



**federambiente**

## COMUNICATO STAMPA

# Nanopolveri: le caldaie a gasolio ne emettono cento volte più di un termovalorizzatore

Milano, 2 dicembre 2010

Le concentrazioni di nanopolveri nelle emissioni dalle ciminiere dei termovalorizzatori sono comparabili con quelle nell'aria ambiente, se non più basse, e di poco superiori a quelle rilevate nei fumi delle caldaie per riscaldamento domestico a gas naturale, mentre sono ben 100 volte inferiori a quelle dei fumi di scarico delle caldaie a *pellet* di legna o a gasolio e dei caminetti chiusi.

A questa conclusione è giunto lo studio *Emissioni di polveri fini e ultrafini da impianti di combustione* commissionato da Federambiente al LEAP (Laboratorio energia e ambiente di Piacenza), coordinato dai professori Stefano Cernuschi, Stefano Consonni e Michele Giugliano (Politecnico di Milano) con la partecipazione dei professori Aldo Coghe (Politecnico di Milano), Agostino Gambarotta ed Enrico Bergamaschi (Università degli studi di Parma), Pietro Apostoli (Università degli studi di Brescia) e la collaborazione dei ricercatori e collaboratori LEAP e del Politecnico di Milano Senem Ozgen, Matteo Perotti, Giovanna Ripamonti, Giovanni Sghirlanzoni e Ruggero Tardivo.

Realizzato nel corso di tre anni, lo studio ha analizzato criticamente le conoscenze scientifiche oggi disponibili sulla formazione di polveri in impianti di combustione fissi (caldaie per riscaldamento domestico e termovalorizzatori) e mobili (motori a benzina e Diesel), le emissioni che ne derivano, i meccanismi d'azione e i potenziali effetti sulla salute umana. Un'accurata indagine "sul campo" ha poi consentito di misurare e valutare la presenza della frazione ultrafine e delle nanopolveri nelle emissioni, l'efficienza dei filtri depolveratori e la composizione chimica delle microscopiche particelle.

Il rapporto conclusivo dello studio, il primo del genere a livello scientifico in Europa, è stato presentato questa mattina a Milano, nel corso di un convegno organizzato da Federambiente e LEAP al Museo della scienza e della tecnologia, dai tre coordinatori, che ne hanno illustrato i principali contenuti (riassunti nella sintesi allegata).

"Questo convegno – ha detto l'assessore al Territorio con delega ai rifiuti della Regione Lombardia, Daniele Belotti – ha il merito di offrire un contributo informativo importante riguardo a un tema, quello delle emissioni dei termovalorizzatori, riguardo al quale troppo spesso vengono fatte strumentalizzazioni. Per quanto ci riguarda, il concetto fondamentale su cui si deve basare una corretta politica di gestione dei rifiuti è che ogni regione dev'essere responsabile per ciò che produce e pertanto deve mettersi nelle condizioni di poter smaltire in modo autosufficiente i propri rifiuti. Un traguardo per raggiungere il quale sono indispensabili la collaborazione e il senso civico di tutti: non si può sempre voler smaltire l'immondizia lontano da casa propria. Nella nostra regione, e siamo fieri di poterlo affermare, siamo ormai vicini a questo traguardo e intendiamo proseguire in questa direzione. Meglio – ha concluso l'assessore –, come ci dimostrano gli studi presentati oggi, un impianto all'avanguardia e sotto controllo, con emissioni inquinanti contenute, che lasciare spazio a imprese spregiudicate, magari legate alla criminalità organizzata, che attraverso il *business* dei rifiuti cercano guadagni facili a scapito dell'ambiente e della salute dei cittadini".

"In quanto aziende pubbliche formate da uomini e donne che vivono nelle medesime città in cui lavorano, condividendo lo stesso ambiente con tutti i cittadini – ha affermato chiudendo i lavori il presidente di Federambiente, Daniele Fortini –, sentiamo la responsabilità di verificare la non nocività degli impianti. I risultati di questo studio, realizzato da scienziati tra i più autorevoli del mondo e noti per la loro assoluta indipendenza, confermano una volta di più che degli impianti industriali di trattamento dei rifiuti – come dimostra anche la drammatica situazione di Napoli e di altre città – non si può fare a meno, sempre perseguendo la minimizzazione del rischio e la tutela della salute dei cittadini. L'esperienza del termovalorizzatore di Acerra, del resto, ben testimonia di questo impegno con le sue emissioni, costantemente monitorate e certificate, sempre largamente al di sotto dei limiti di legge".

Ufficio stampa Federambiente Pietro Stramba-Badiale

06/95944131 335/7615257

[stampa@federambiente.it](mailto:stampa@federambiente.it) [www.federambiente.it](http://www.federambiente.it)

# Emissioni di polveri fini e ultrafini da impianti di combustione

– Milano, 2 dicembre 2010 –

## Introduzione

Lo studio, commissionato da Federambiente al laboratorio LEAP, ha l'obiettivo d'inquadrare e valutare criticamente la fenomenologia, la consistenza e le potenziali implicazioni delle emissioni di particolato fine e ultrafine da impianti di combustione dal minimo rilevabile di alcuni nanometri fino al limite di 10 micron.

Il gruppo di lavoro che ha condotto lo studio, della durata di tre anni, è stato coordinato dai professori Stefano Cernuschi, Stefano Consonni e Michele Giugliano (Politecnico di Milano) e ha visto la partecipazione dei professori Aldo Coghe (Politecnico di Milano), Agostino Gambarotta ed Enrico Bergamaschi (Università degli studi di Parma), Pietro Apostoli (Università degli studi di Brescia) con la collaborazione dei ricercatori e collaboratori LEAP e del Politecnico di Milano Senem Ozgen, Matteo Perotti, Giovanna Ripamonti, Giovanni Sghirlanzoni e Ruggero Tardivo.

Il lavoro comprende un'analisi critica delle conoscenze di letteratura sulla formazione ed emissione delle polveri fini nonché sul loro potenziale effetto sulla salute umana e una serie d'indagini sperimentali per la valutazione delle emissioni da processi di combustione in impianti fissi (piccole centrali termiche per il riscaldamento delle abitazioni alimentate a *pellet*, gasolio e gas e impianti industriali per la termovalorizzazione dei rifiuti), dell'efficienza di cattura del particolato ultrafine da parte di filtri a tessuto e per la caratterizzazione chimica del particolato ultrafine e nanoparticolato emesso dai termovalorizzatori.

Le indagini sperimentali hanno richiesto l'utilizzo di particolari strumenti nanotecnologici innovativi tuttora disponibili in pochissimi esemplari in tutta Europa.

## Lo stato dell'arte

Pochi sono gli studi scientifici finora pubblicati sulle emissioni e gli effetti delle polveri ultrafini (PU) in atmosfera, le cui caratteristiche fisiche e chimiche sono molto diverse da quelle delle polveri di maggiori dimensioni. Misurazioni e strategie del particolato grossolano possono quindi verosimilmente non essere applicabili nel caso delle polveri ultrafini.

Dagli studi analizzati emerge che il contenuto di polveri ultrafini in atmosfera è intrinsecamente instabile e soggetto a considerevoli variazioni in funzione del luogo (da un minimo di  $10\text{-}10^3/\text{cm}^3$  in aree rurali e marine a un massimo di  $10^6/\text{cm}^3$  ai bordi delle strade molto trafficate), della stagione e anche dell'ora del giorno.

Nelle grandi aree urbane la fonte più significativa di PU è rappresentata dal traffico veicolare, in primo luogo i motori Diesel convenzionali senza filtro antiparticolato, seguiti da quelli a benzina a iniezione diretta, da quelli a benzina convenzionali, da quelli a gas naturale e da quelli Diesel con filtro antiparticolato. Negli ambienti domestici – caratterizzati comunque da concentrazioni inferiori rispetto all'ambiente esterno – le sorgenti tipiche di PU sono il fumo di sigaretta, le candele, gli spray profumati e la frittura di carni. Tra gli impianti di combustione fissi la produzione di PU è massima ( $10^6\text{-}10^8/\text{cm}^3$ ) nelle caldaie a combustibili solidi (carbone, biomasse) e liquidi, seguite dagli inceneritori ( $10^5\text{-}10^6/\text{cm}^3$ ) e dalle turbine a gas ( $10^3/\text{cm}^3$ ).

Negli impianti di combustione fissi i filtri a tessuto e i depolveratori elettrostatici possono garantire efficienze di rimozione superiori al 99%, con possibilità di scendere a concentrazioni anche inferiori a 1 mg/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda i veicoli, invece, non esistono a oggi soluzioni specifiche finalizzate alla riduzione della formazione di polveri fini e PU nei motori a benzina o Diesel.

Gli studi epidemiologici finora pubblicati evidenziano che:

- i. esiste un debole effetto delle polveri fini e delle PU sia sulla mortalità totale sia su quella per cause respiratorie e cardiovascolari;
- ii. le polveri fini sono tendenzialmente associate a effetti immediati (latenza di 0-1 giorni), prevalentemente respiratori; le PU a effetti relativamente ritardati (latenza di 4-5 giorni), prevalentemente cardiovascolari;
- iii. gli effetti delle due frazioni, ove misurate, appaiono indipendenti. Ne consegue che la misura delle polveri fini non può essere utilizzata come indicatore d'esposizione a PU.

L'assenza di misure d'esposizione su popolazioni sufficientemente vaste e la difficoltà a ricostruire esposizioni personali (incluse le sorgenti *indoor*) attendibili fanno concludere che le evidenze accennate sono molto deboli e che le stime di rischio hanno significatività statistica limitata. Dall'analisi delle implicazioni tossicologiche degli studi nel settore, infine, non emergono indicazioni di rischi particolari attribuibili alle PU provenienti da attività di combustione dei rifiuti che recuperano energia, purché in linea con la migliore tecnologia disponibile.

## L'indagine sperimentale

Le campagne di misurazione hanno interessato tre impianti di termovalorizzazione di rifiuti, rappresentativi delle configurazioni più recenti presenti in Italia, nonché alcune utenze termiche di riscaldamento civile alimentate con combustibili rappresentativi della varietà di situazioni riscontrabili in tale contesto.

I principali risultati dell'indagine sulle utenze termiche civili sono sintetizzati nella tabella seguente:

Tabella 2: Sintesi comparativa dei risultati dell'indagine sulle utenze termiche civili.				
Utenza	Condizione di campionamento-regime di esercizio caldaia	Concentrazione (cm <sup>-3</sup> )	Fraz.<0,1µm(%)/ Fraz.<0,05µm(%)	Moda (µm)
Pellet	Diluizione-carico nominale	41 · 000 · 000 - 52 · 000 · 000	93-95 / 19-28	0,072
	Diluizione-carico ridotto	24 · 000 · 000	39 / 0	0,204
Caminetto chiuso	A caldo-carico nominale	51 · 000 · 000 - 81 · 000 · 000	48-70 / 9-19	0,02-0,12
	Diluizione-carico nominale	60 · 000 · 000 - 78 · 000 · 000	54-72 / 8-19	0,02-0,12
Gasolio	Diluizione-carico nominale	8 · 600 · 000 - 67 · 000 · 000	> 99 / 89 - 97	0,021
	Diluizione-carico ridotto	11 · 000 · 000 - 17 · 000 · 000	92 - 95 / 40 - 56	0,072
	A caldo-carico nominale	1 · 300 · 000	97 / 74	0,054
	A caldo-carico ridotto	6 · 000 · 000	94 / 64	0,054
Gas naturale	Diluizione-carico nominale	4 · 500	89 / 68	0,021
Aria ambiente	-	15 · 000 - 28 · 000	88 / 64	0,021

Le concentrazioni più elevate sono state riscontrate nei caminetti chiusi e negli impianti alimentati a *pellet*, senza scostamenti significativi al variare della diluizione, con un valore medio di 2,4·10<sup>7</sup> cm<sup>-3</sup>, al

contrario di quanto rilevato per le caldaie a gasolio, che mostrano significative differenze a diversi livelli di diluizione, da un minimo di  $8,6 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$  a un massimo di  $6,7 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}$ . In ambedue i casi le concentrazioni allo scarico risultano largamente superiori a quelle nell'aria comburente (mediamente  $2,9 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ ). Molto diversi i risultati per le caldaie alimentate a gas naturale: in questo caso le concentrazioni, significativamente assai più limitate, oscillano tra un minimo al di sotto della soglia di rilevabilità e un massimo di  $6,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ , con una media di  $4,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ , costantemente al di sotto di quelle dell'aria comburente.

Le misure su impianti di termovalorizzazione, effettuate a Milano (Silla 2), Brescia e Bologna, sono riassunte nella tabella seguente:

Tabella 3: Sintesi comparativa dei risultati acquisiti nell'indagine sugli impianti di termovalorizzazione rifiuti.				
Impianto	Condizione di campionamento	Concentrazione ( $\text{cm}^{-3}$ )	Fraz. <0,1 $\mu\text{m}$ (%)/ Fraz. <0,05 $\mu\text{m}$ (%)	Moda ( $\mu\text{m}$ )
Milano	Diluizione	10637 - 17228	95 - 97 / 79 - 93	0,021 - 0,072
	A caldo	4958	97 / 74	0,017
	Aria ambiente	32059	96 / 77	0,021
Brescia	Diluizione	3916 - 7035	91 - 94 / 71 - 82	0,021 - 0,072
	Aria ambiente	13529	91 / 70	0,021
Bologna	Diluizione	41496 - 70026	95 - 97 / 84 - 88	0,021
	A caldo	25000	96 / 78	0,021
	Aria ambiente	19594	97 / 86	0,021

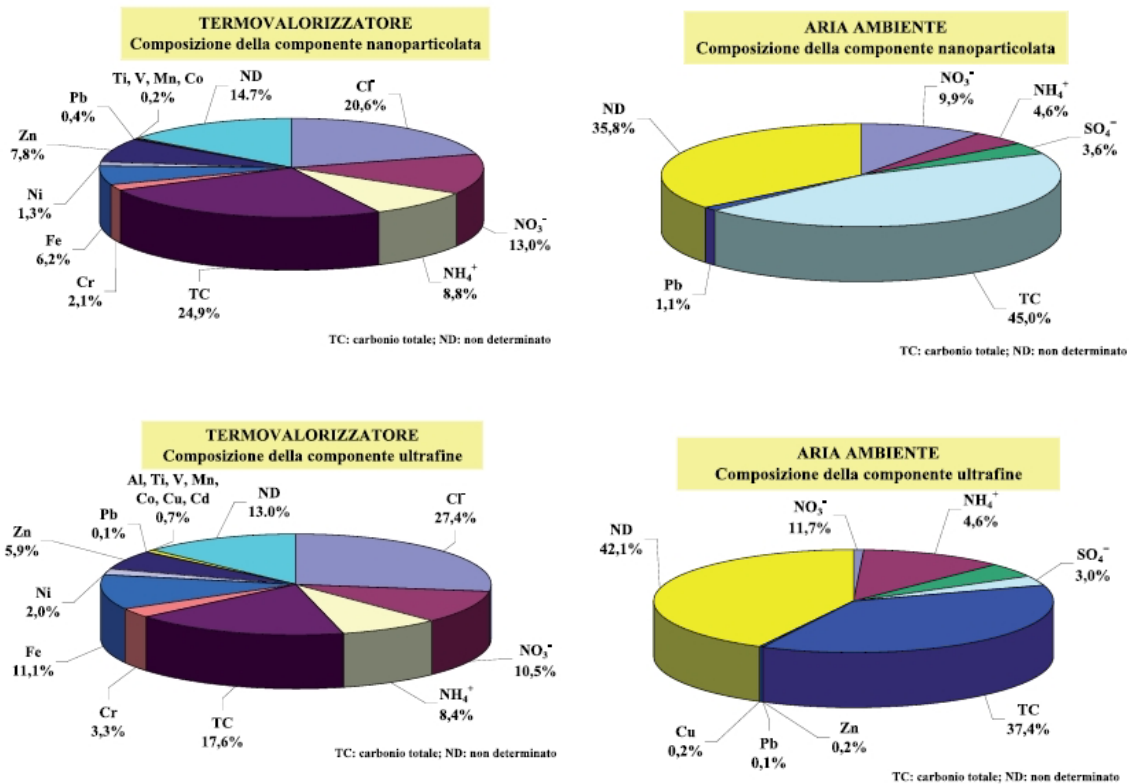
Le rilevazioni effettuate sull'impianto Silla 2 di Milano mostrano differenze di concentrazione non ampie al variare della diluizione, tra un minimo di  $7,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$  e un massimo di  $2,3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ , sempre decisamente inferiori alla concentrazione nell'aria ambiente, mediamente pari a  $3,2 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ . Non dissimili le condizioni nell'impianto di Brescia, con concentrazioni oscillanti tra un minimo di  $2,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$  e un massimo di  $9,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$  al variare della diluizione, a fronte di una concentrazione media di  $1,4 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$  nell'aria comburente. Nell'impianto di Bologna, invece, le concentrazioni crescono al crescere della diluizione, da un minimo di  $3,3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$  a un massimo di  $8,4 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ , valori sempre superiori a quelli dell'aria ambiente, mediamente pari a  $1,9 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ .

### Efficienza di cattura del depolveratore a tessuto

La concentrazione media totale di particelle in ingresso al filtro, rappresentative dell'emissione attesa in atmosfera senza alcun trattamento di depolverazione, mostrano è di  $7,6 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$ . Le corrispondenti misure in uscita rilevano concentrazioni medie pari a  $2,4 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$ , inferiori di oltre un ordine di grandezza a quelle misurate in ingresso: la presenza del depolveratore si traduce in tal modo in una rimozione dell'ultrafine e del nanoparticolato (20-100 nm) con un'efficienza media del 97% e delle submicroniche (100-1000 nm) con efficienza compresa nell'intervallo 98-99,99%. Il filtro a manica si conferma quindi un potente strumento di depolverazione anche per le componenti ultrafini

## Caratterizzazione chimica di PU da termovalorizzatore

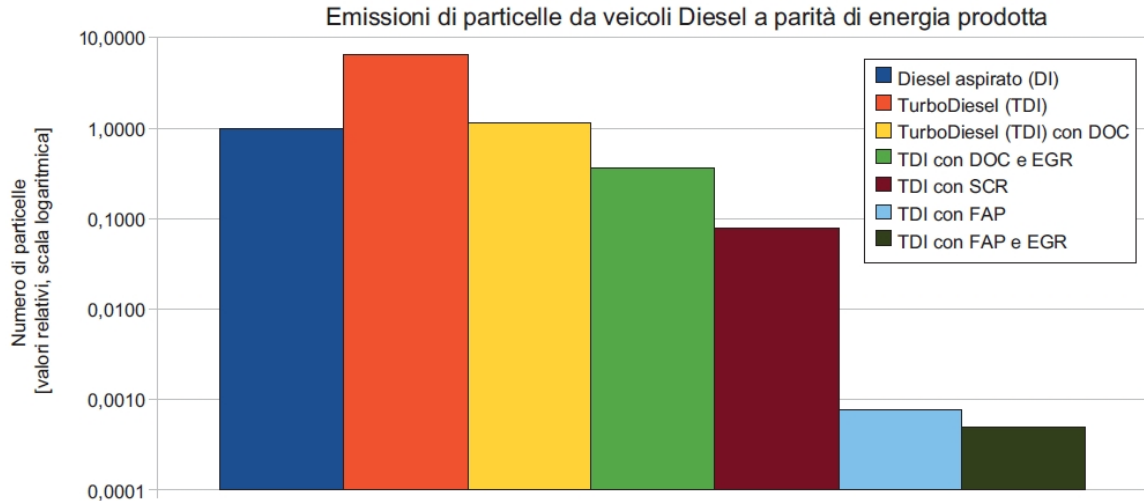
La composizione della componente nanoparticolata e ultrafine ottenuta nell'indagine è riportata nella figura seguente, che consente di comparare l'emissione di un termovalorizzatore di rifiuti con l'aria ambiente:



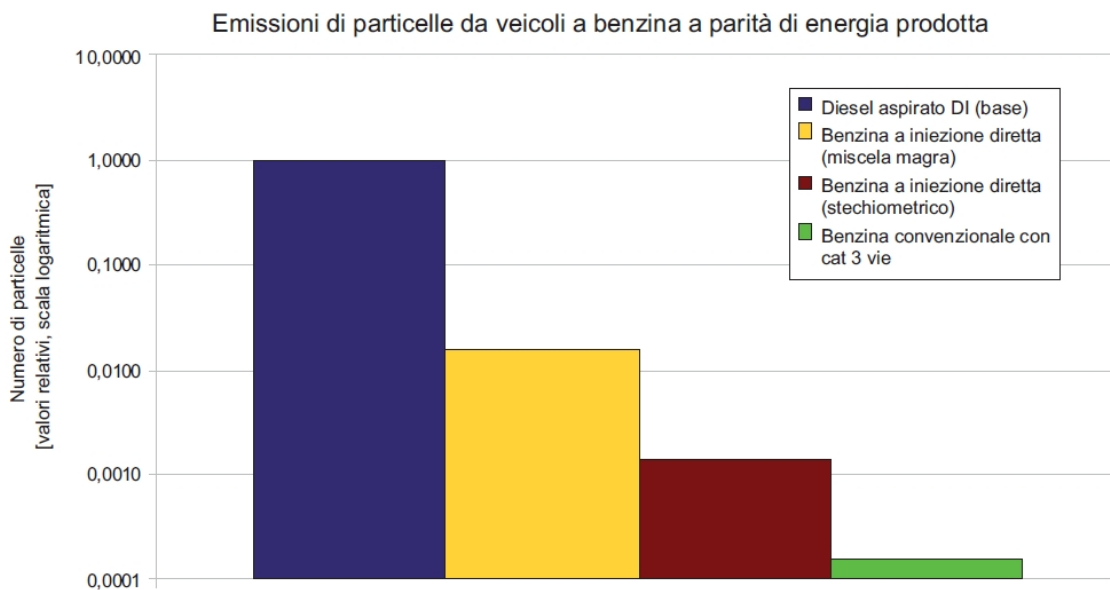
Dal confronto con la composizione del particolato, campionato in questo caso nell'aria ambiente di un sito rappresentativo del fondo urbano di Milano, il complesso delle particelle ultrafini (> 100 nm) emesse dal termovalorizzatore, rispetto alla corrispondente frazione dell'aria ambiente, risulta più ricco nella componente metallica; è invece minore il contenuto di componente carboniosa e ammonio, con una sostanziale assenza di solfati e un contenuto piuttosto analogo di nitrati.

## Emissioni da sorgenti mobili - Diesel e benzina

L'applicazione ai motori Diesel di catalizzatori di sola ossidazione (DOC) riduce di quasi un ordine di grandezza le emissioni di nanoparticelle e PU e ancor più se accoppiati al ricircolo dei gas di scarico (EGR) previamente raffreddati. L'utilizzo d'un filtro antiparticolato (FAP o anche DPF, Diesel Particulate Filter) permette di ridurre di circa tre ordini di grandezza il numero complessivo di particelle.

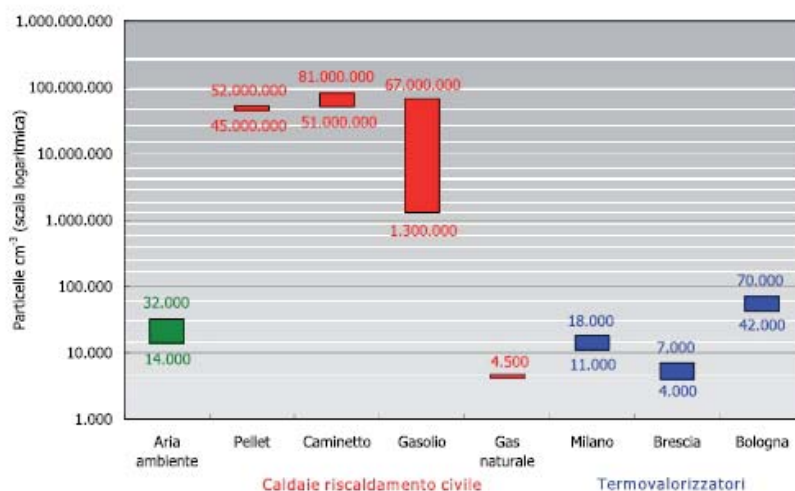


I motori a benzina convenzionali (MPI) dotati di catalizzatore a tre vie emettono un numero di particelle confrontabile con i più moderni motori Diesel dotati di FAP e EGR raffreddato. I motori a iniezione diretta (GDI) dotati di catalizzatore emettono un numero di nanoparticelle e PU nettamente superiore: quelli funzionanti con carica omogenea in condizioni stechiometriche hanno emissioni di circa un ordine di grandezza superiori, mentre quelli con carica stratificata e miscela globalmente magra emettono un numero di nanoparticelle e PU di due ordini di grandezza più grande di quello misurabile in un motore a iniezione indiretta.



## Considerazioni conclusive

I risultati dell'indagine sono sintetizzabili nella tabella seguente:



Le emissioni di PU sono risultate in linea con la qualità del combustibile, le modalità di combustione e la presenza e configurazione delle linee di depurazione. Le concentrazioni di PU all'emissione dei termovalorizzatori sono collocate sugli stessi livelli di quelle nell'aria ambiente, se non addirittura inferiori in due casi su tre. E in tutti i casi le concentrazioni misurate risultano sistematicamente inferiori di almeno due ordini di grandezza rispetto a quelle delle caldaie civili alimentate a *pellet* o a gasolio e di poco superiori a quelle delle caldaie civili alimentate a gas naturale. In ambedue le tipologie d'impianto la componente condensabile presenta apprezzabili effetti nell'incrementare i livelli d'emissione di PU, mentre le distribuzioni in dimensioni e numero appaiono caratterizzate dalla larga prevalenza di frazioni ultrafini e nanopolveri. Il depolveratore a tessuto si conferma un potente strumento di depolverazione anche per le componenti ultrafini. Infine la composizione chimica della componente nanoparticolata e ultrafine emessa dalla termovalorizzazione di rifiuti urbani risulta del tutto congruente con le caratteristiche del combustibile e le vicende del processo di combustione.

Pertanto, il complesso delle valutazioni che emergono dallo studio evidenzia come l'attività di termovalorizzazione di rifiuti, pur contribuendo come tutte le combustioni alle emissioni di PU, non mostra allo stato attuale elementi scientifici, né probanti né sospetti, per escludere a priori questa tecnica di smaltimento e recupero d'energia in quanto fonte particolarmente importante di nanopolveri. Per ciò che riguarda il fronte dell'esposizione e degli effetti sulla salute, ferma restando la doverosa attenzione al ruolo ambientale del particolato ultrafine e dei suoi componenti, dall'analisi delle implicazioni epidemiologiche e tossicologiche degli studi nel settore non emergono indicazioni di rischi particolari attribuibili alle PU provenienti da combustione dei rifiuti, purché si tratti d'impianti in linea con la migliore tecnologia disponibile.