



**POLITECNICO
DI MILANO**

PER UNA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI: TECNOLOGIE A CONFRONTO

9 luglio 2007, Bologna



CONTROLLO DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE DA IMPIANTI DI TERMOVALORIZZAZIONE DI RIFIUTI

Stefano CERNUSCHI
DIIAR Sezione Ambientale



○ Inquinanti convenzionali ($\text{mg m}^{-3} \rightarrow \text{g m}^{-3}$)

- HCl, HF
 - Materiale particolato
 - SO_2
 - $\text{NO}_x \rightarrow$ **componenti rifiuto**, reazioni secondarie
 - CO, VOC $\rightarrow$ incompletezza combustione
- } **componenti rifiuto**

○ Inquinanti tossici in traccia ($\text{ng m}^{-3} \rightarrow \mu\text{g m}^{-3}$)

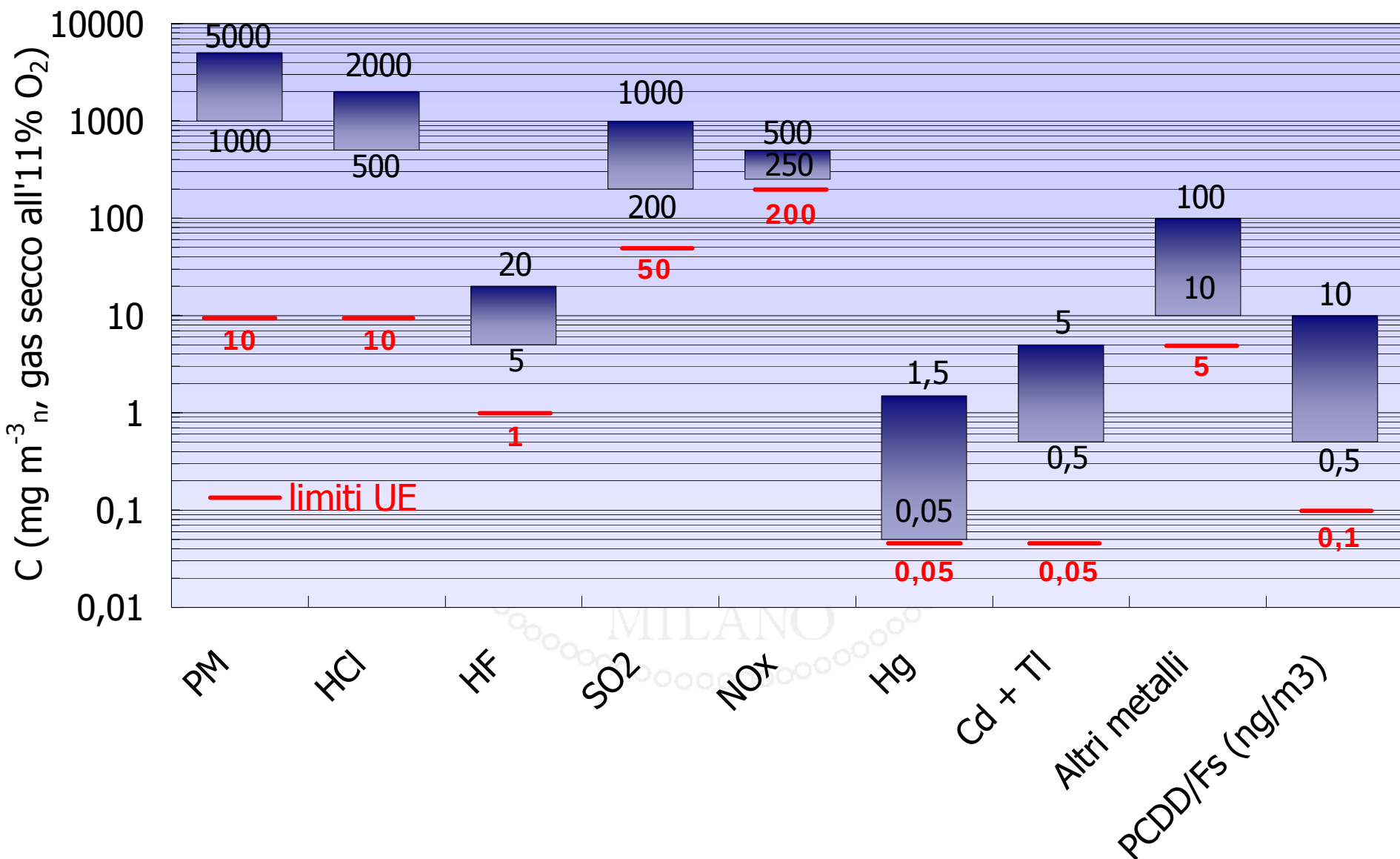
- inorganici (metalli) $\rightarrow$ **componenti rifiuto + arricchimento combustione** (T, **volatilità**)
 - emissioni veicolate da particolato **fine** ed **ultrafine** (As, Cd, Ni, Pb, Tl, Zn)
 - emissioni in fase **vapore** (Hg, Se)
- organici (aromatici, IPA, alogenati, **PCDD/Fs**)
 - **sintesi/distruzione** durante combustione
 - **formazione** durante **raffreddamento gas** (*sintesi "de-novo"*)



CARATTERISTICHE EMISSIONI



POLITECNICO
DI MILANO





○ Forze motrici

- MTD (Migliori tecnologie disponibili)
- IPPC - "Integrated pollution prevention and control"
- Minimizzazione rischi per la salute da esposizione a tossici

○ Criteri tecnologici di realizzazione

- interventi **preventivi** → CO, VOC, NO_x, organici clorurati in traccia
- **trattamenti di depurazione** → tutto il resto



ottimizzazione combustione

inibizione sintesi "de-novo" in zone fredde

conversione NO_x

rimozione tossici in traccia (metalli, PCDD/F)

conversione organici e non **trasferimento**

configurazione **integrata** linee di trattamento



○ Ottimizzazione combustione → progettazione + controllo del processo

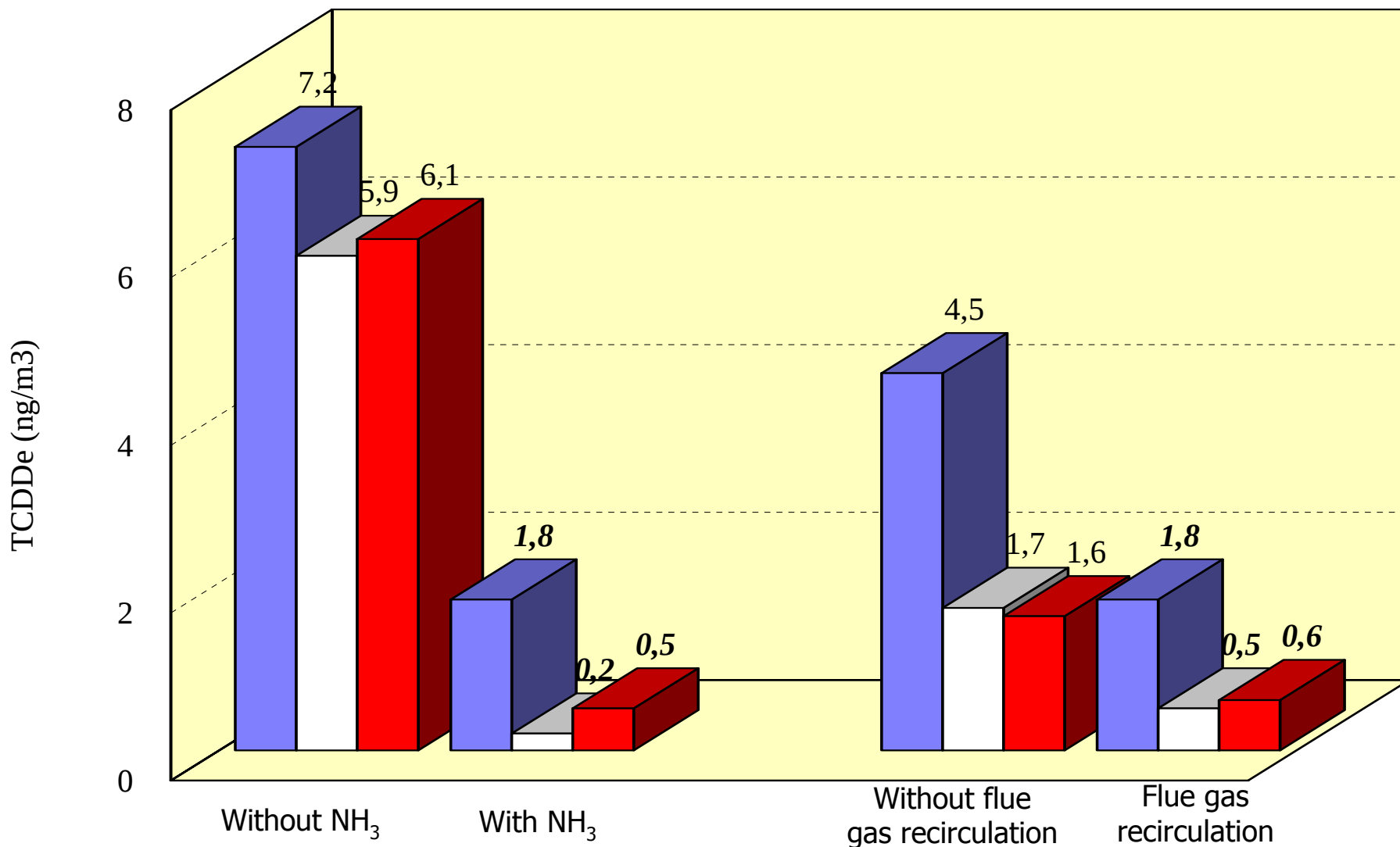
- T, ossigeno, tempo di permanenza gas, turbolenza
- **miscelazione aria/combustibile** (rapporti primaria/secondaria, criteri progettazione griglia/forno)
- configurazione innovative (aria arricchita, "staging" aria primaria)

○ Controllo riformazione PCDD/F

- **inibizione** attività catalitica ceneri volanti con **additivi** (urea, ammoniaca, ammine,)
- **ricircolo** gas combusti
- **progettazione e gestione caldaia** (cicli pulizia) per minimizzare deposito ceneri
- **evitare** interventi rimozione particolato e gas acidi a **livelli di T** superiori a 180°C - 190°C

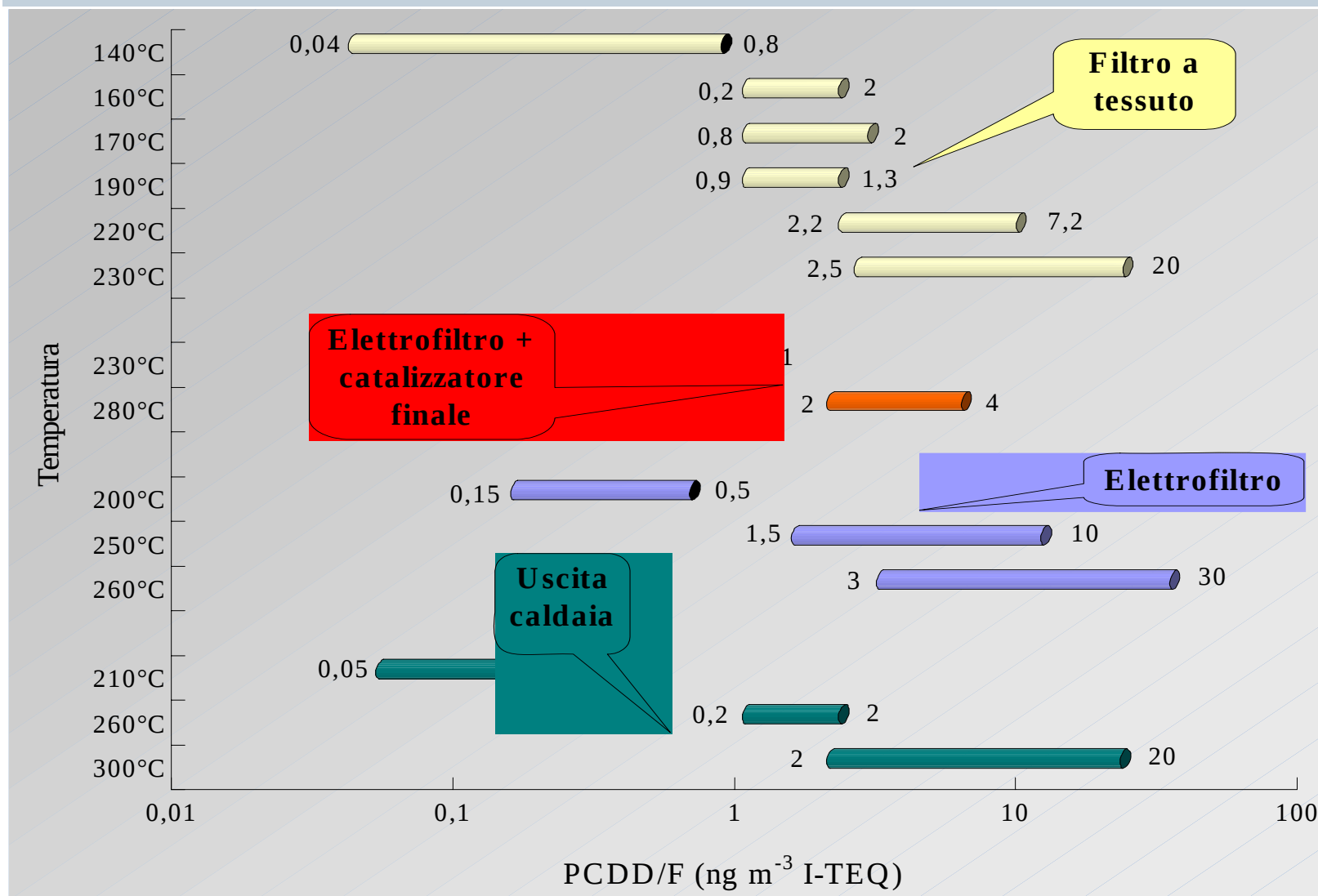


Effetto dosaggio NH_3 e ricircolo gas su emissioni di PCDD/F



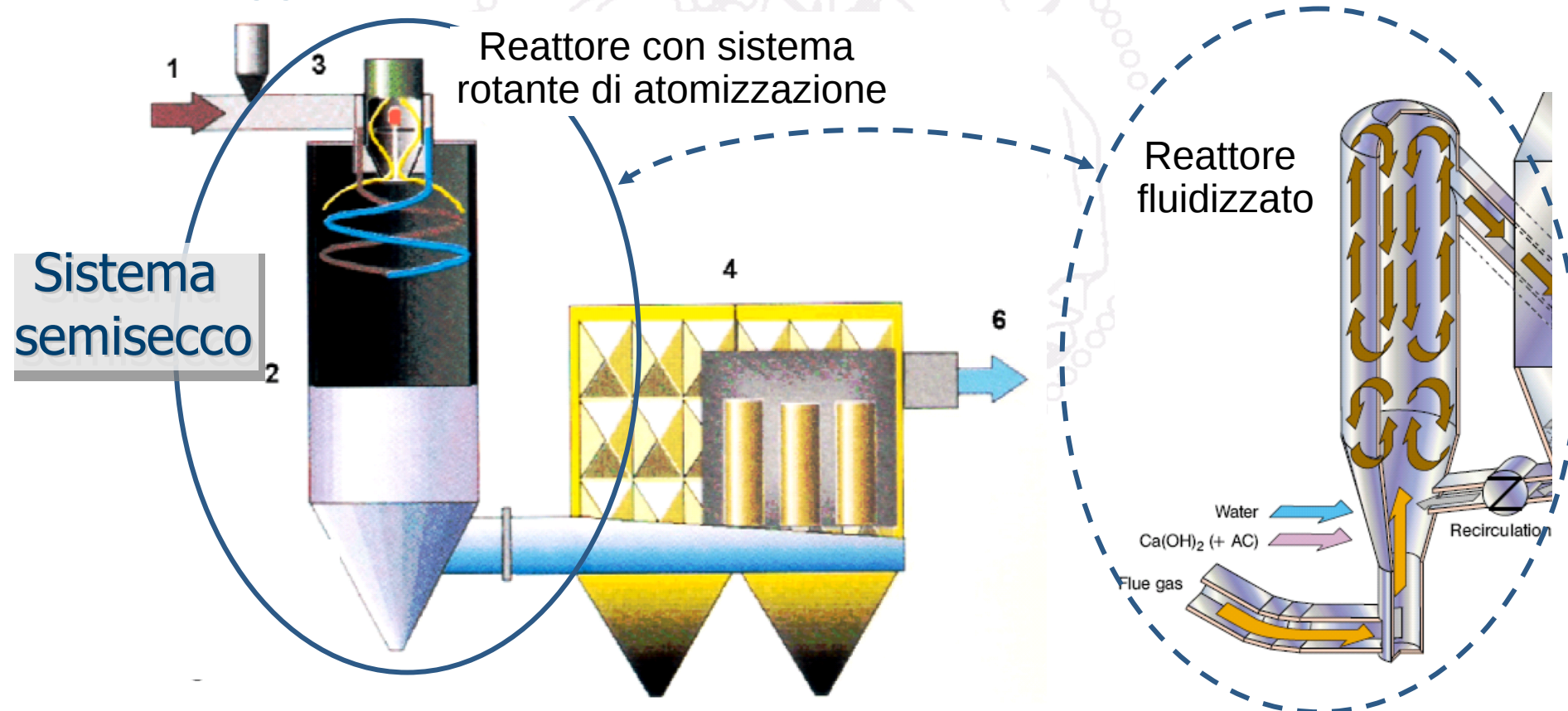


Effetto T esercizio su livelli PCDD/F



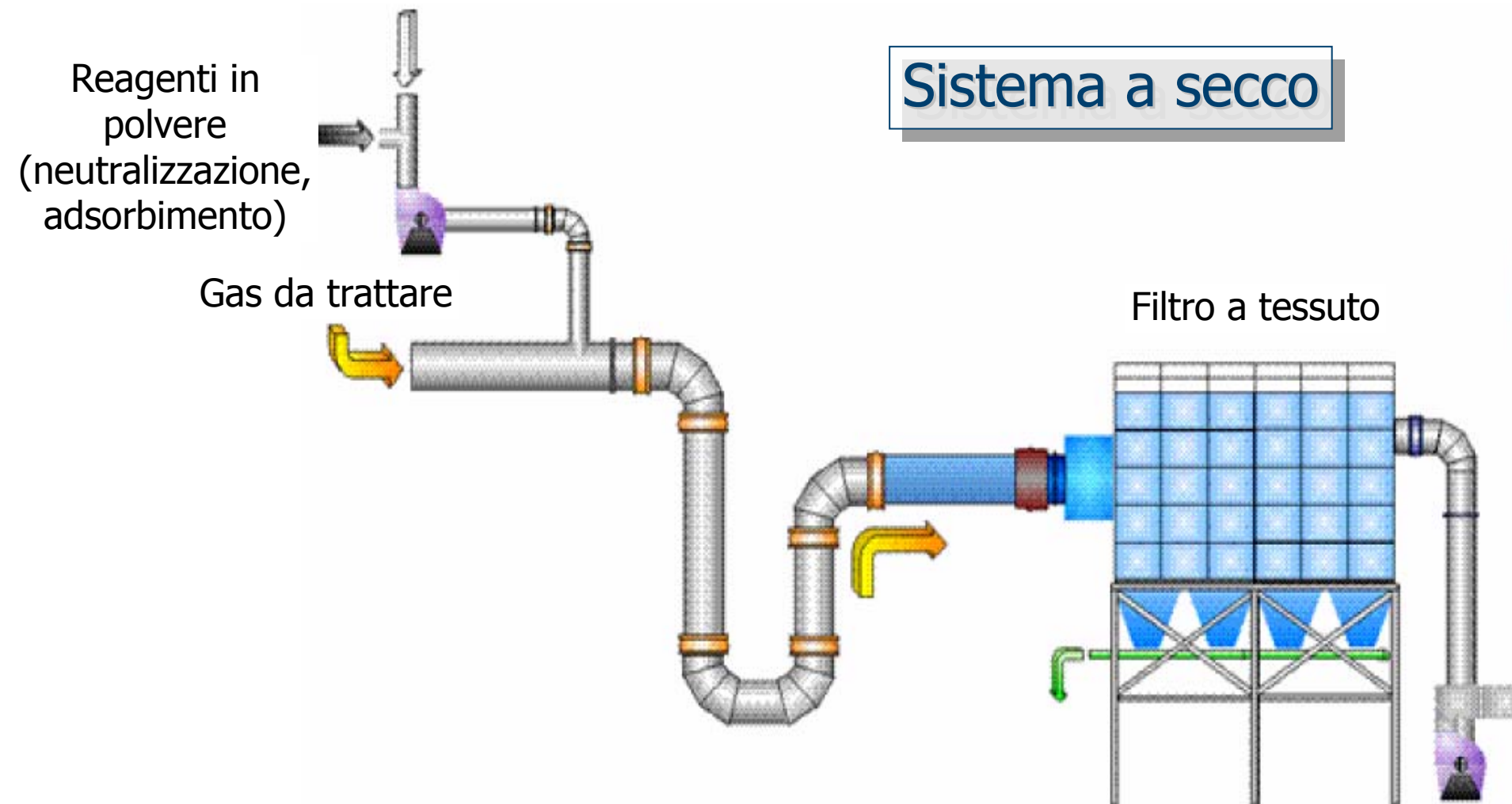
○ Sistemi a secco e semisecco

- reattivi alcalini a base di calcio additivati con sorbenti (carbone attivo) per rimozione tossici in traccia
- filtri a tessuto per rimozione polveri e residui neutralizzazione
- dosaggi in linea a monte depolveratore

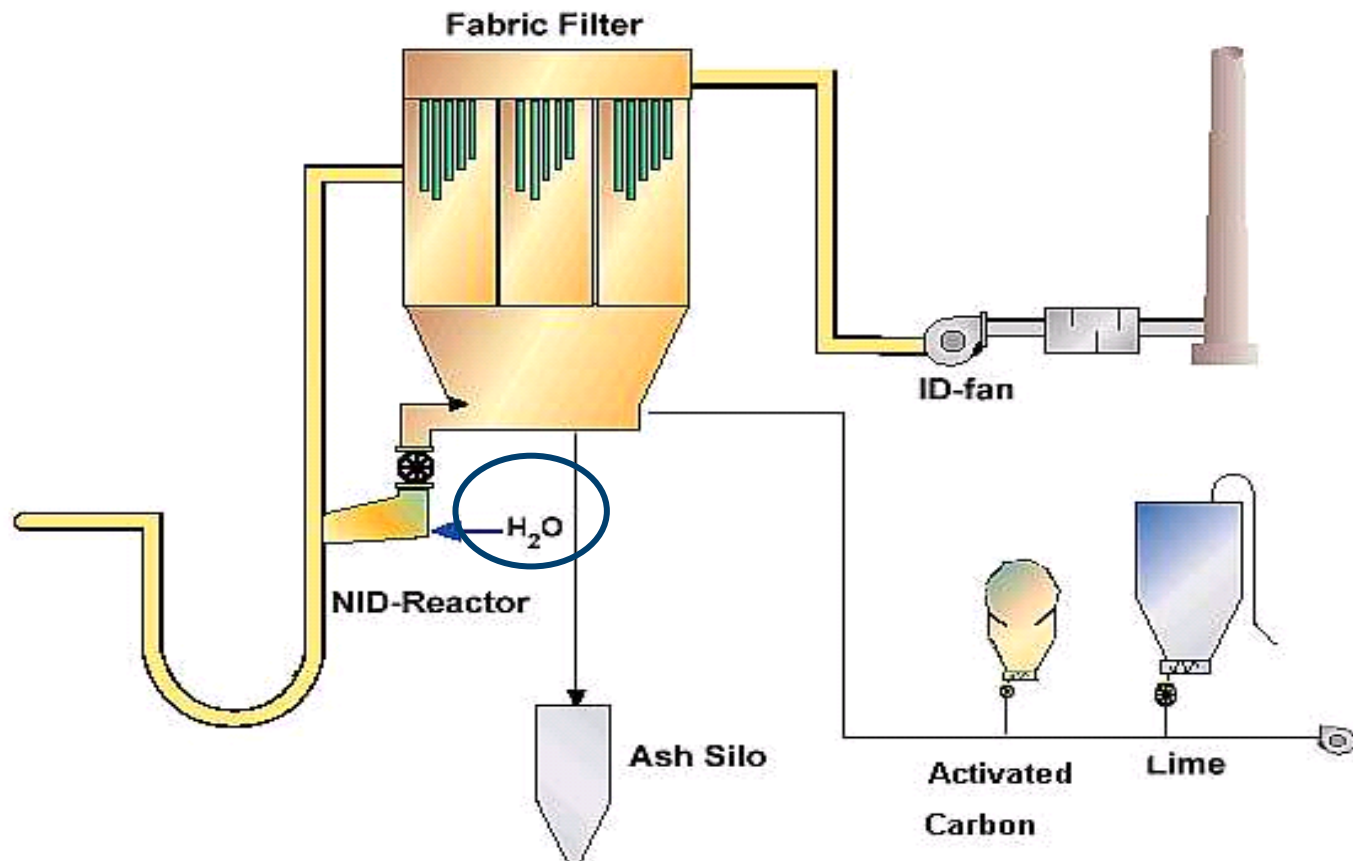


○ Sistemi a secco e semisecco

Sistema a secco

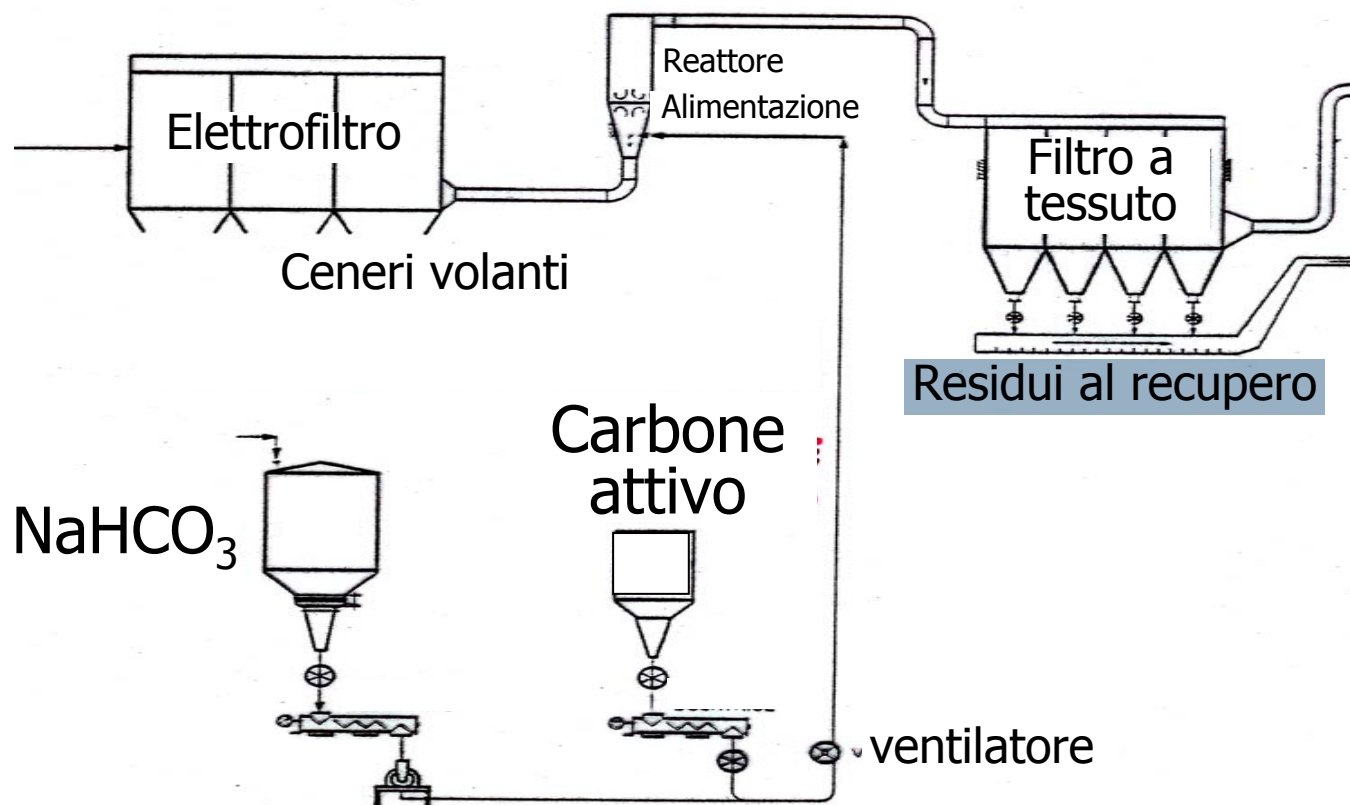


- Sistemi a secco avanzati con calce (ALSTOM "Flash Dry")
 - controllo processo (**umidità relativa**) + **umidificazione** reagenti solidi per **incrementare** efficienze rimozione e **limitare eccessi** reagente



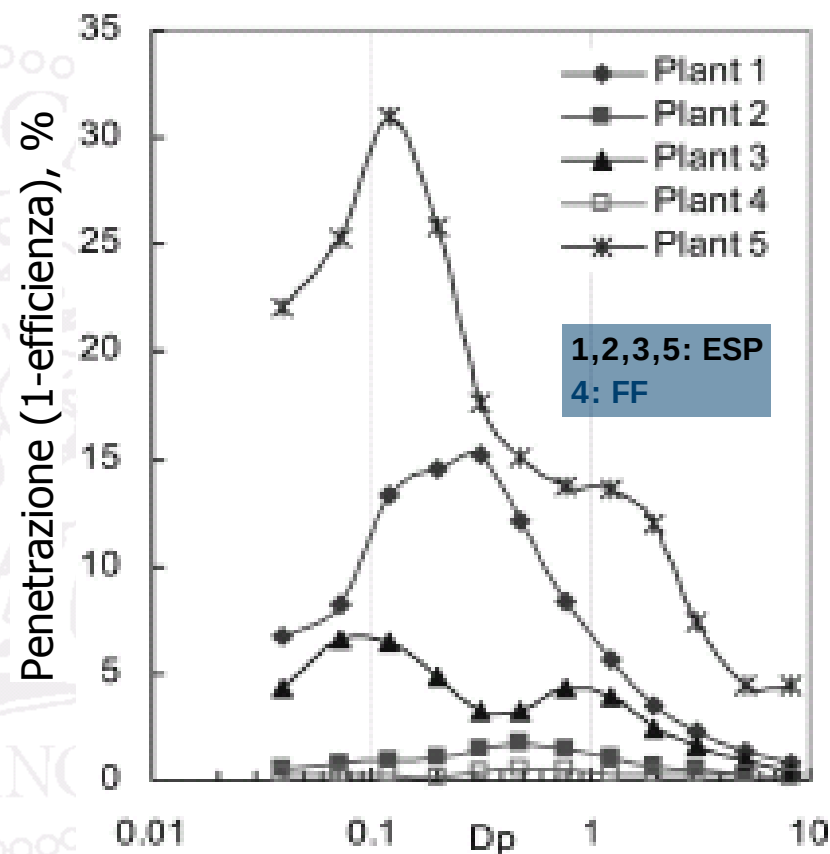
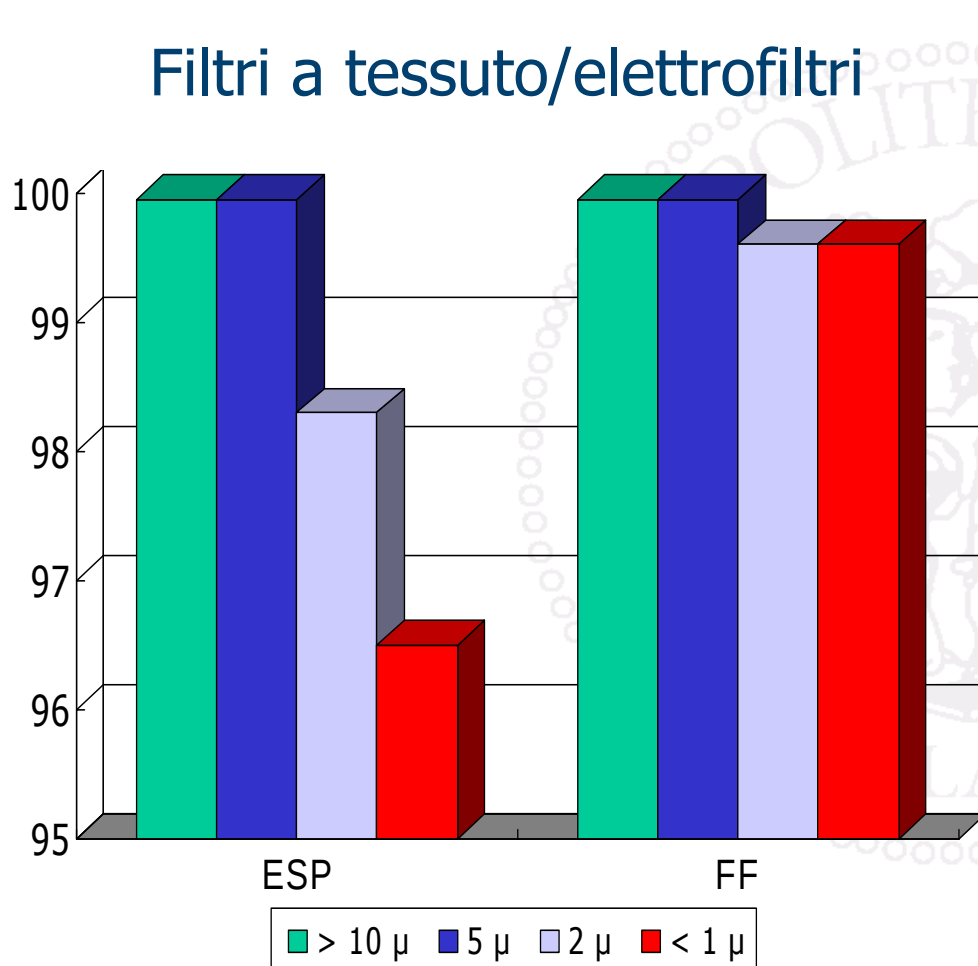
○ Sistemi a secco (SOLVAY "Bicar")

- bicarbonato di sodio (NaHCO_3) per incrementare rimozione HCl ed SO_2 con dosaggi ridotti (minori produzioni residui)
- possibilità recupero sali sodici (trattamento in doppio stadio)



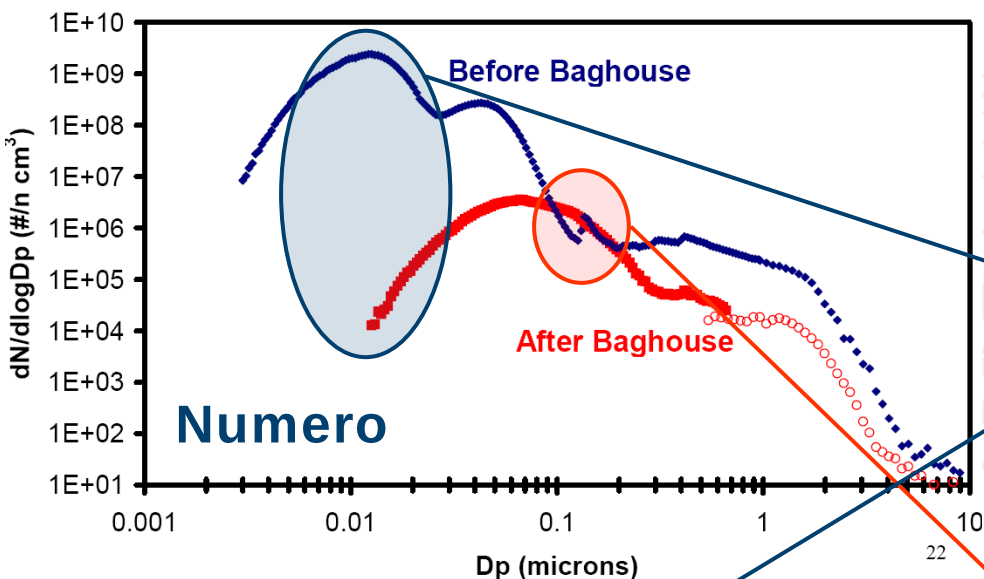
○ Materiale particolato → frazioni fini ed ultrafini (nanopolveri)

Filtri a tessuto/elettrofiltri



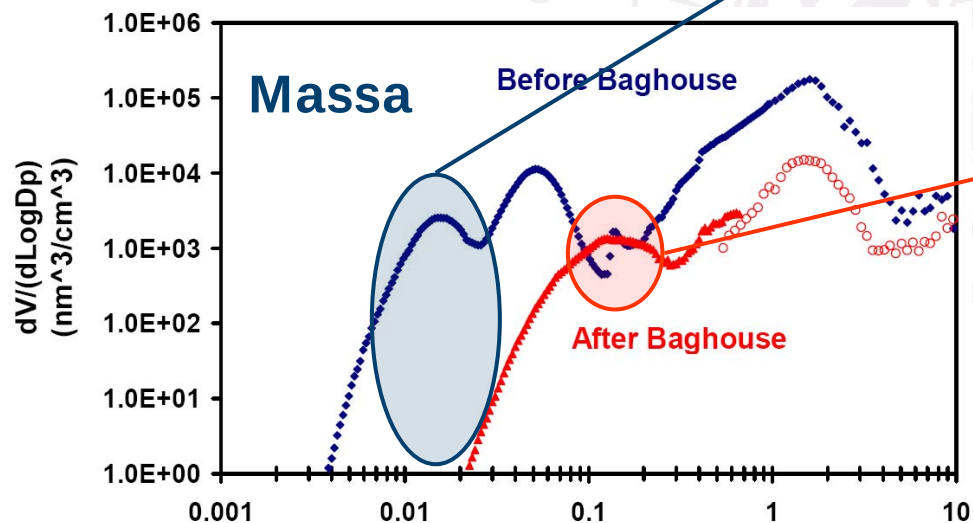
Efficienze minime tra $0,1 \mu$ ed 1μ

- ESP = 85,8% - 98,6%
- FF = 99,54%



Filtri a tessuto

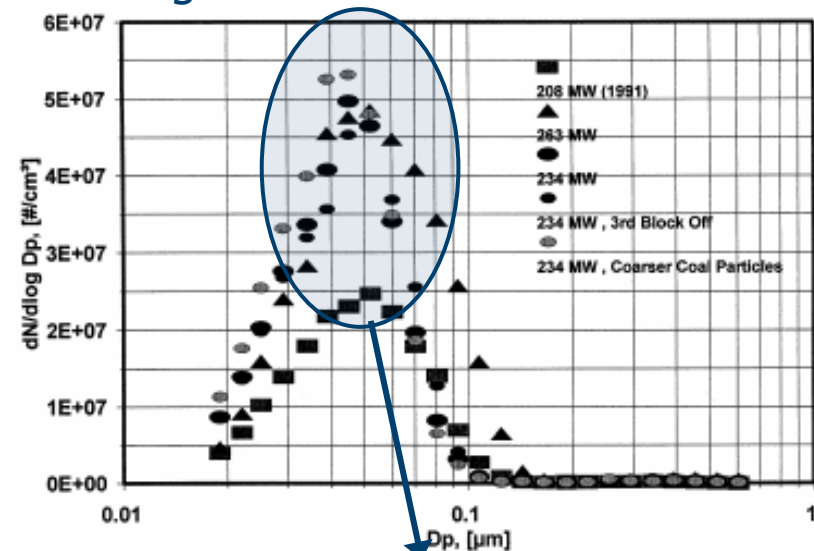
Rimozione moda ultrafini



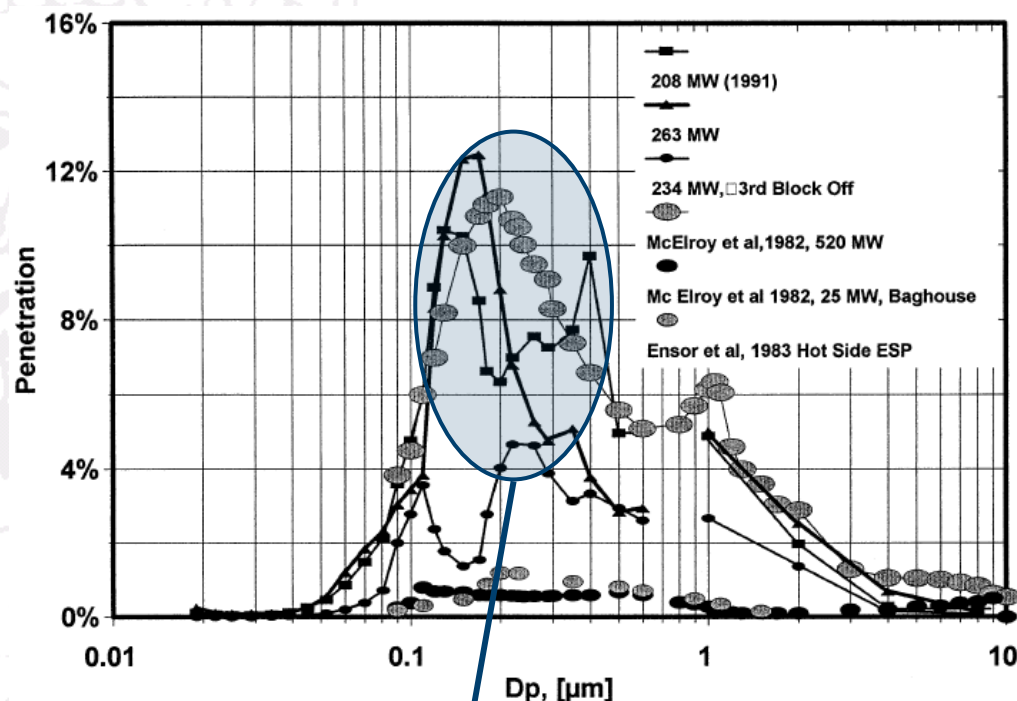
Difficoltà rimozione 0,1 - 0,3 μ



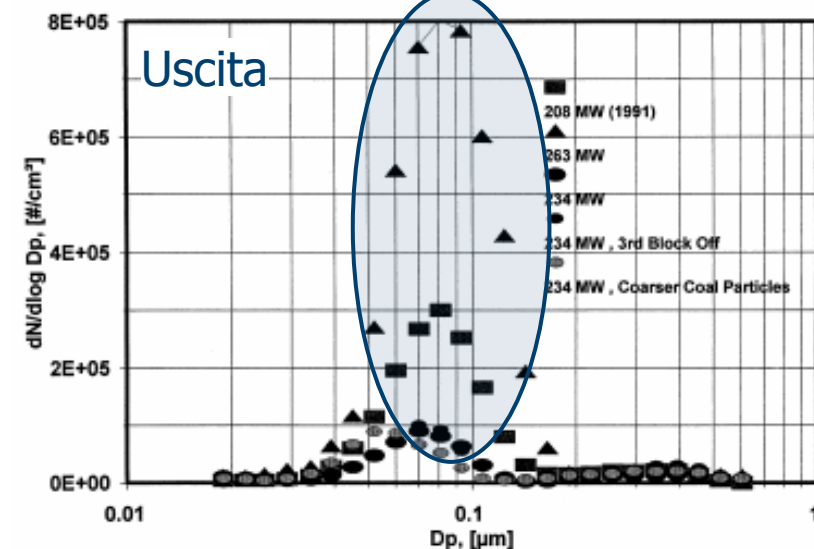
Ingresso



Elettrofiltri



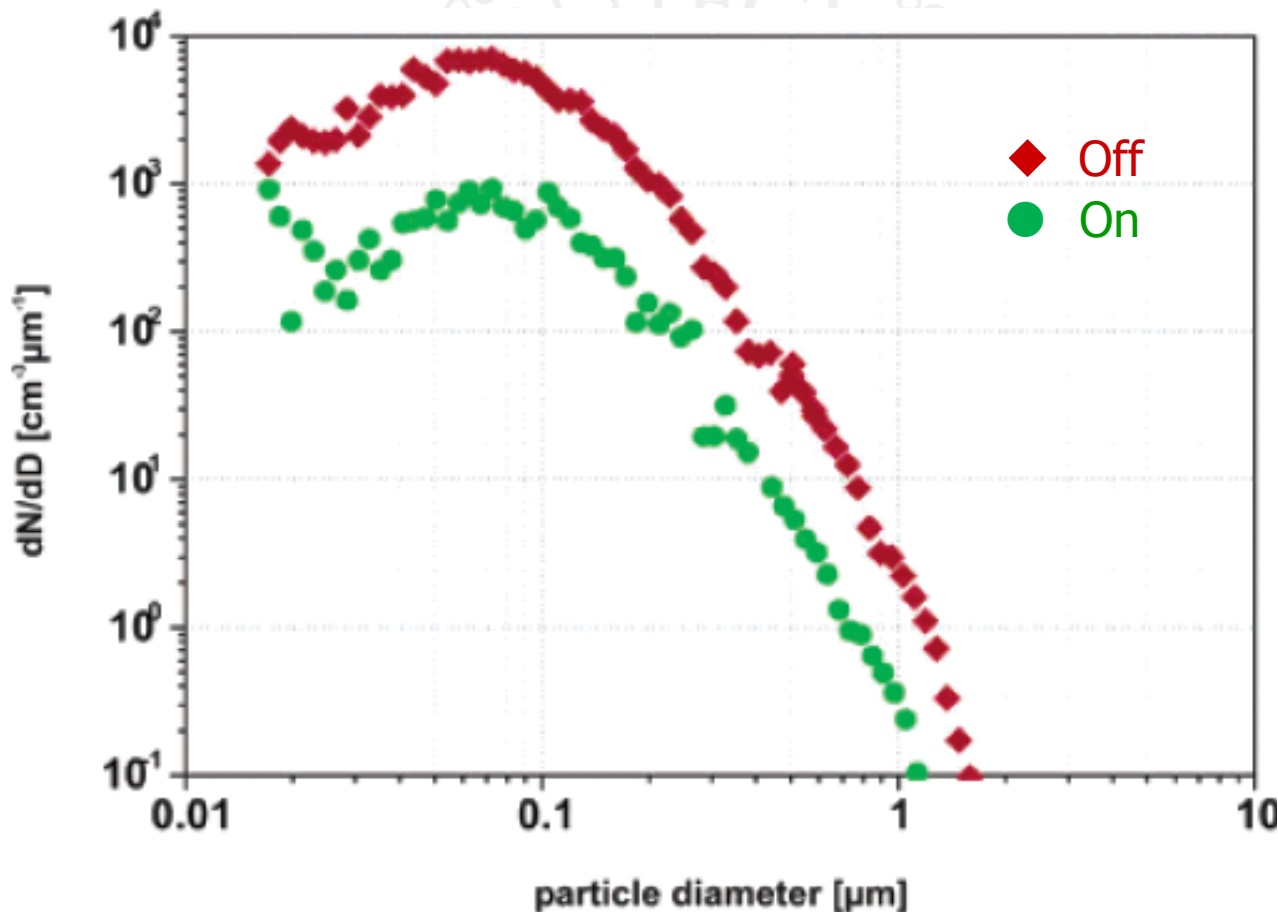
Uscita



Rimozione minime tra 0,1 - 0,5 μ



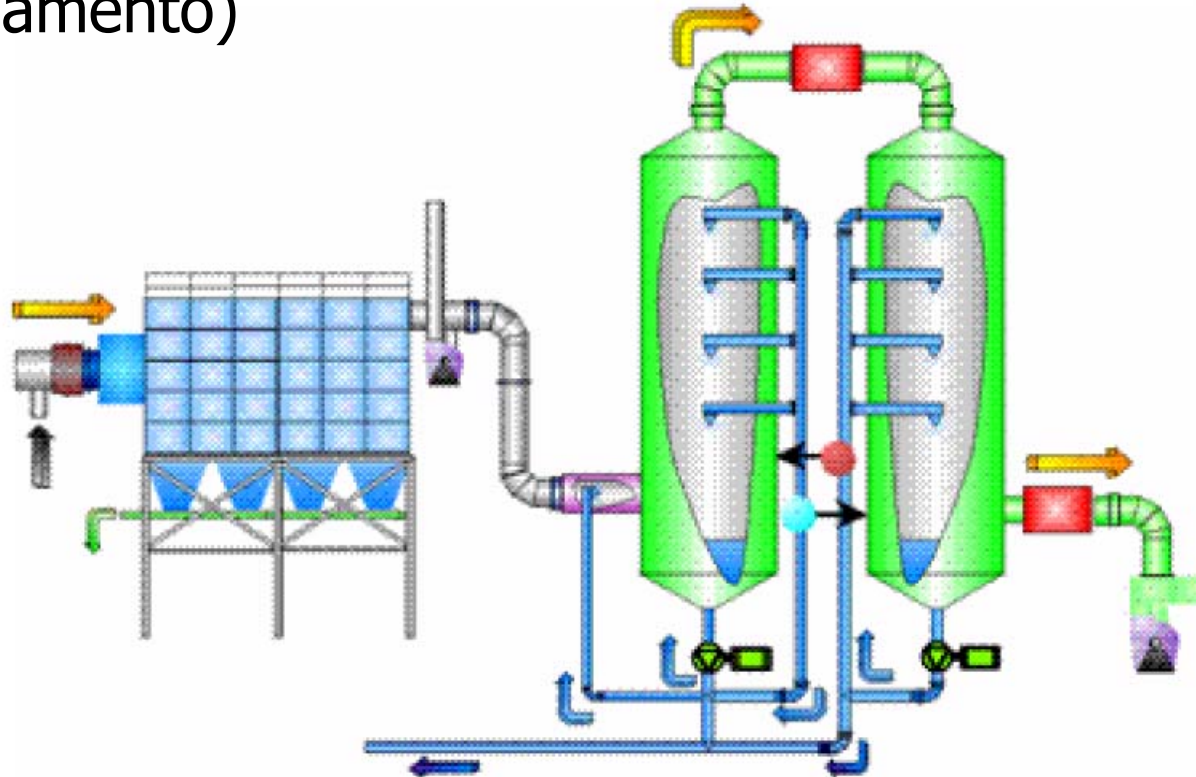
Termodistruzione RSU – elettrofiltro ad umido



Maguhn et al, 2006

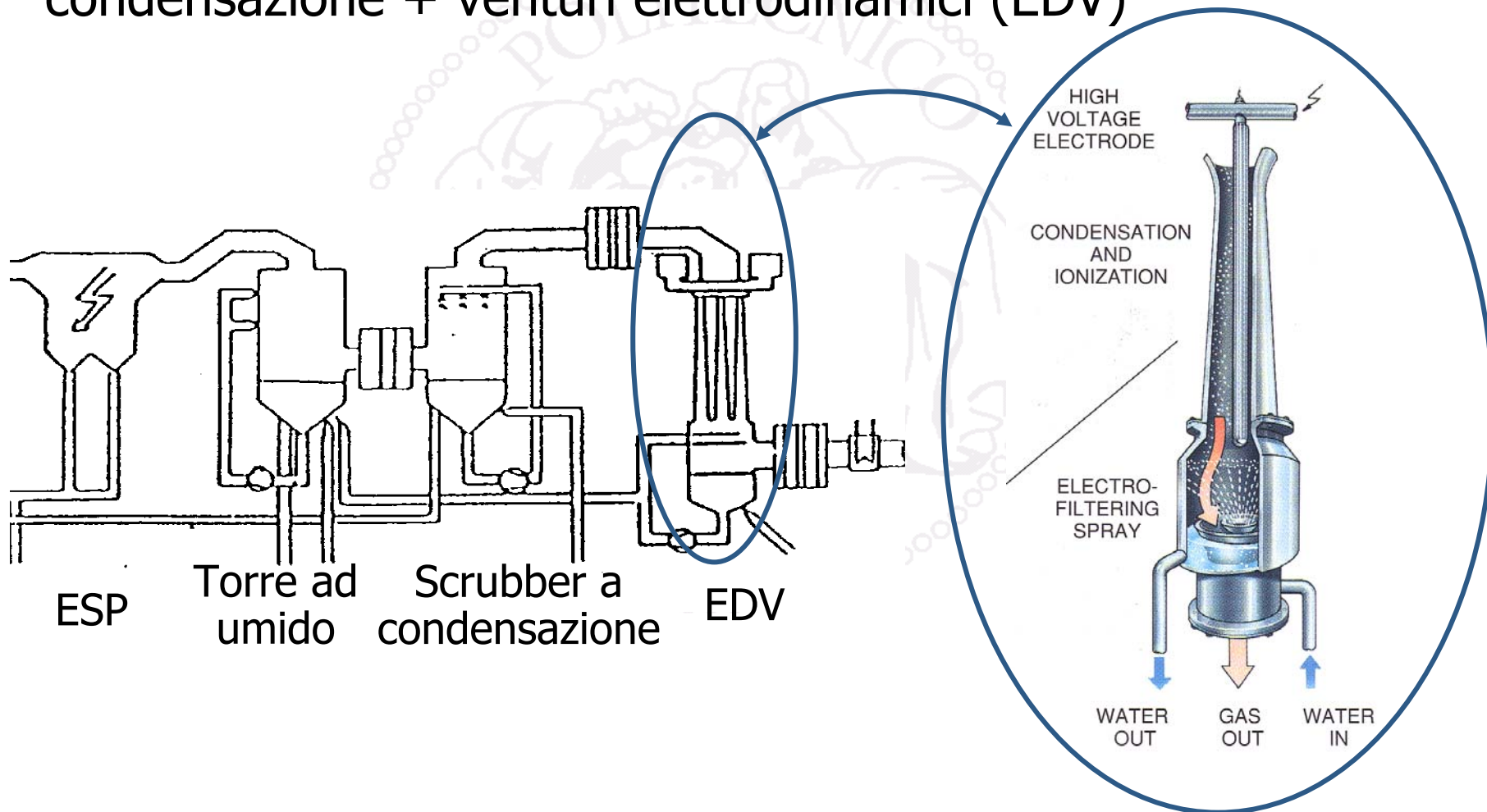
○ Sistemi ad umido

- assorbimento a due stadi (acqua + NaOH) in colonne a piatti/riempimento
- massime efficienze rimozione per HCl ed SO₂
- residui liquidi + pennacchi freddi/umidi (visibilità, postriscaldamento)



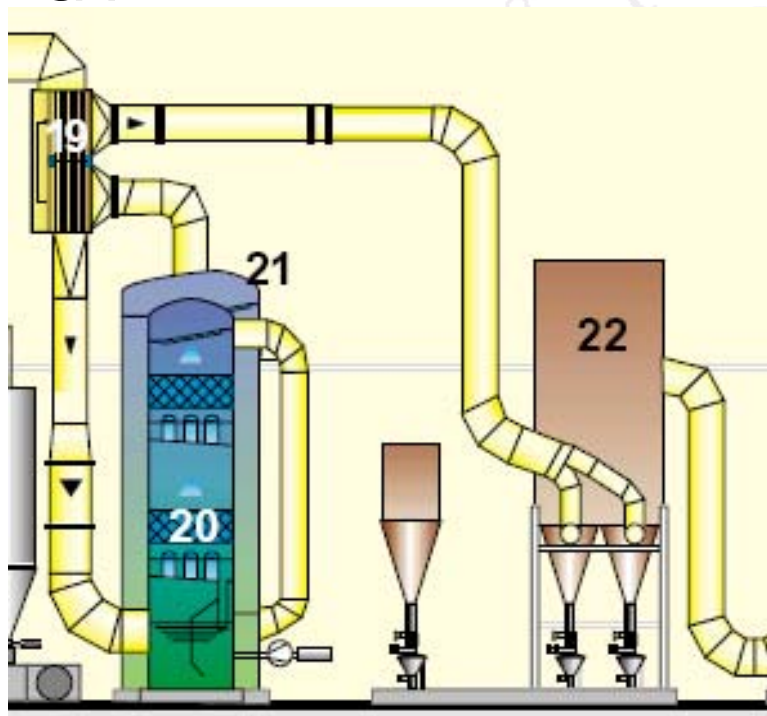
○ Sistemi ad umido

- potenziamento rimozione aerosoli/polveri fini: scrubber a condensazione + venturi elettrodinamici (EDV)



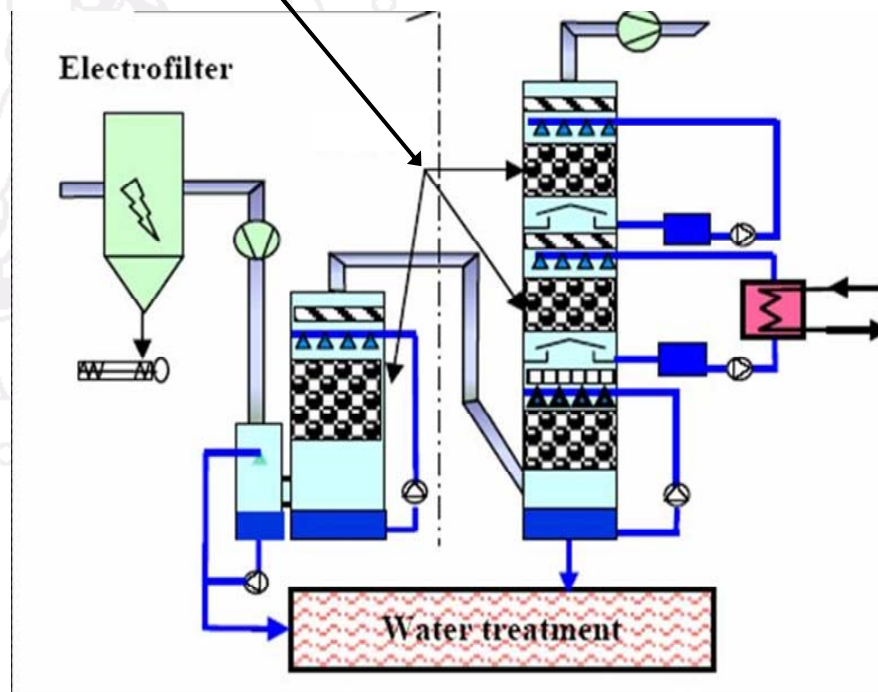
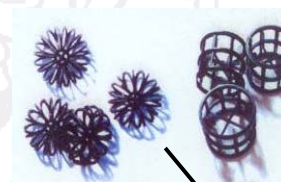
○ Sistemi ad umido

- Effetto memoria PCDD/F → adsorbimento CA (additivazione diretta, fase separata finissaggio), riempimenti compositi con CA



Lavaggio ad
umido
in torre a piatti

Additivazione AC
+ FF



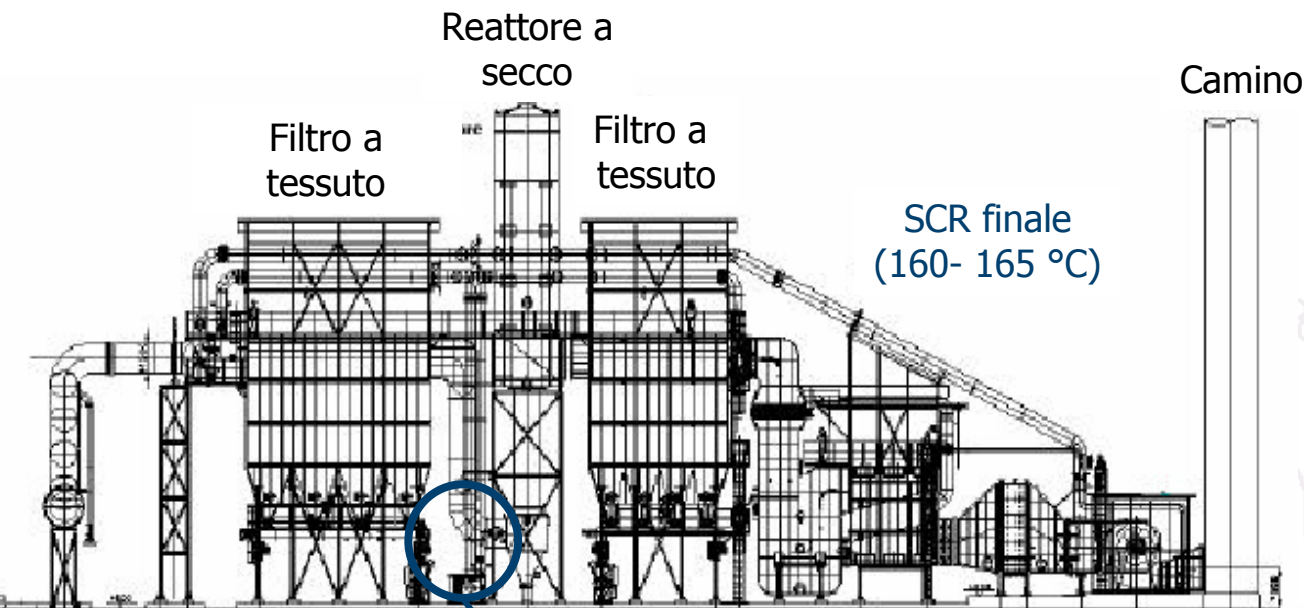
○ Controllo NO_x

● SNCR

- efficienze più contenute, complessità inferiore
- attento posizionamento ugelli iniezione in zone a T ottimale (livelli multipli)
- fughe NH_3 per elevate conversioni NO_x (emissioni residue, qualità residui solidi)
- riduzione PCDD/F (inibizione sintesi "de-novo")
- prospettive: iniezione reagenti supportata da plasma

● SCR

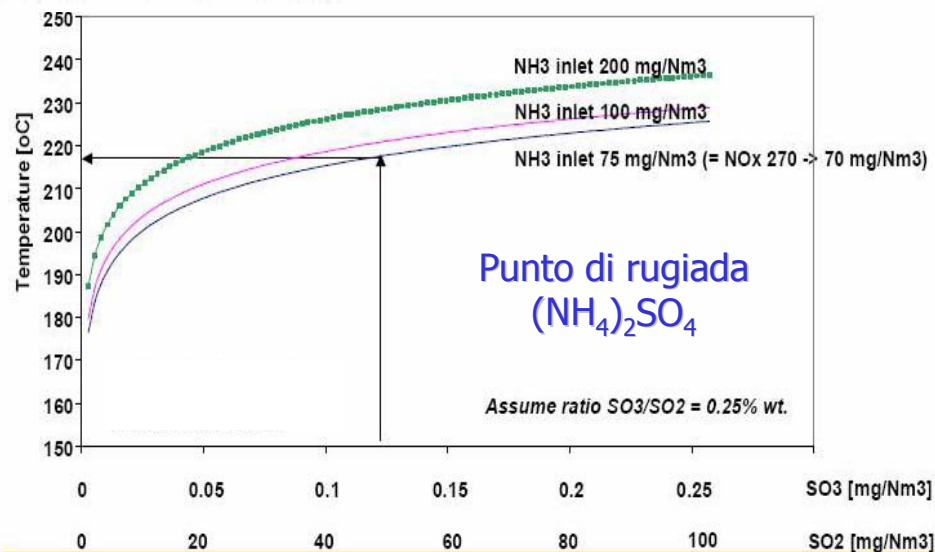
- efficienze più elevate, maggiori complessità (posizione "tail end")
- manutenzione supporti catalitici
- possibilità di operare a livelli ridotti di T (180-200°C) → disattivazione catalizzatore per precipitazione sali ammoniacali
- possibilità di conversione simultanea organici in traccia (PCDD/F)



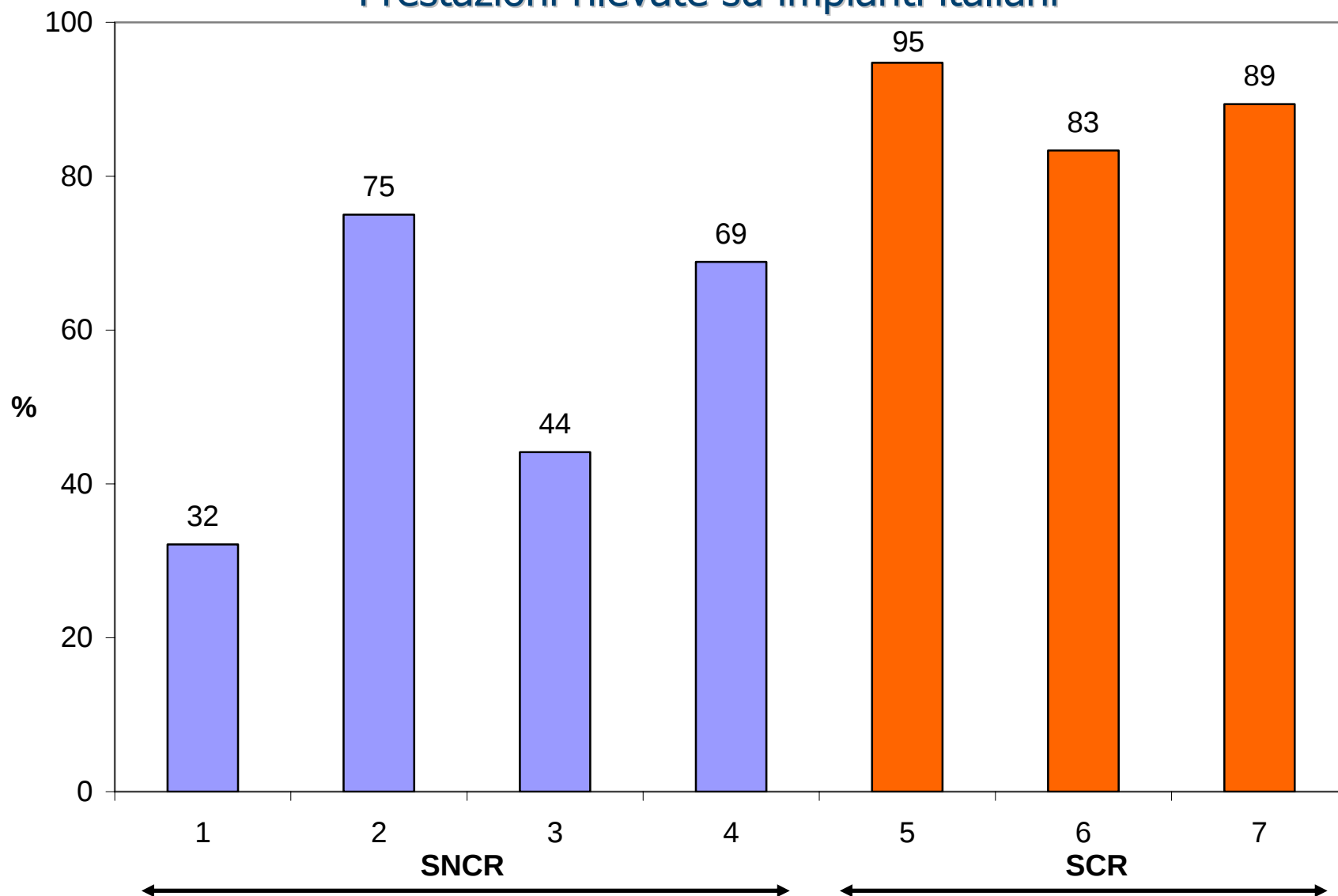
Dosaggio CA +
 NaHCO_3

SCR finale
(160- 165 °C)

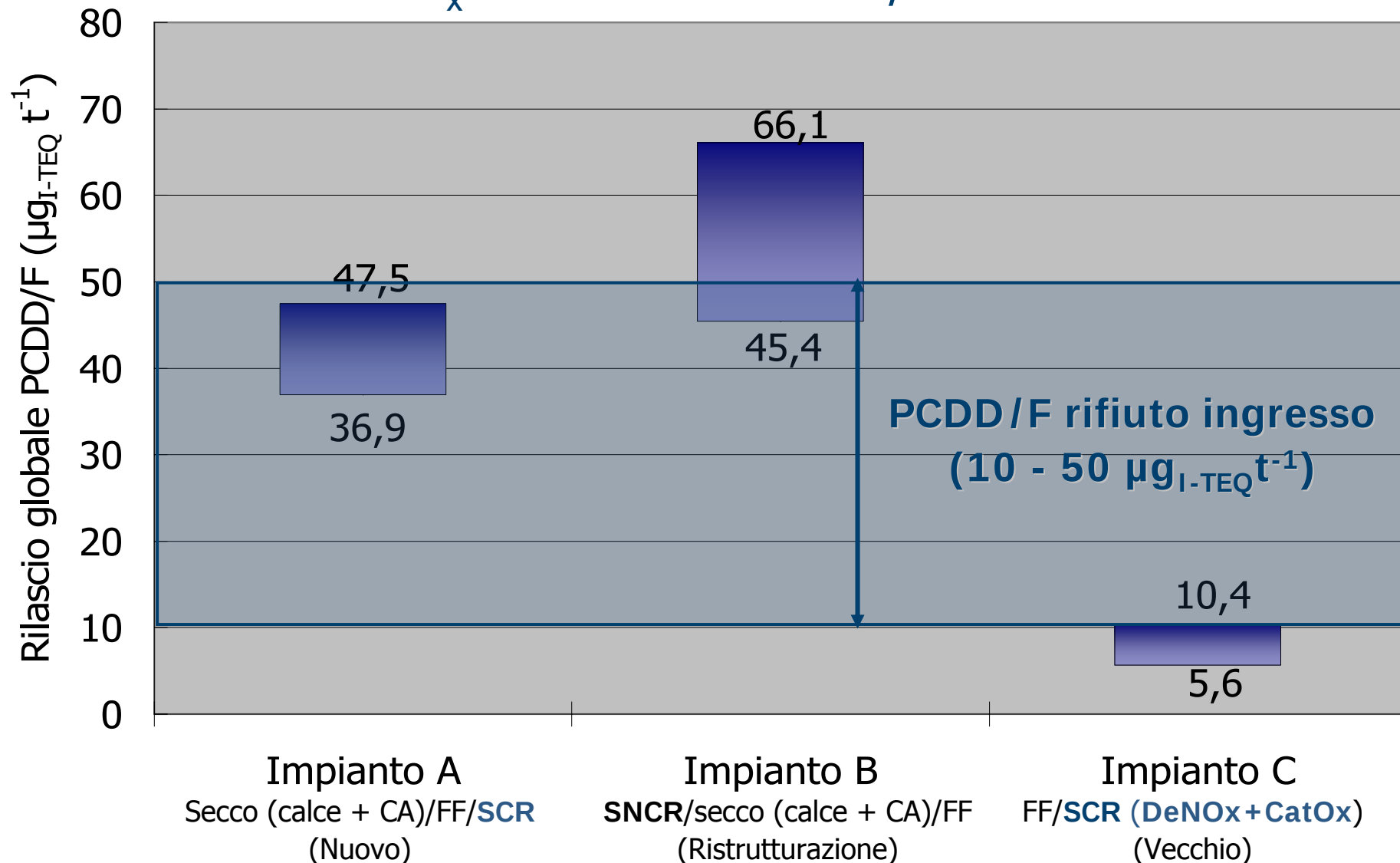
SCR a bassa T



Prestazioni rilevate su impianti italiani

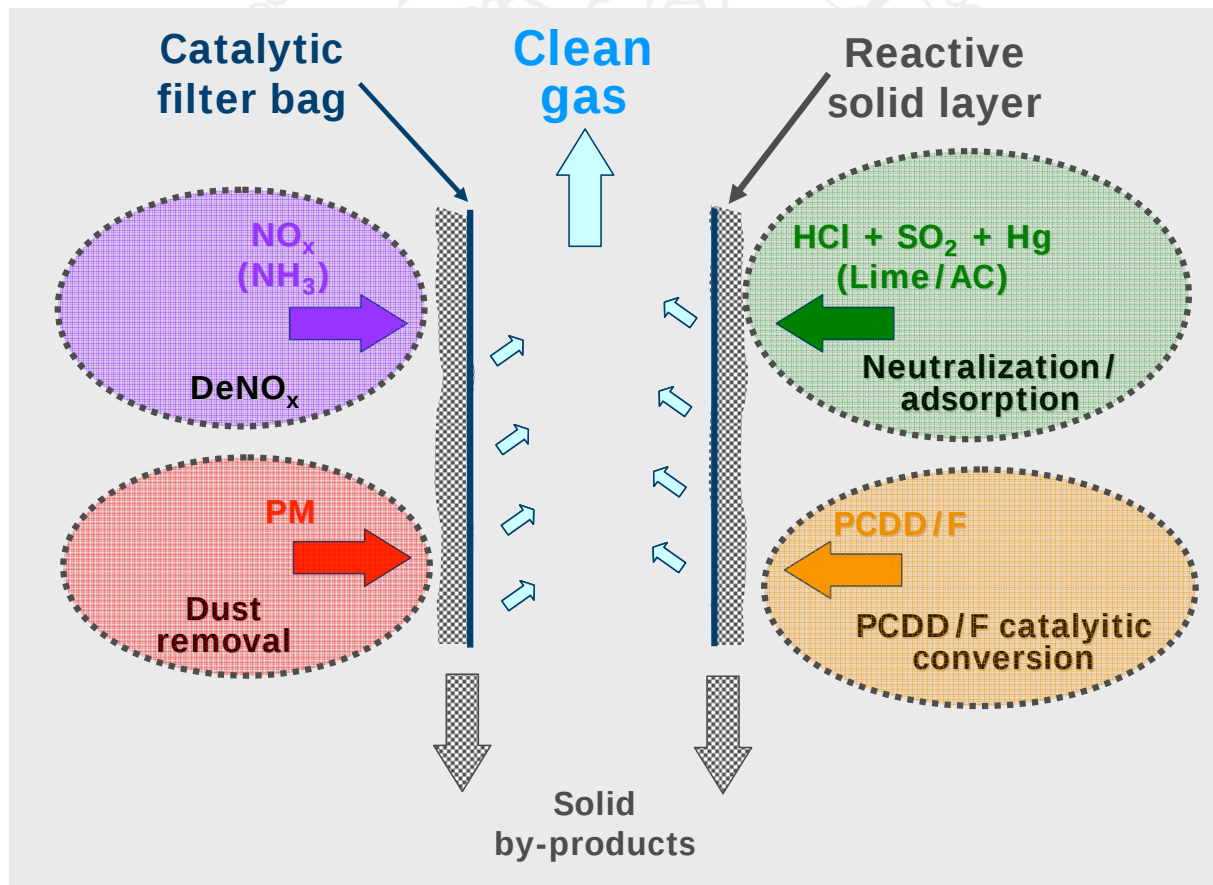


○ Sistemi controllo NO_x - rilasci totali PCDD/F



○ Prospettiva: sistemi catalitici integrati

- **maniche filtranti catalitiche** (tessuti in Gore-Tex® laminato su feltri impregnati di catalizzatore) per il controllo simultaneo di NO_x , PCDD/F, HCl, metalli in traccia e particolato

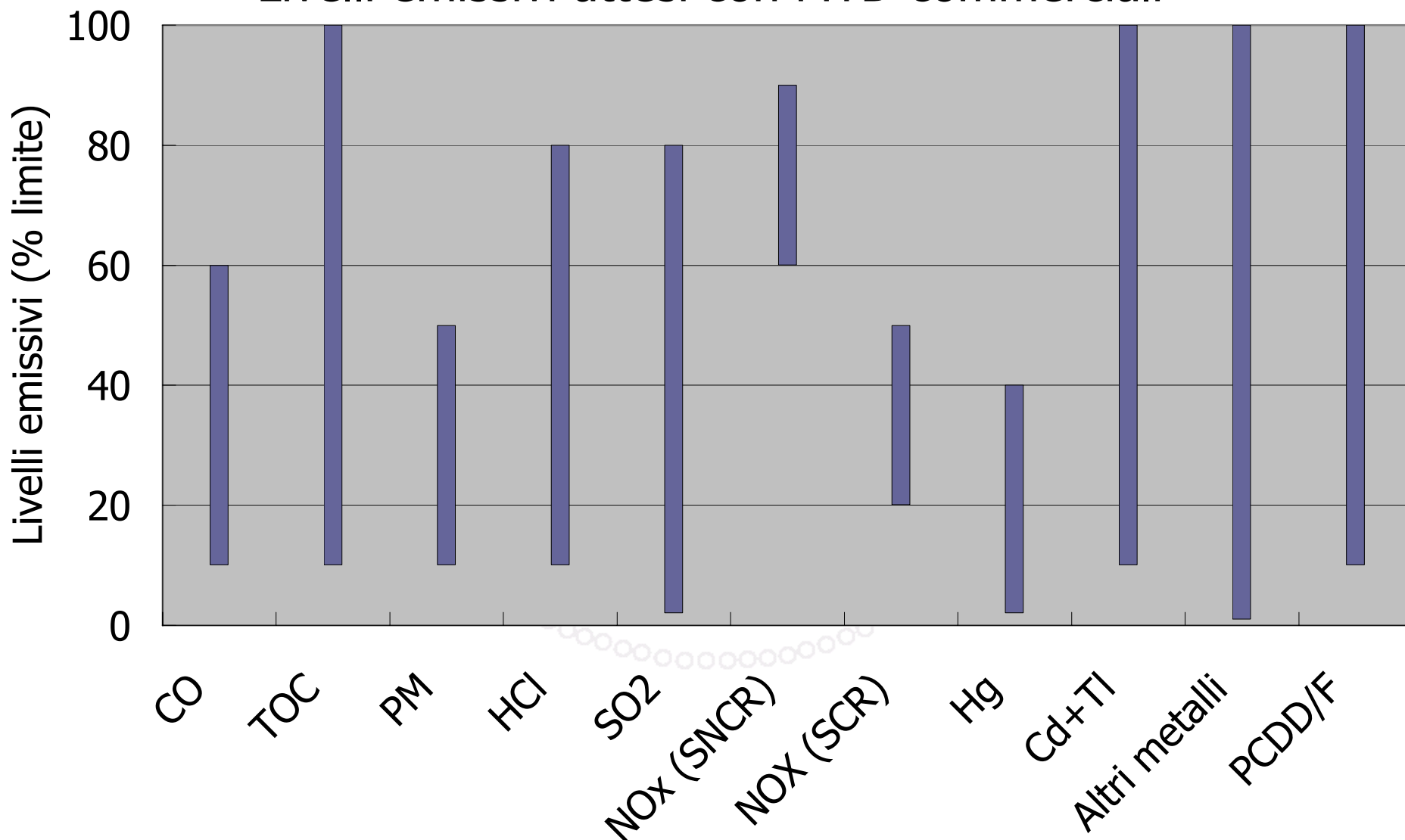


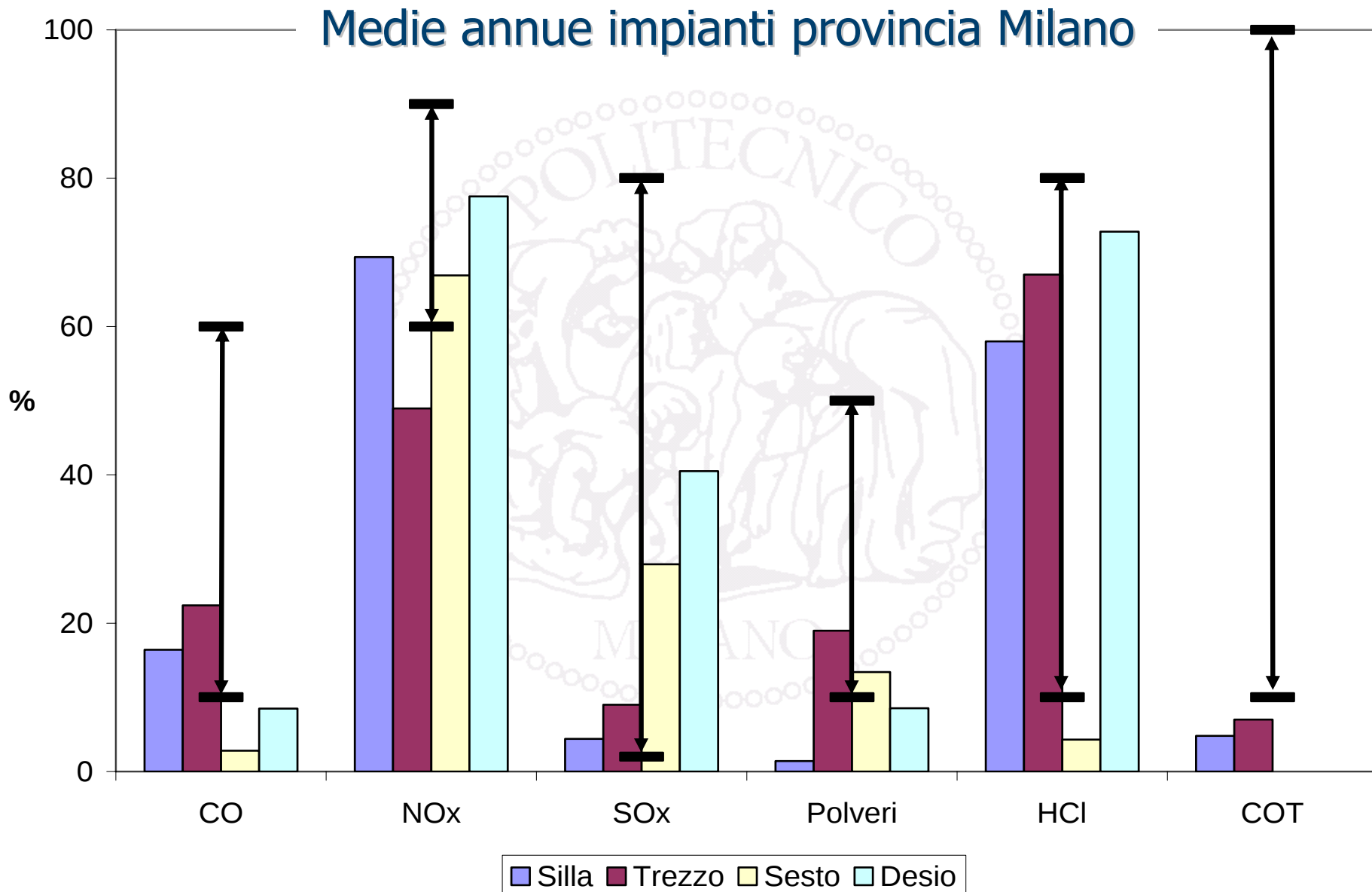


- Emissioni atmosferiche da termodistruzione rifiuti → **significantive riduzioni** nel contributo della sorgente alla qualità dell'aria con **tecnologie di controllo attualmente disponibili (MTD)**
 - **approccio integrato** nella configurazione delle linee di depurazione
 - depolverazione con **filtri a tessuto**
 - **sistemi a secco** per il controllo dei gas acidi/tossici in traccia
 - **sistemi ad umido** potenziati per il controllo dell'effetto memoria di PCDD/F
 - diffusione di **sistemi catalitici** per la **conversione simultanea** di NO_x /organici in traccia (PCCD/F)



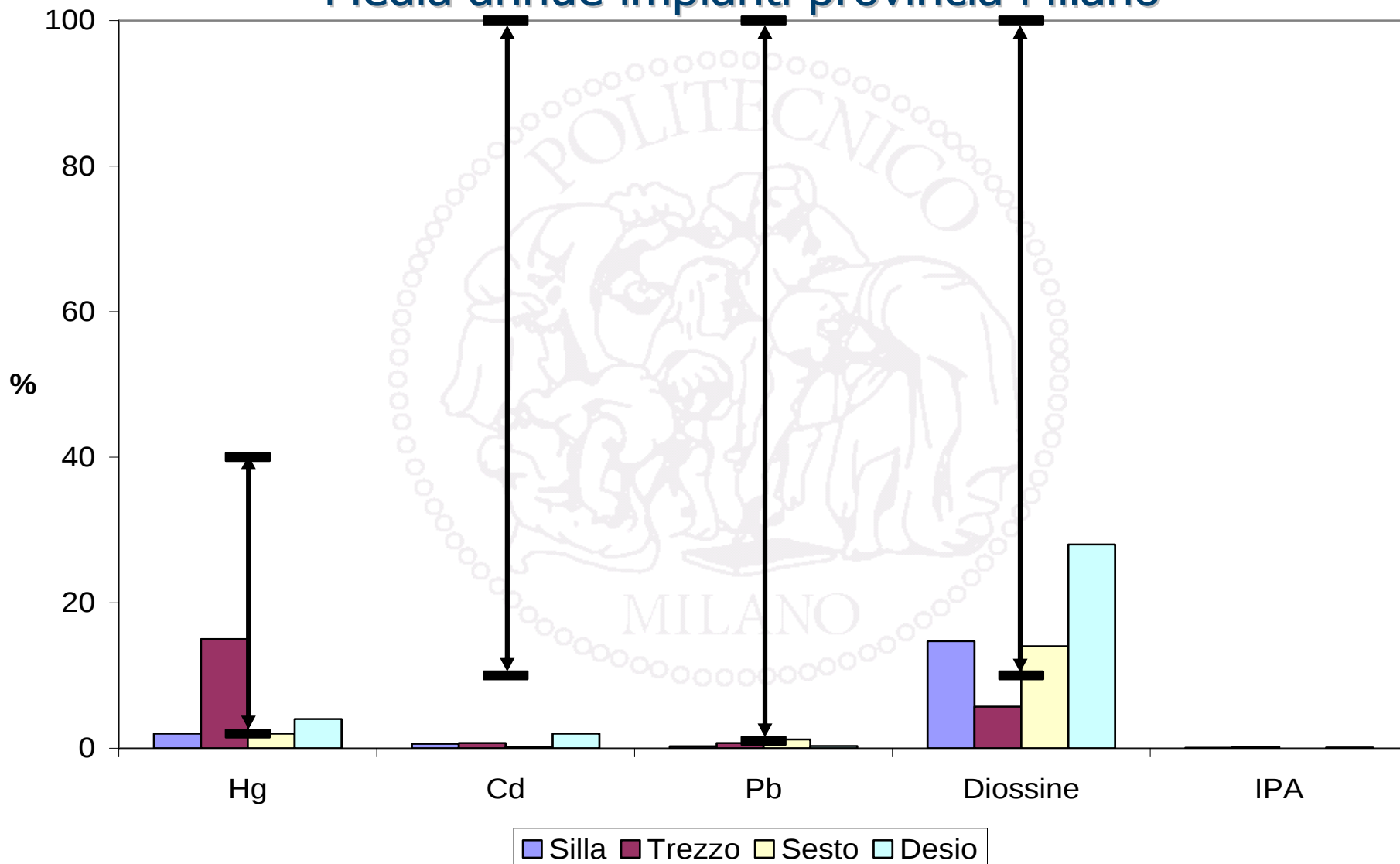
Livelli emissivi attesi con MTD commerciali







Media annue impianti provincia Milano



- Rilascio globale tossici in traccia (approccio IPPC)
- $\text{NH}_3 \rightarrow$ formazione particolato fine secondario
- $\text{N}_2\text{O} \rightarrow$ cambiamento climatico
- Polveri ultrafini ("nano") $\rightarrow$ effetti salute