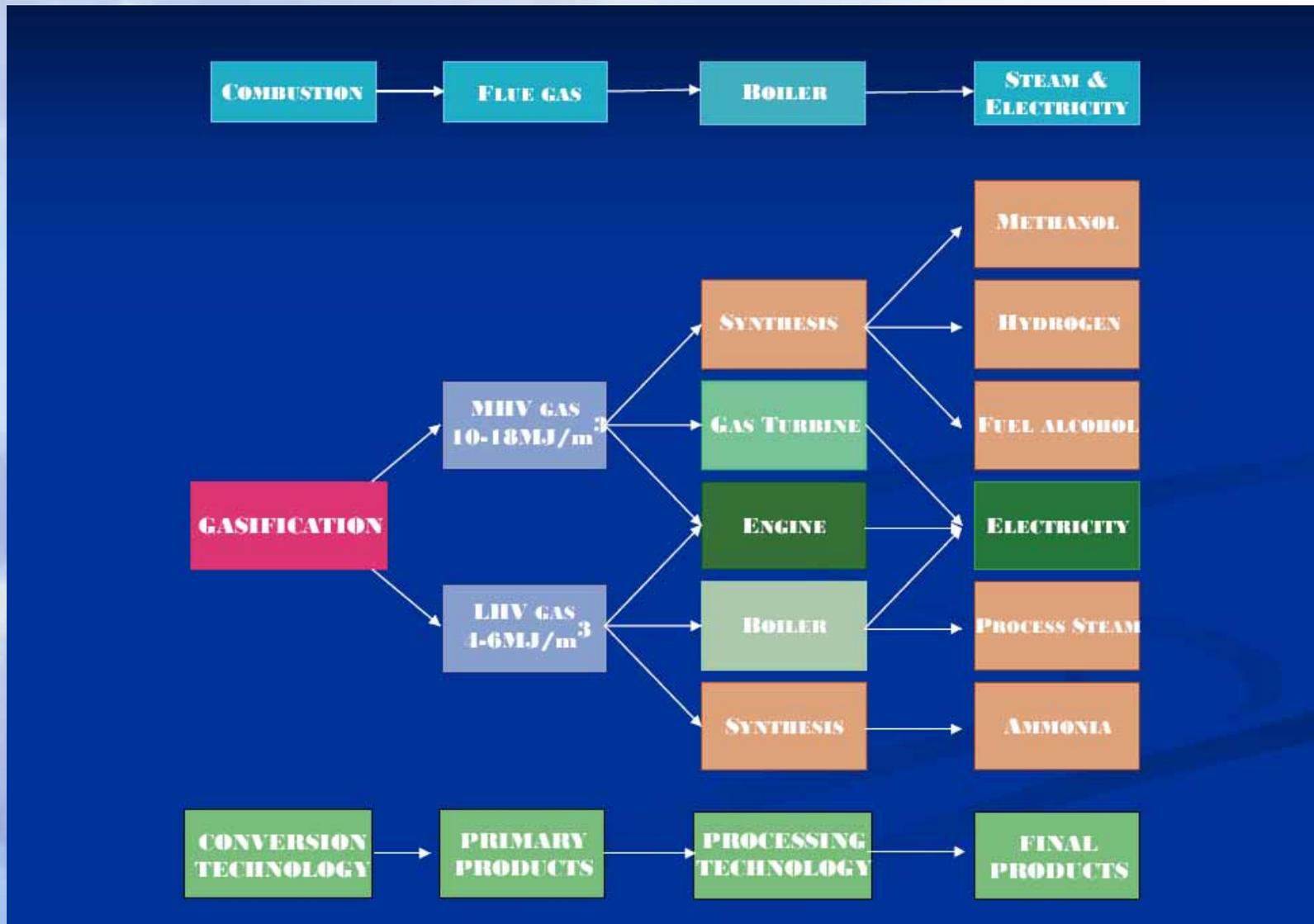
I "PRO": Potenzialità ed "immagine"

- ❑ Potenziali maggiori recuperi energetici e possibilità di recupero di materia (gas derivato, sottoprodotti)
- ❑ Competitività economica per impianti di taglia medio-piccola
- ❑ Migliore adattamento a specifiche realtà locali (sviluppo PMI, principio di prossimità, liberalizzazione mercato EE)
- ❑ Problematiche e costi crescenti per lo smaltimento dei residui da incenerimento
- ❑ Immagine negativa dell'incenerimento
- ❑ "Percezione" che le nuove tecniche siano ambientalmente più compatibili ed a più elevato contenuto tecnologico
- ❑ Forte azione di "marketing" da parte dei vari proponenti

I "CONTRO": Le problematiche ancora aperte

- ❑ Sistemi di alimentazione rifiuti e scarico ceneri
- ❑ Monitoraggio e controllo dei parametri operativi in tempo reale
- ❑ Sintesi di gas di sintesi
- ❑ **In sintesi:**
- ❑ **Maggiore complessità impiantistico e gestionale**
- ❑ **Minori affidabilità, disponibilità, sicurezza**
- ❑ **Rischio nella realizzazione e gestione degli impianti**
- ❑ Ottimizzazione del recupero energetico dai gas di sintesi
- ❑ Trattamento e gestione dei residui ed effluenti liquidi
- ❑ Difficoltà di scale-up, cioè di trasferire a impianti di taglia industriale le innovazioni messe a punto su scala ridotta
- ❑ Carenza di criteri tecnico-economici affidabili in grado di definire la scala e le condizioni di esercizio ottimali del processo

Gassificazione vs Combustione



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

“Convenzionale” e “Nuovo” a confronto

	Combustione	Gassificazione/pirolisi
Impatto ambientale:	Molto buono	Potenzialmente migliore
Recupero energetico:	Buono	Potenzialmente superiore
Recupero sottoprodotti e residui:	In sviluppo	Migliore anche se mercato non stabile. Potenziale recupero di materia.
Aspetti tecnici	Tecnologia consolidata ed affidabile	Problematiche tuttora irrisolte ⁽¹⁾
Aspetti gestionali: ⁽²⁾	Definiti e controllabili	Non ancora dimostrati
Costi di investimento ed esercizio:	Piuttosto elevati, ma definiti	Non facilmente definibili, ma simili a combustione o superiori

(1) Pulizia del gas di sintesi, alimentazione rifiuti e scarico residui, difficoltà di “scale up”, elevati consumi endogeni, ecc.

(2) Controllo del processo, affidabilità, richiesta di manutenzione, sicurezza

Efficienze nette di produzione di E.E. a confronto

Trattamento:	Combust.	Gassificazione/Pirolisi		
Produtz. E. E.	Ciclo a vapore	Ciclo a vapore	Motore a gas	IGCC
Efficienza dichiarata		14-20%	13-24%	34%
Efficienza realistica	19-27%	9-20%	13-24%	23-26%

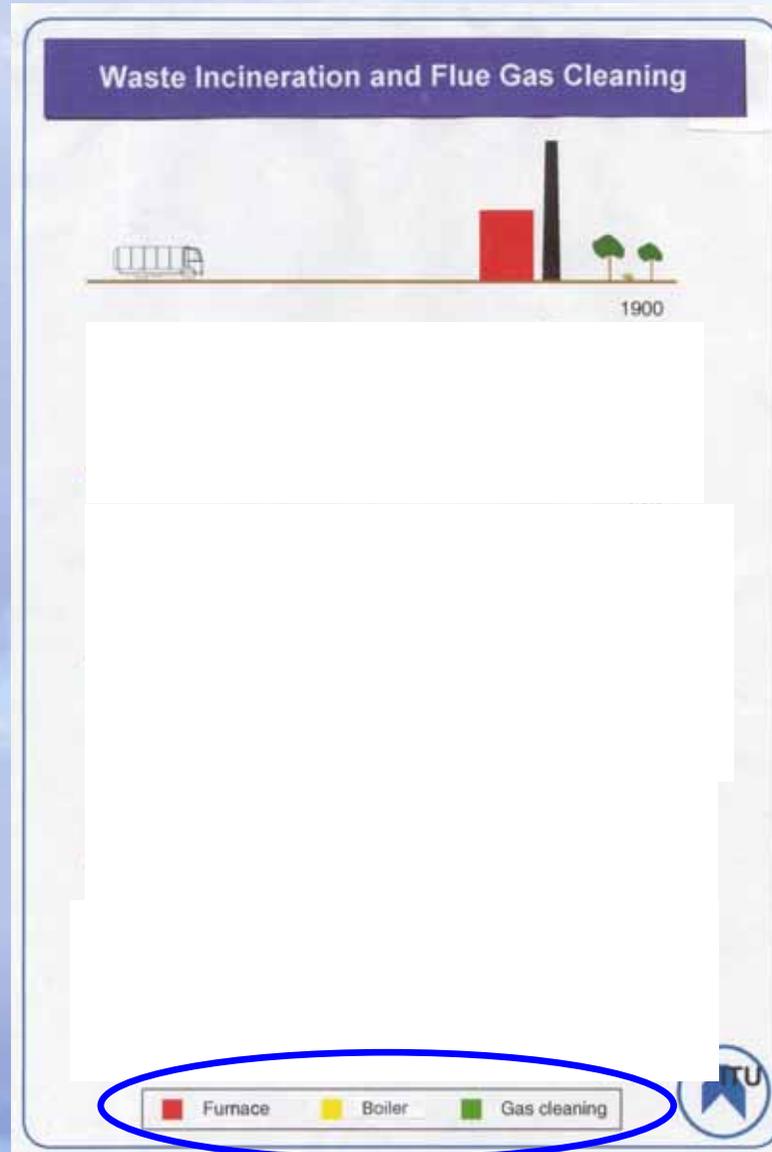
Livelli di emissione a confronto

Table 5.2 Environmental Characteristics of Main Thermal Waste Treatment Processes

Process Represented by Manufacturer	Thermal Gasification Thermoselect/ Kawasaki	Pyrolysis + Vitrification Mitsui R21 (Siemens)	Thermal Pre - treatment/ Pyrolysis Noell/Technip /TechTrade	Thermal After – treatment Von Roll RCP	Combustion with energy recovery Best Available Technology (BAT)	2000/76/EC Directive Limit mg/Nm ³
Particles	0.2	<0.05	<1	<0.5	<1	10
TOC	2	<1	1	<0.5	<2	10
HCL	<0.2	<0.5	<0.5	<0.5	<1	10
HF	<0.1	<0.05	<0.1	<0.1	<0.1	1
SO ₂	<1	<0.7	<5	<1.5	<5	50
NO _x	<10	Nm³/KWh netto prodotto				200
CO	<3	<2.3	<5	<8	<10	50
Cd / Tl	<0.002	<0.002	<0.0035	<0.001	<0.001	0.05
Hg	0.007	0.006	<0.006	<0.001	<0.001	0.05
Heavy Metals	<0.04	<0.05	<0.04	<0.006	<0.05	0.5
PCDD/ PCDF ng/Nm ³	(<0.02)	<0.005	<0.01	<0.01	<0.05	0.1
Nm ³ flue-gas per tonne of waste	3130	3470	2800	3200	3950-4800	n.a.

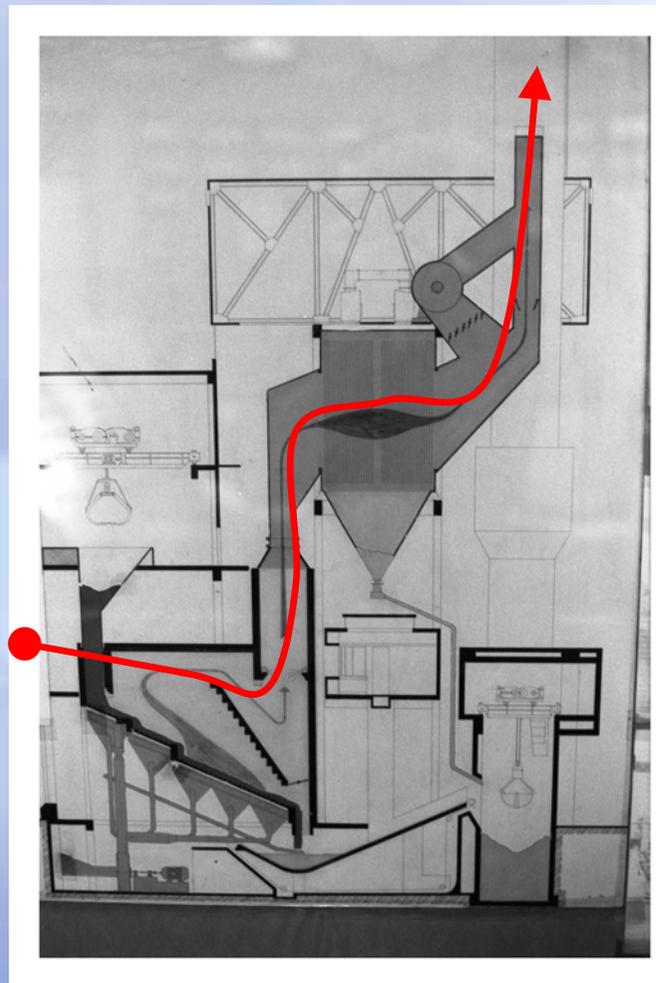
Müll-Handbuch, Blatt 7106, Erich Schmidt Verlag, 1997 - modified according to updated information 2001.

Evoluzione dell'incenerimento



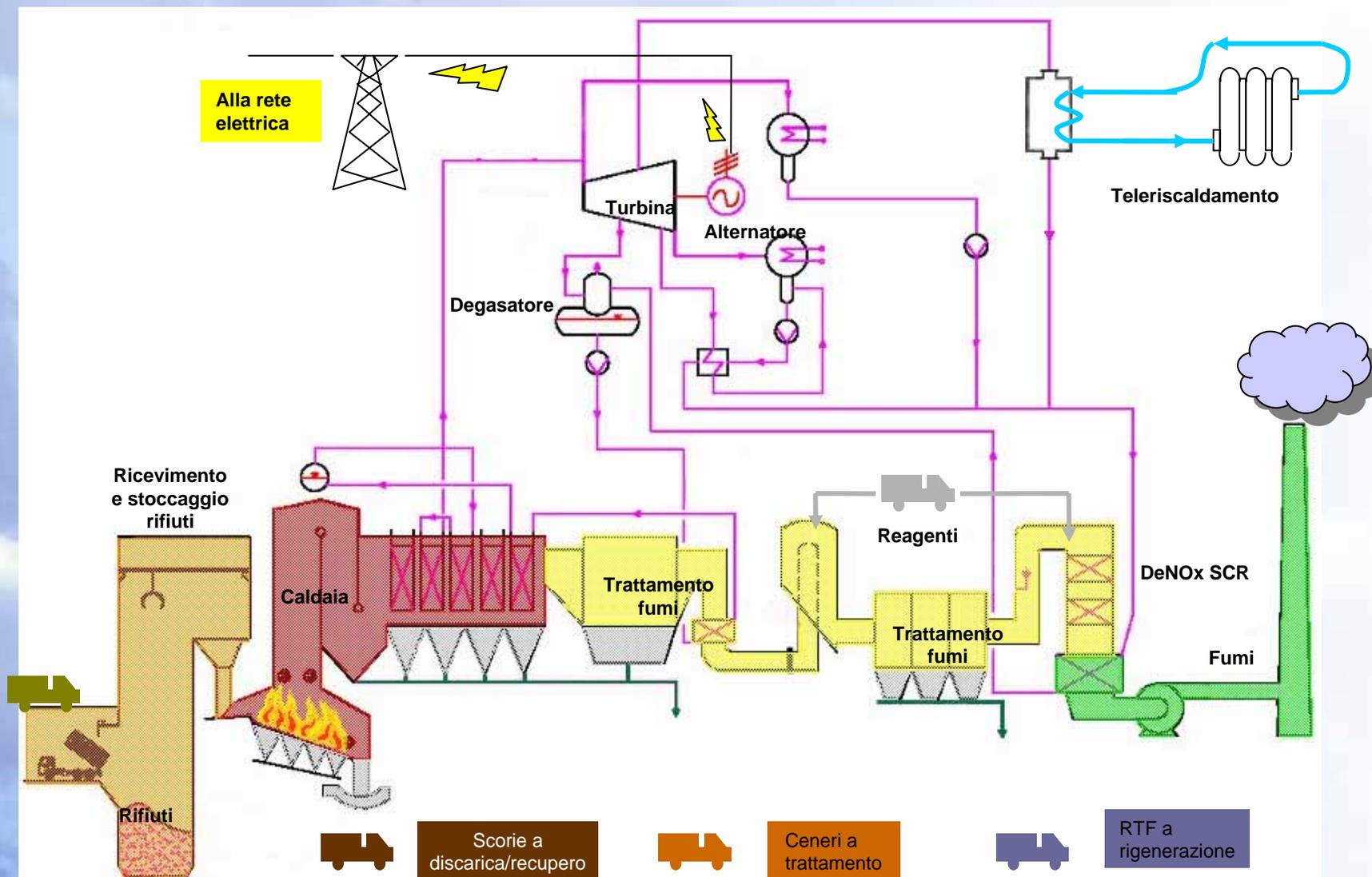
Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Il vecchio inceneritore



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Il moderno impianto di recupero energetico



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Evoluzione dei livelli di emissione (mg/Nm³)

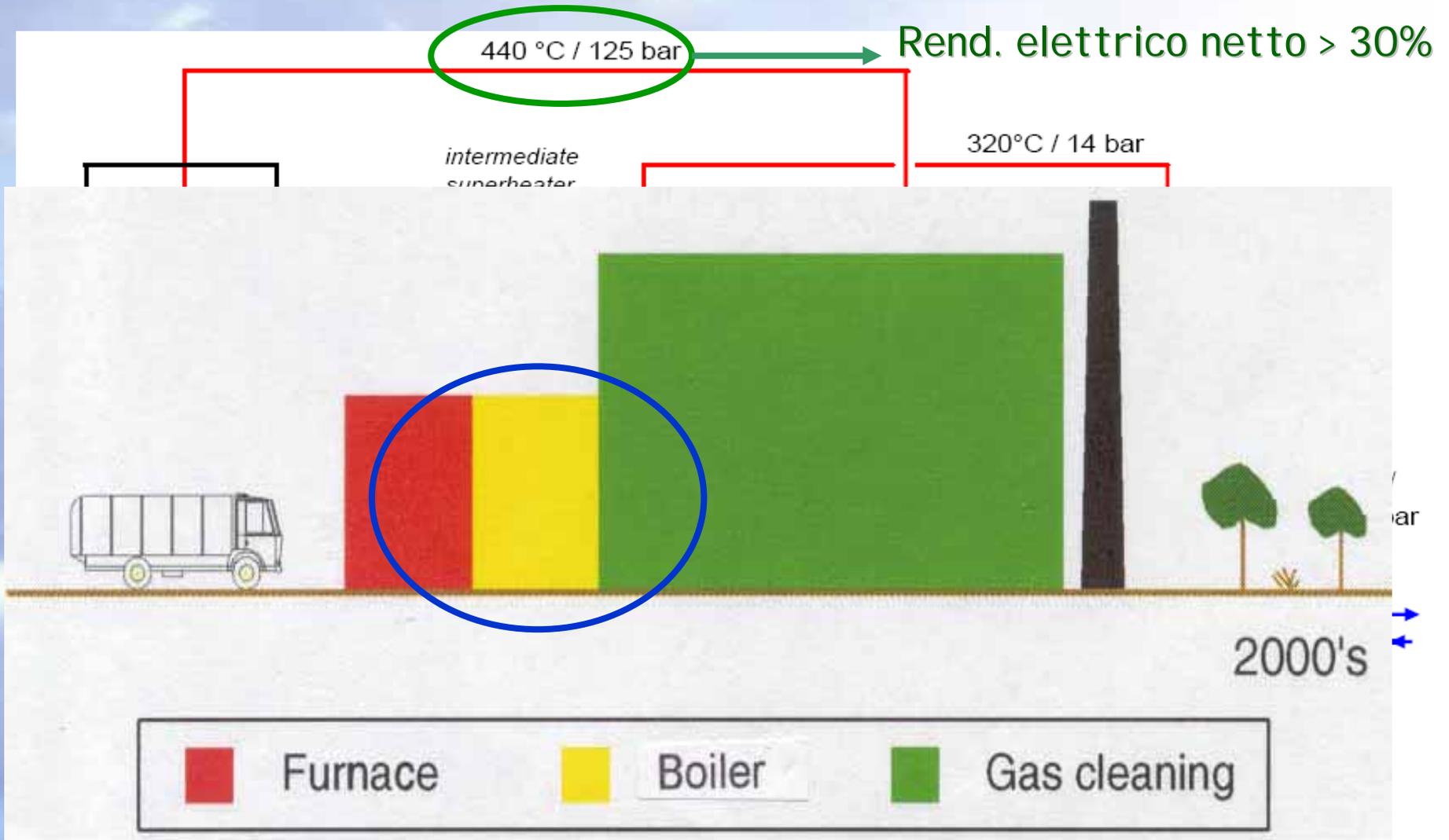
	Anni '60	Anni '70	Anni '80	Anni '90	Anni '00	DLgs 133/2005	Direttiva 2000/76
Tecnologia di depurazione:	Depolverazione grossolana (cicloni)	Depolverazione (ESP)	Depolverazione e + Processi chimico-fisici	Depolveraz. + Processi chimico-fisici spinti	Depol+Processi chimico-fisici spinti +(conv.cat.)	RU/RS/RP	RU/RS/RP
Polveri	500	100	50	< 10	1-5	10	10
TOC					1-10	10	10
HCl	1000	1000	100	< 10	1-8	10	10
HF					<1	1	1
SO ₂	500	500	200	< 50	1-40	50	50
NO _x	400	400	400	150-400	40-180	200	200
CO	1000	500	100	< 50	5-30	50	50
Cd +Pb	0,5	0,2	0,1	< 0,05	0,005-0,05	0,05	0,05
Hg	0,5	0,5	0,2	< 0,05	0,001-0,03	0,05	0,05
Metalli pesanti				< 0,5	0,005-0,5	0,5	0,5
PCDD/F (FTE), ng/Nm ³		50	5	< 0,1	0,01-0,1	0,1	0,1
Eff. termica, %	60 - 65	70 -75	75 - 80	80 - 85	80-90		

Trattamenti termici dei rifiuti

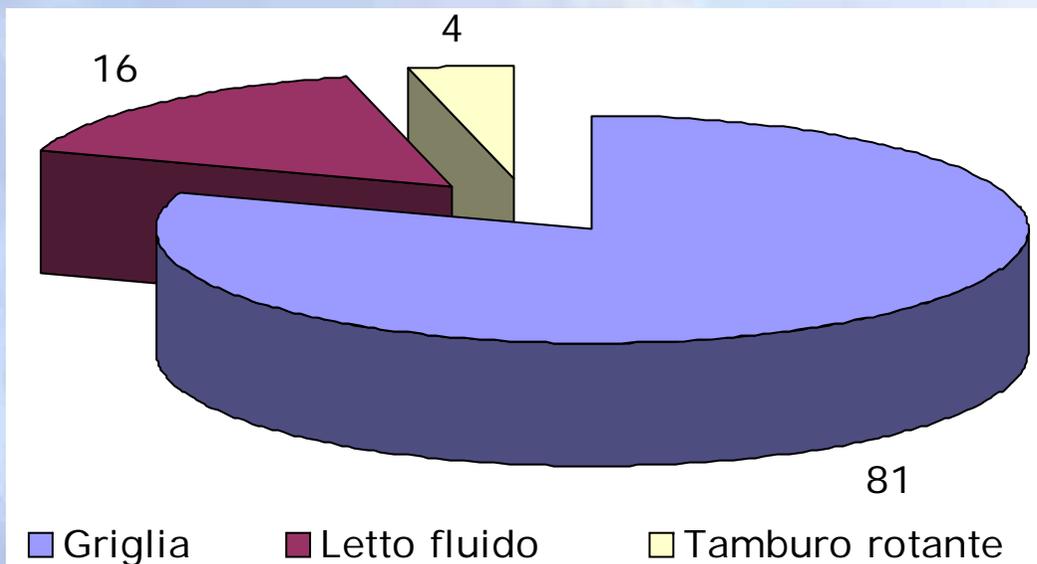
Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007



4° generazione: Waste Fired Power Plant



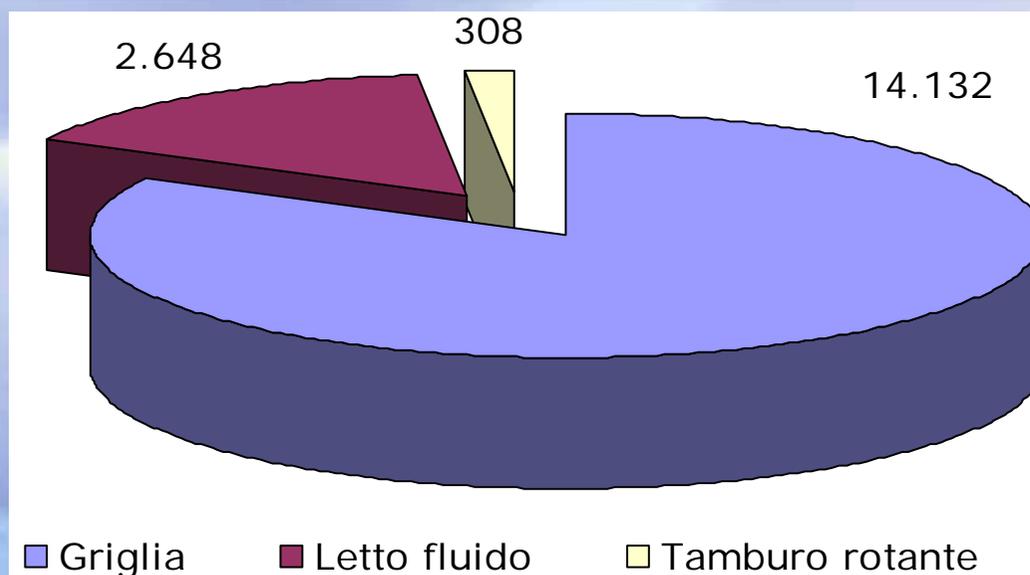
Le apparecchiature di TT di RU in Italia (2005)



N° IMPIANTI	52
-------------	----

N° Linee	101
----------	-----

per numero di linee



per capacità (t/g)

Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Impianti di gassificazione in Italia (2001)

Località	Denominazione	Stato ⁽¹⁾	Anno avvio	Sviluppo	Tecnologia	Rifiuti trattati ⁽²⁾	Capacità (t/a)	Potenzialità termica (MW _t)
Fondotoce (VB)	Thermoselect	I	1992	Dimostrativo	Pirolisi+Gassific.	RU	32.000	
Villa Santina (UD)	Daneco	I	1992	Pilota	Gass. Statico	RDF, RPM	--	2,0
Sedegliano (UD)	Gesteco	P	2005	Dimostrativo	Pirolisi+Gassific.	RI	25.000	22
Montebelluna (TV)	Montepower	P	2004	Commerciale	Torciaplasma	Fraz. secca/CDR	115.000	
Dueville (VI)	Futuro Ambiente	P	2004	Commerciale	Torciaplasma	CDR, RS	92.000	
Vicenza	Mannessman	?		Dimostrativo	Gassif. Statico	Carbone, CDR		
Legnano(MI)	AMGA	C	2001	Dimostrativo	Gassif. Statico	Scarti legnosi	9.000	2x2,5
Fornovo S.G. (BG)	RGR Ambiente	O	1998	Pilota	Gassificazione	PFU, CDR, RS	0,4 t/h	
Greve in Chianti (FI)	SAFI	O	1992	Dimostrativo	Gass. Letto-Fluido	CDR	65.000	2x15
Porto Azzurro (LI)	D.G.I.	I	1998	Dimostrativo	Gass. Statico	CDR	13.000	7,5
Cascina (PI)	Bioelettrica	C	2002	Commerciale	Gass. Letto Fluido	Biomasse	50.000	31
Roma	Consorzio Malagrotta	P	2003?	Sperimentale	Torciaplasma	CDR	35.000	
Brindisi	Brindisi Power	P	2004?	Commerciale	Torciaplasma	RU trattati	125.000	
Rossano Calabro (CS)	Rossano Energia	C	2002	Commerciale	Gassificazione	Sanse esauste	35.000	21,5
Torregrande (OR)	Sipsa Ecologica	O	1997	Commerciale	Pirolisi	ROS, RS	15.000	2,3
Siniscola (NU)	Sard. Eco Energy	P	2004?	Commerciale	Torciaplasma	RS / RI	50.000	

Legenda:

(1) O = operativo, I = inattivo, C = in realizzazione/ristrutturazione, P = programmato/in progettazione

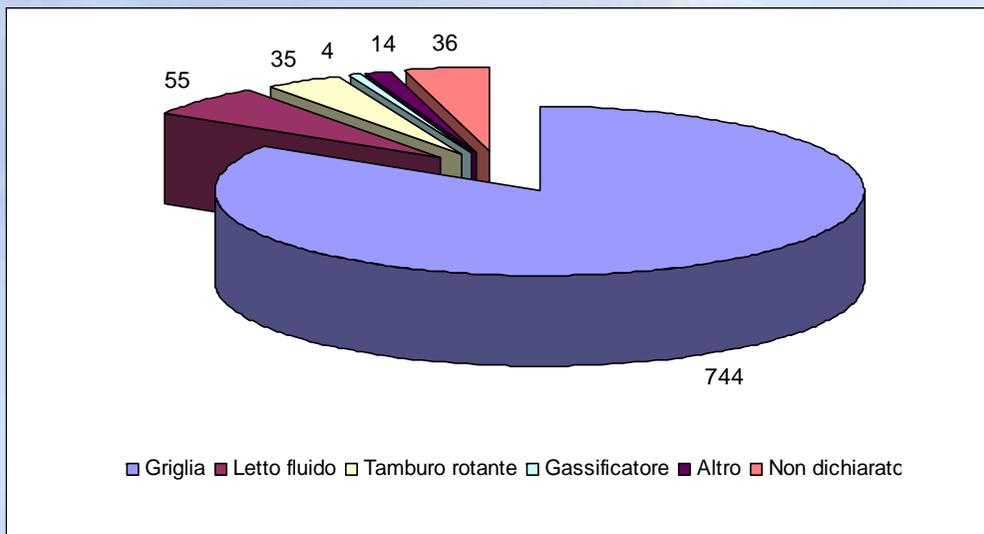
(2) RU = rifiuti urbani, CDR (o RDF) = combustibili derivati da rifiuti, PFU = pneumatici fuori uso, RS = rifiuti speciali, ROS = rifiuti di origine sanitaria, RI = rifiuti industriali, FRA = fluff da rottamazione auto, RPM = rifiuti di plastiche miste

Elaborazione ENEA su fonti varie

Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

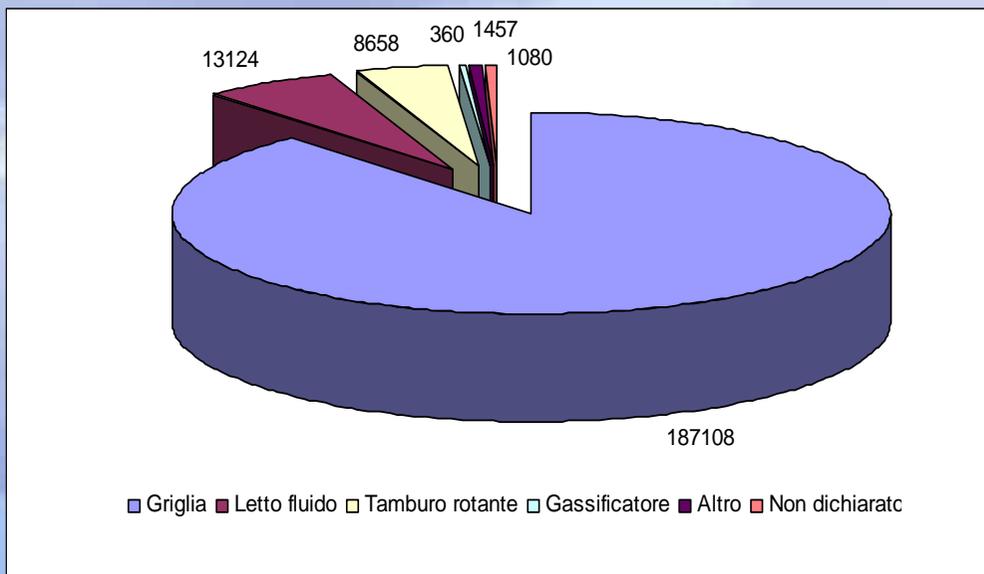


Le apparecchiature di TT di RU in Europa (2005)



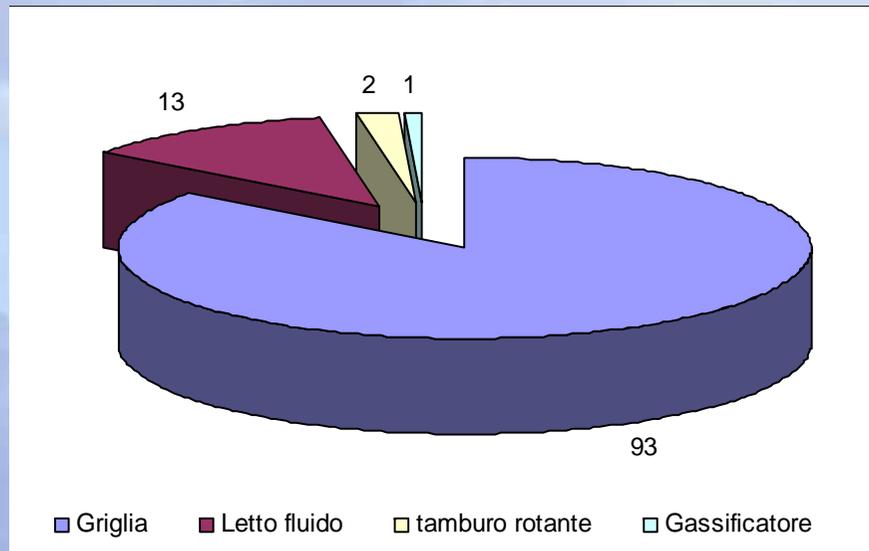
N° IMPIANTI	432
N° Linee	888

per numero di linee



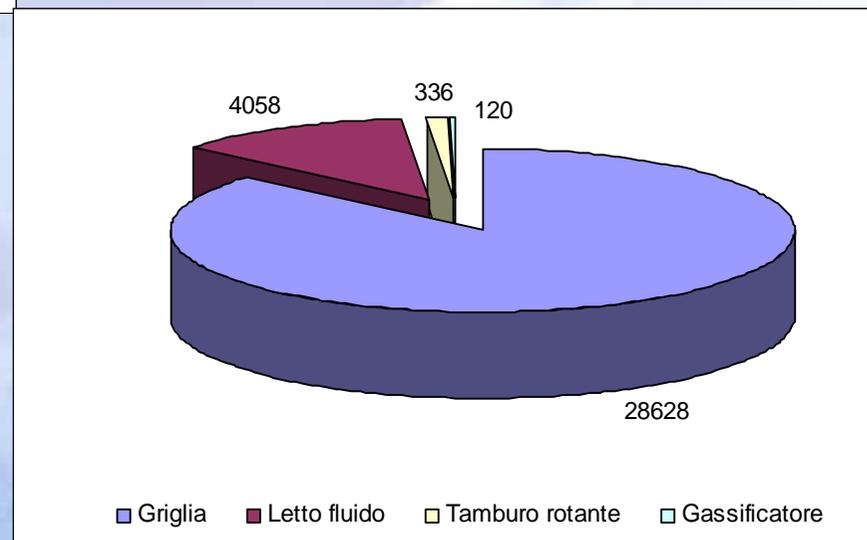
per capacità (t/g)

Le apparecchiature di recupero energetico in Europa (realizzazioni nel periodo 2001-2005, totali 109 linee)



per numero di linee

per capacità (t/g)



Stato dell'arte dei processi innovativi

	EU	USA	CDN	AUS	JAP
Situazione attuale	Stallo	No iniziative	Interesse	Interesse (in calo)	Mercato attivo

"PRO":

Mancanza discariche					X
Riduzione discarica	X				
"No" incenerimento	X		X	X	X
Semplificazione normativa		X			

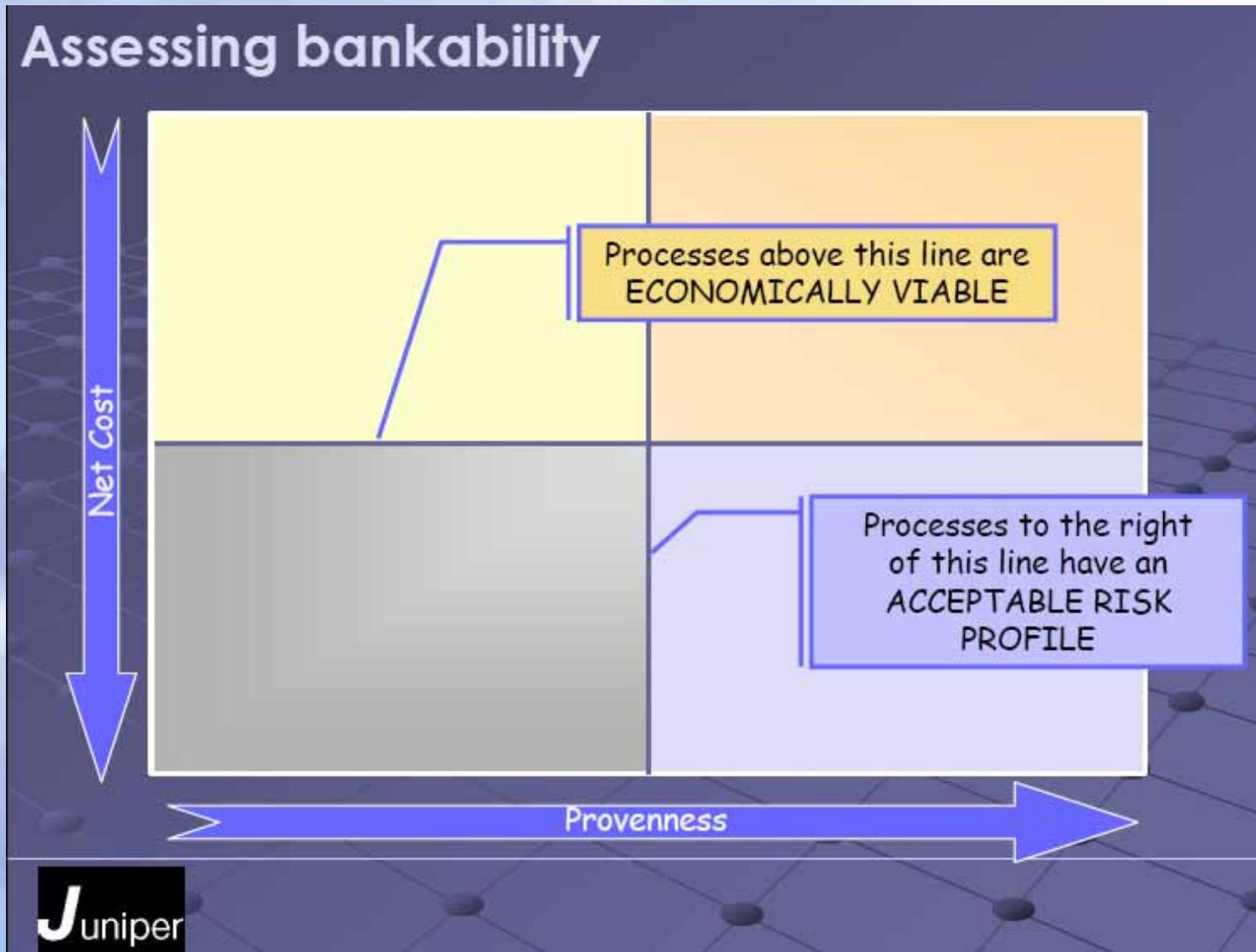
"CONTRO":

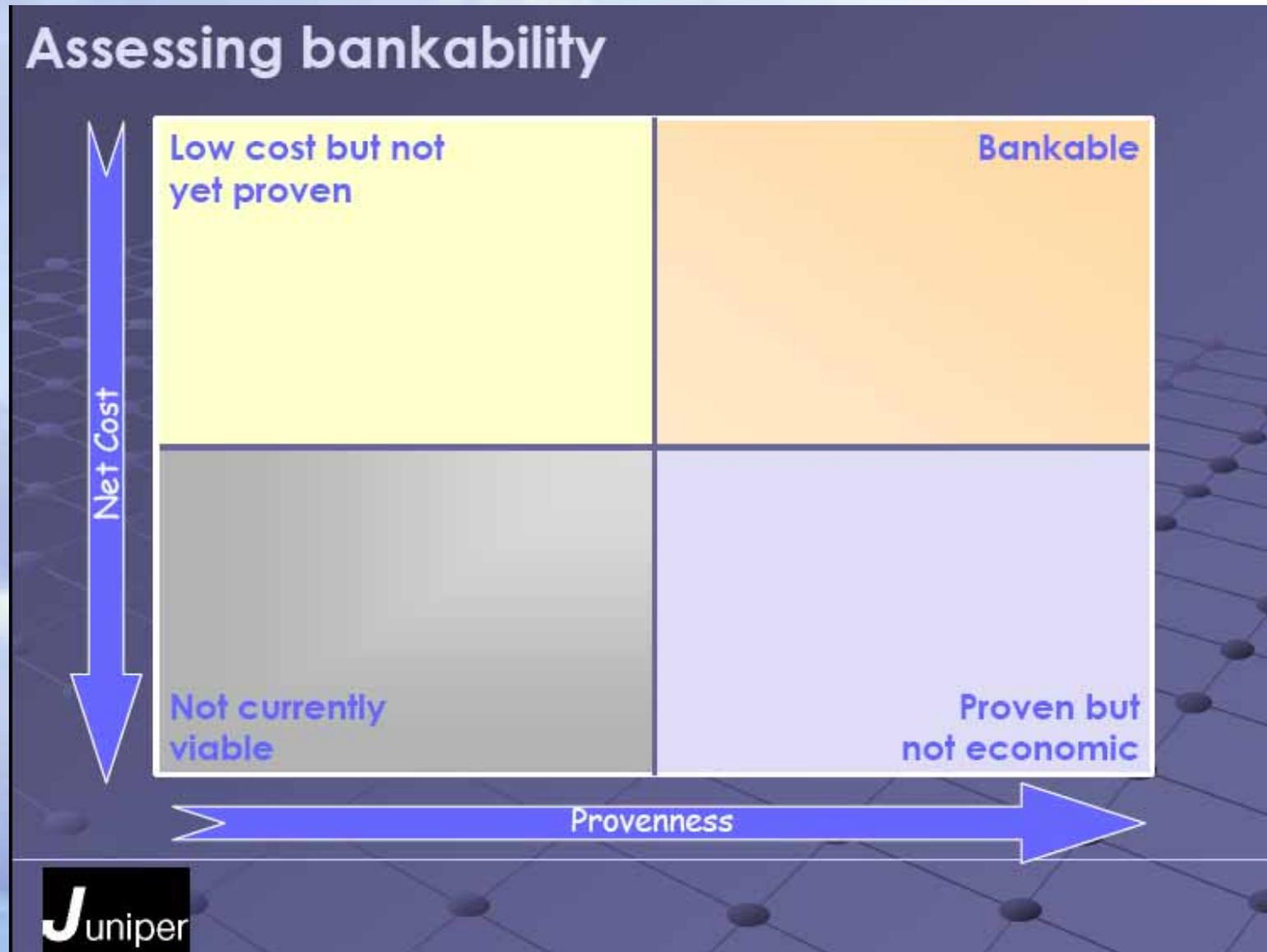
Discarica conveniente		X	X	X	
Rischio tecnologico	X				
Fattori economici					X

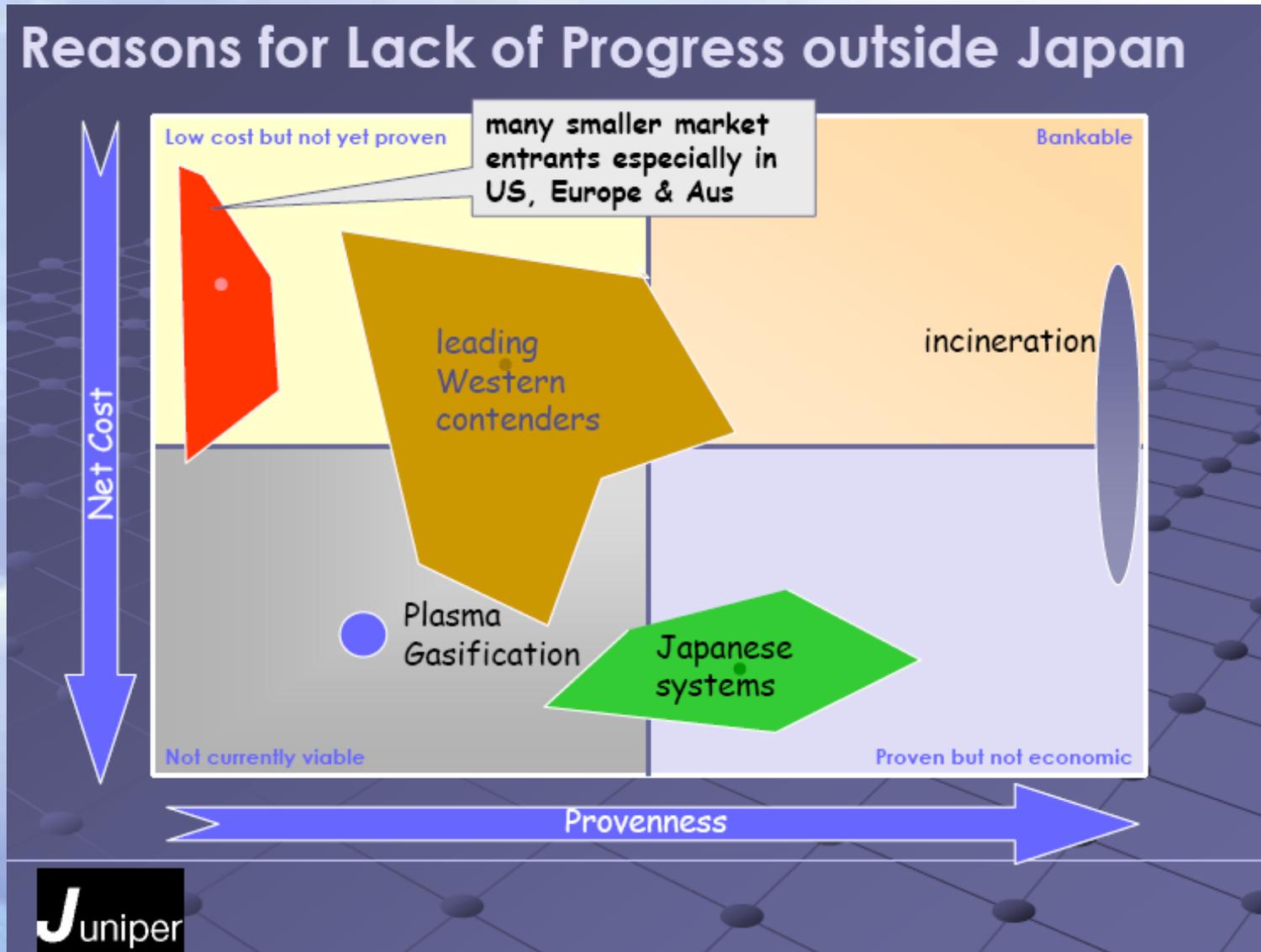
Elaborazione ENEA su fonte Juniper

Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007









La situazione giapponese

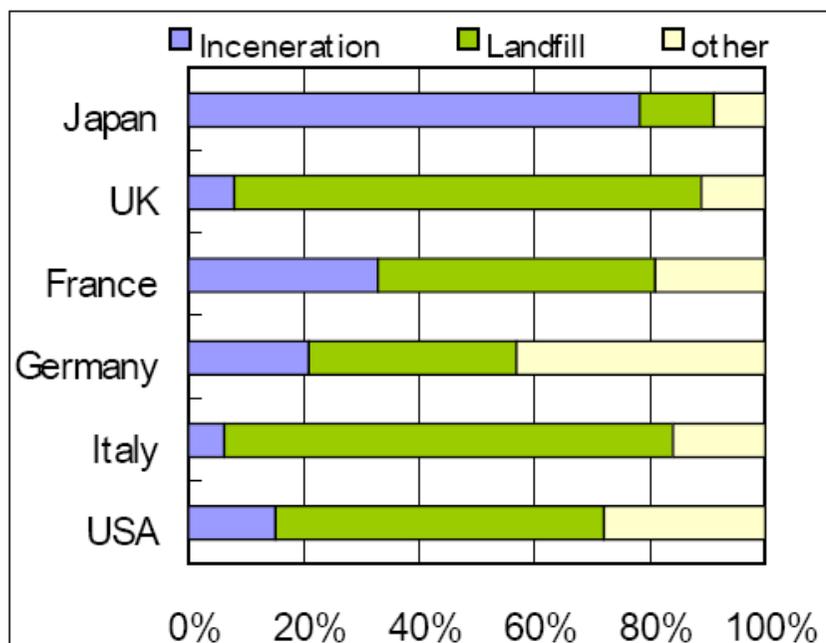


Figure 1. Comparison of treatment and disposal routes of MSW in OECD nations (Source: OECD Environmental Data Compendium 2002)

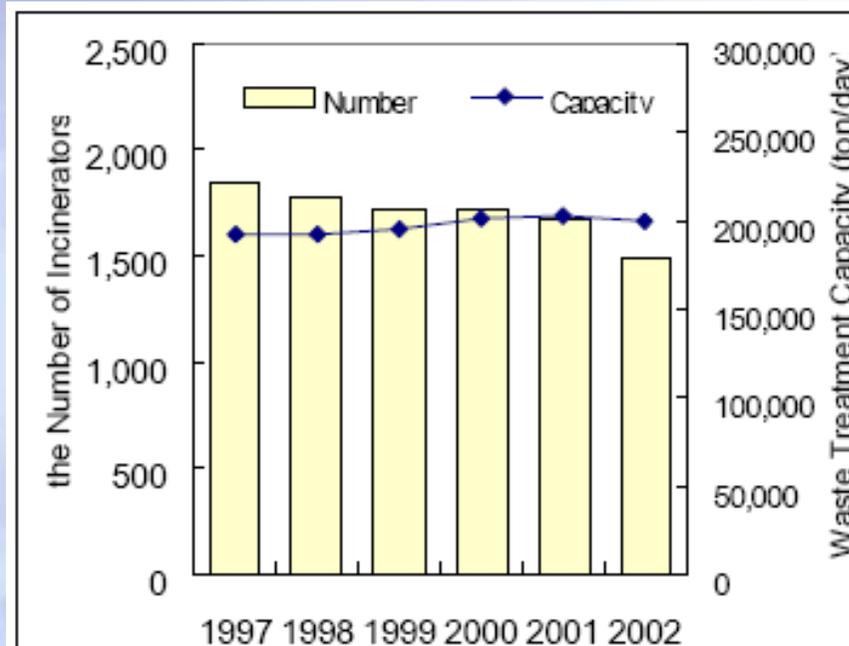
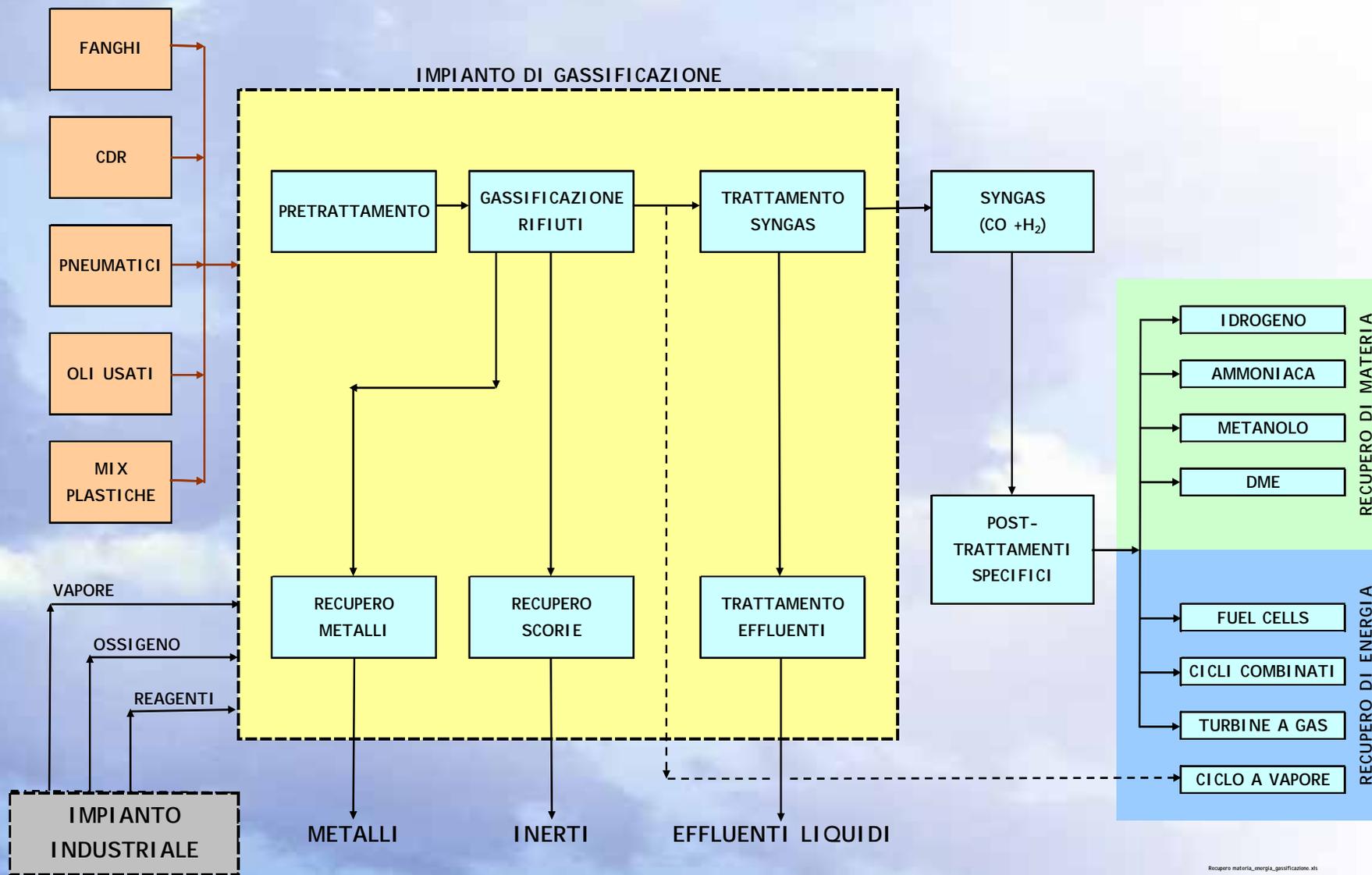


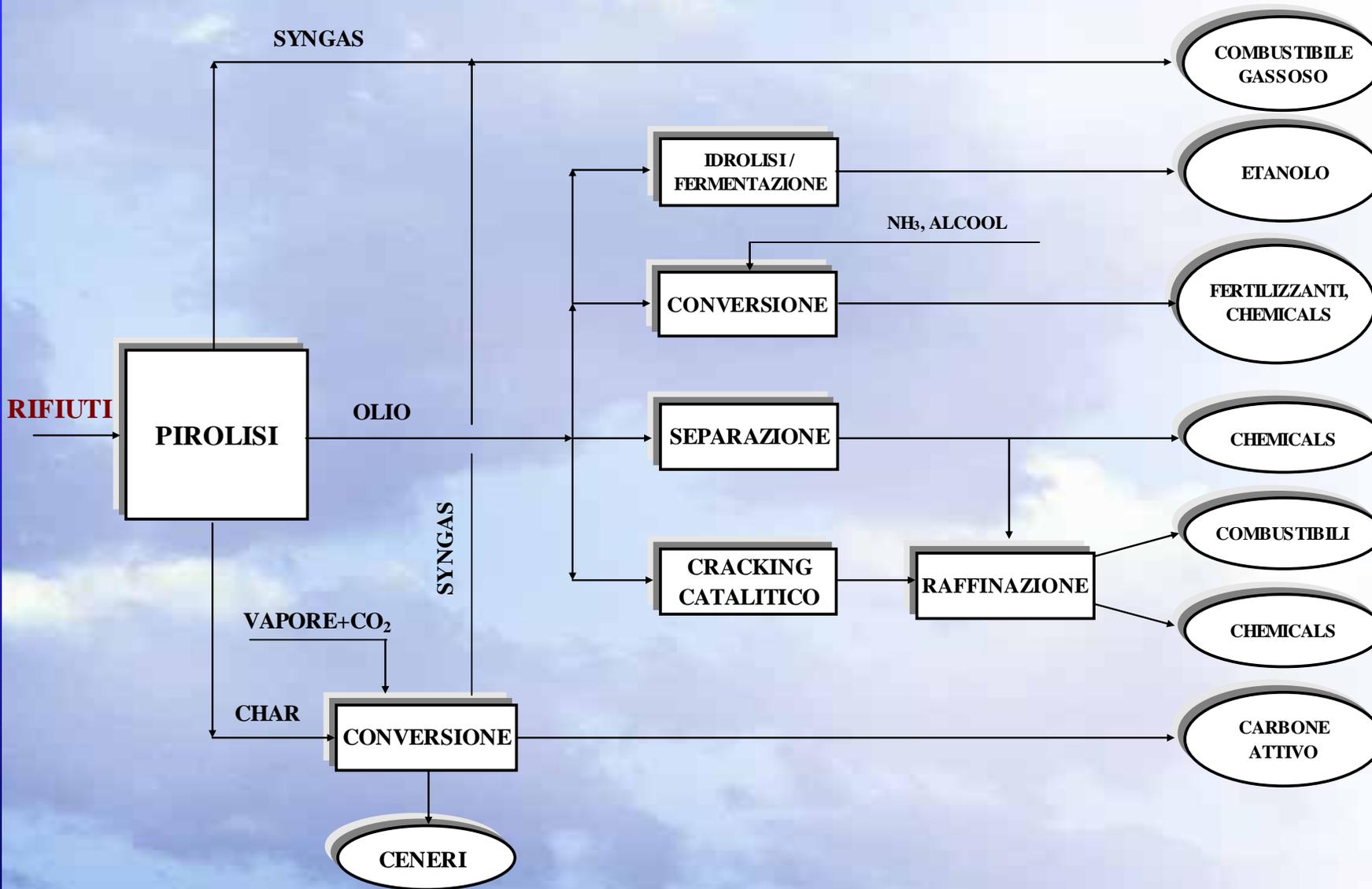
Figure 2. Number and capacity of MSW incinerators (Ministry of Environment, 2005)

Applicazioni innovative



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Applicazioni avanzate: il "Waste refinery"



Convegno "Per una gestione sostenibile dei rifiuti:
TECNOLOGIE A CONFRONTO"
Bologna, 09 luglio 2007

Sintesi e Conclusioni

- ❑ I trattamenti termici per il recupero di energia da rifiuti sono irrinunciabili per la chiusura del ciclo di gestione integrata dei rifiuti
- ❑ Sono disponibili moderne tecniche/tecnologie di trattamento che consentono buoni livelli di recupero nel rispetto dell'ambiente;
- ❑ Non esiste "la soluzione", né a livello di sistema né a livello tecnico, applicabile in modo generalizzato, ma un ventaglio di alternative idonee alle varie realtà locali;
- ❑ L'innovazione tecnologica va comunque promossa, ma occorrono soluzioni tecniche affidabili e percorribili;
- ❑ E' necessario un approccio sistemico sul territorio che coinvolga autorità, cittadini ed imprenditori per cogliere le opportunità che il recupero di energia da rifiuti è in grado di offrire.