



POLITECNICO DI MILANO

DIAR Sezione Ambientale



Regione Lombardia



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia



*Le emissioni dalla combustione della legna
in piccoli impianti domestici e la qualità dell'aria*

23 maggio 2011



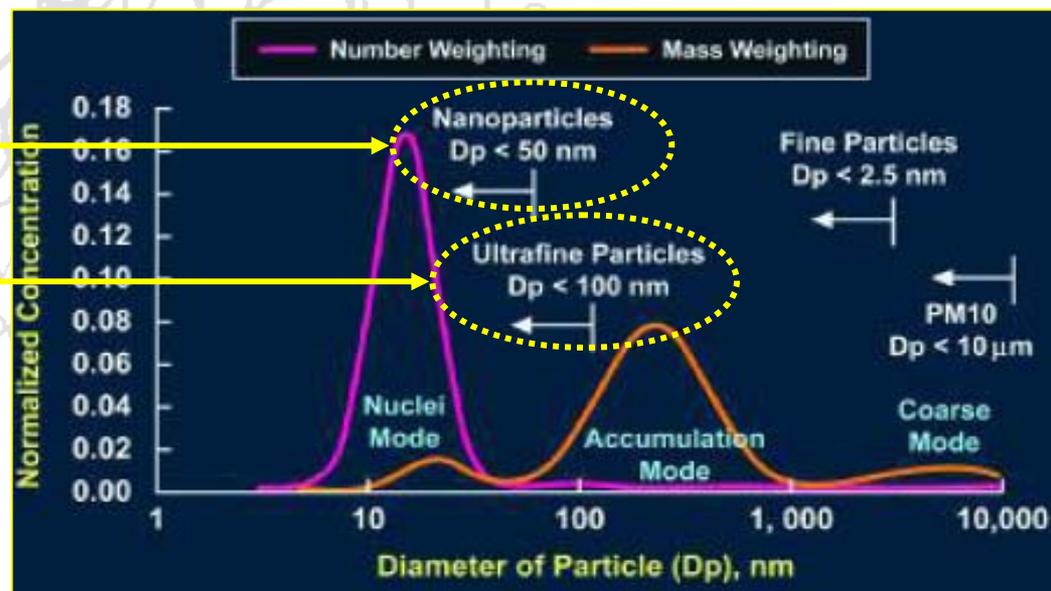
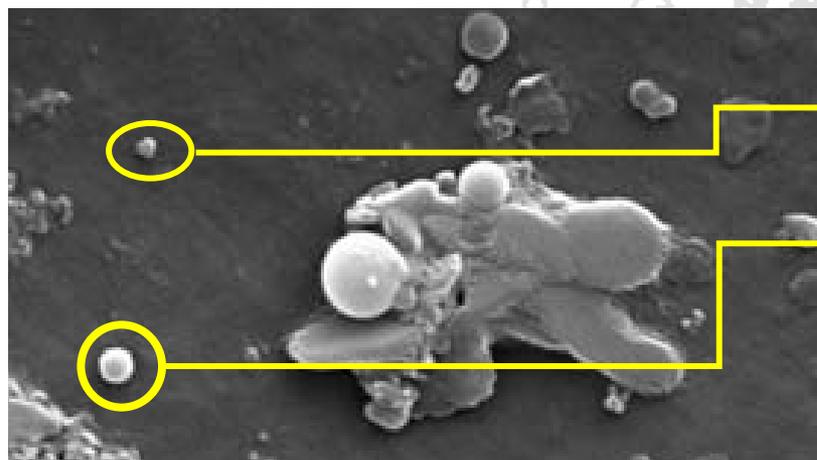
EMISSIONI DI PARTICOLATO ULTRAFINE E NANOPOLVERI DALLA COMBUSTIONE DELLA LEGNA

Stefano CERNUSCHI, M. Giugliano, S. Ozgen, G. Ripamonti

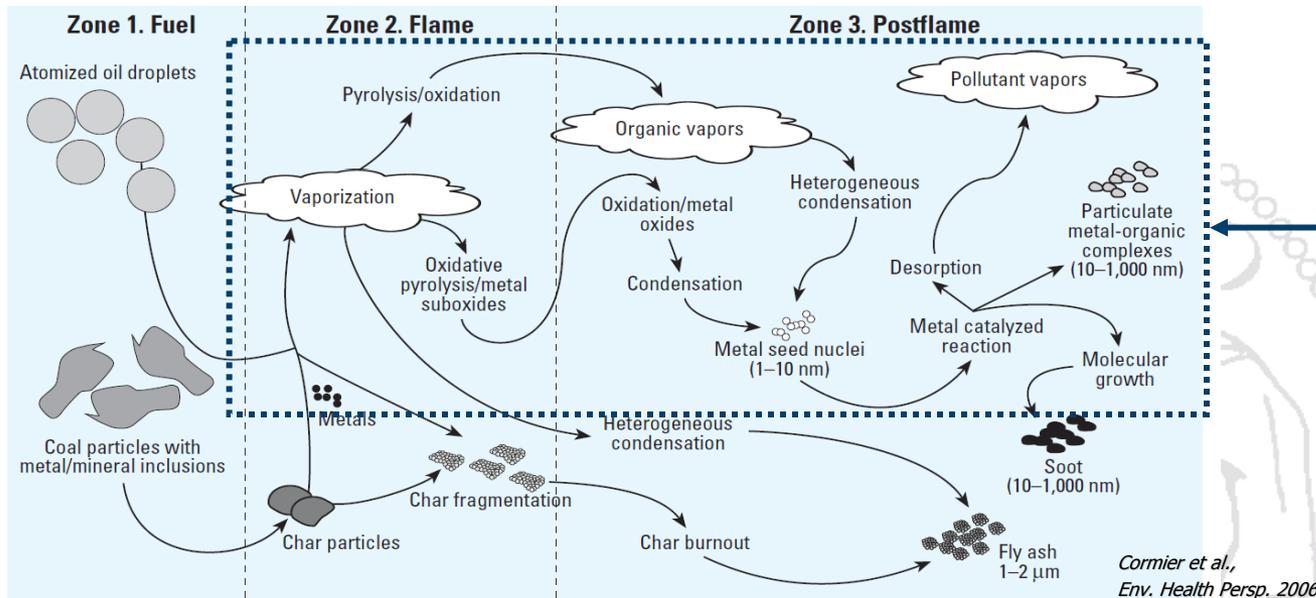


Polveri ultrafini (UP) e nanoparticolato (NP)

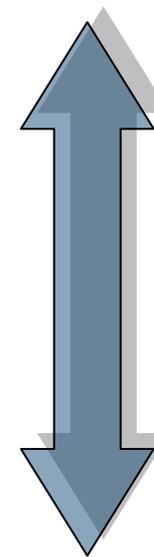
- Dimensioni $< 0,1 \mu\text{m}$ (UP) - $0,05 \mu\text{m}$ (NP)
- **Principali implicazioni** ambientali → nanotecnologie, nanomateriali, esposizioni professionali
- Recente interesse **emissioni da combustione**
 - estesi riferimenti per sorgenti veicolari → motori diesel
 - scarse informazioni per sorgenti fisse (riscaldamento, centrali di potenza, attività industriali)



Emissioni da combustione

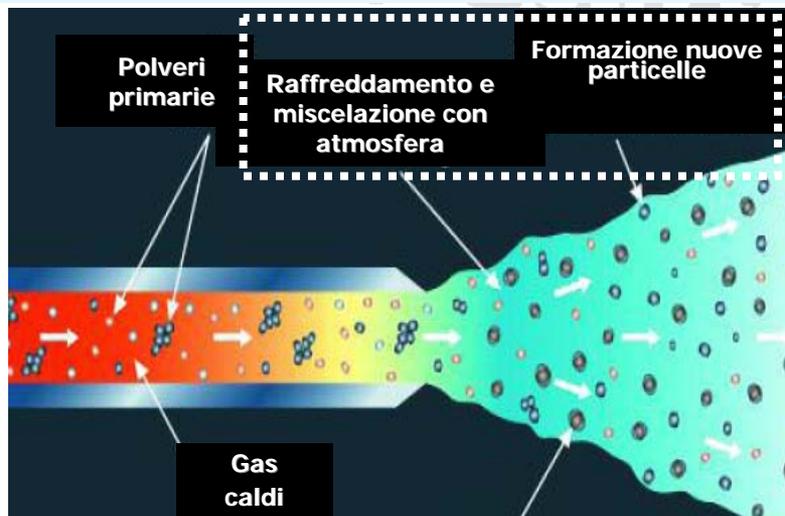


Primarie



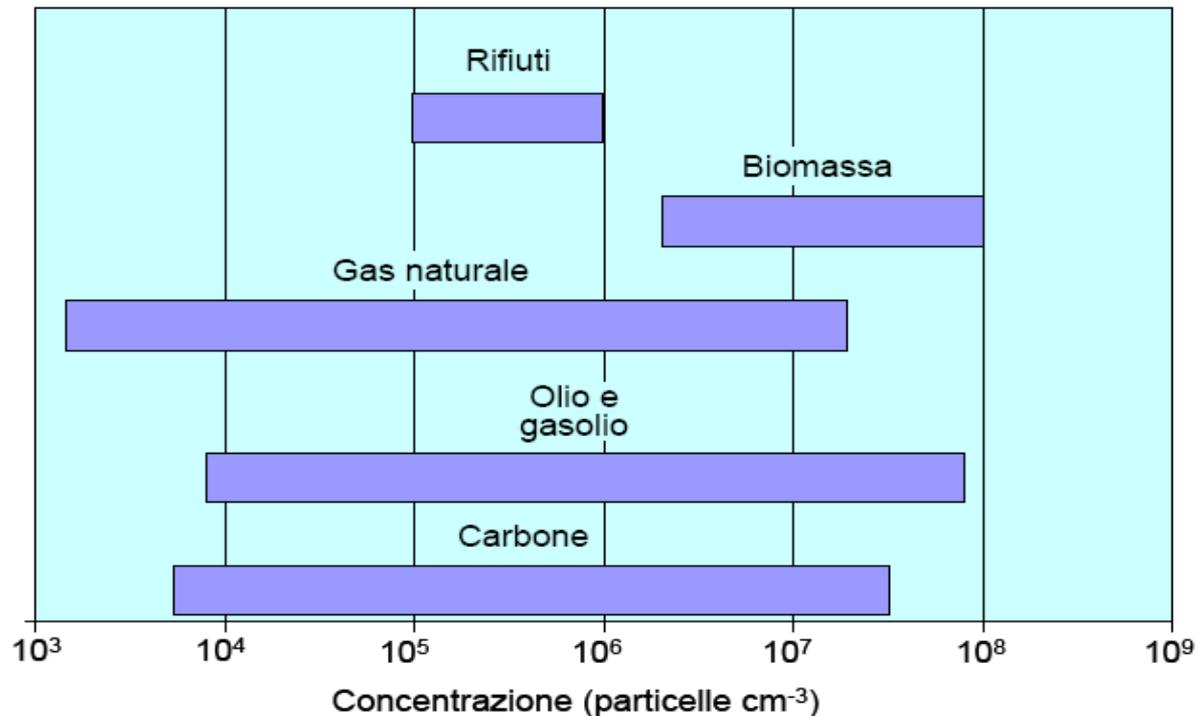
Condensabili

(nucleazione speci semivolatili per raffreddamento/diluizione atmosferica)



Emissioni da combustione fissa

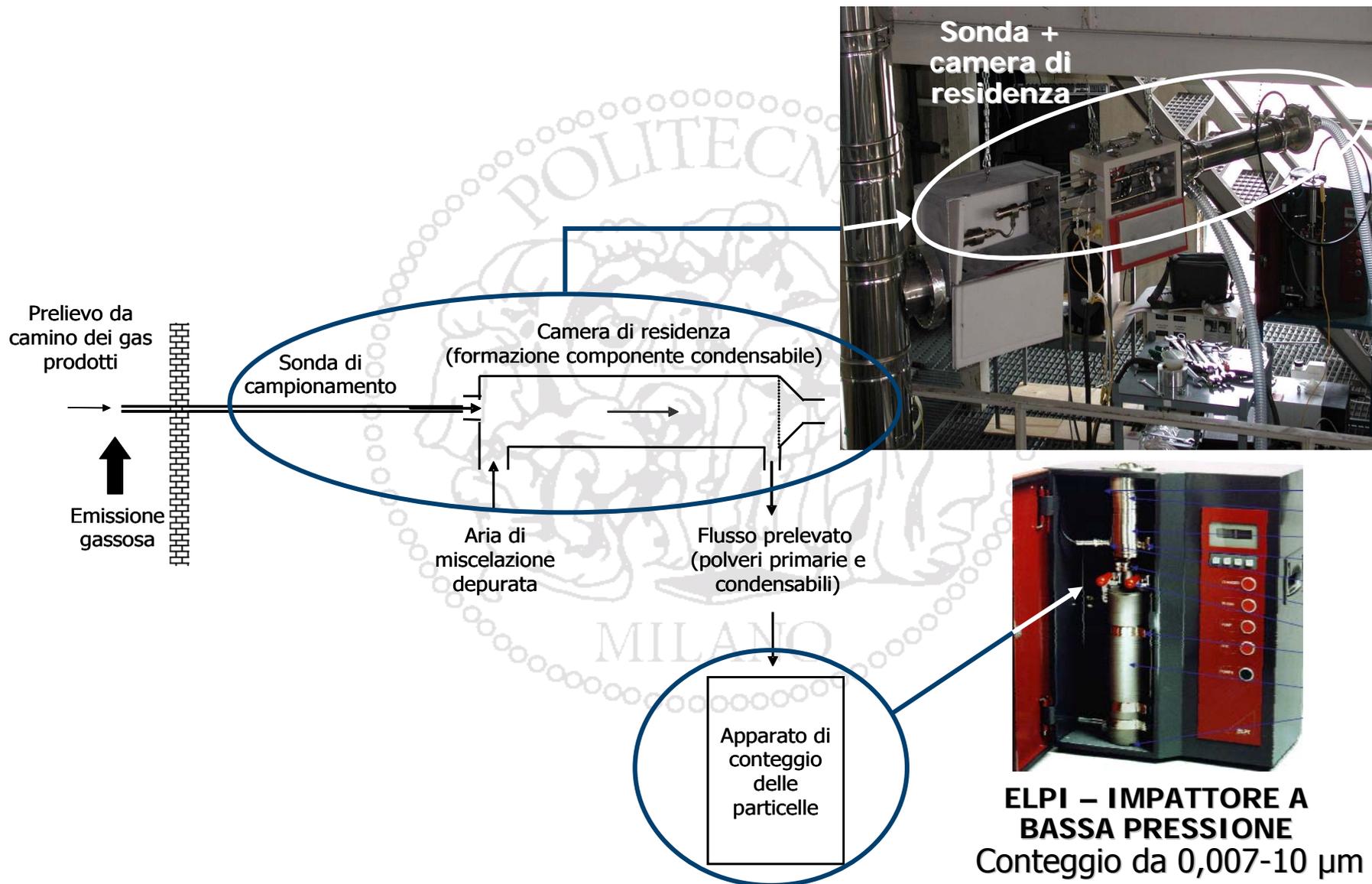
- Forte dipendenza con
 - tipologia combustibile
 - tecnologia combustione
 - sistema depolverazione
 - condizioni di esercizio
 - modalità di campionamento (caldo, freddo per diluizione → **componente condensabile**) e conteggio particelle



Progetto ULTRAPART (LEAP/Politecnico)

- Emissioni di UP/NP da impianti di **combustione fissa**
 - impianti termici per riscaldamento civile alimentati con combustibili convenzionali (gasolio e gas naturale) e **biomasse (pellet, legna)**
 - impianti di termovalorizzazione di rifiuti urbani
- Misura della **concentrazione in numero** e delle **caratteristiche dimensionali** del particolato
 - componente **primaria** prodotta durante la combustione
 - componente **condensabile** formata all'atto dell'immissione in atmosfera

Linea di prelievo e misura





Sorgenti indagate



Caldaia a pellet di legna con
depolveratore centrifugo assiale
(100 kW)



Caminetto chiuso a legna
(11 kW)



Caldaia a gasolio
Caldaia a gas naturale
(150 kW)





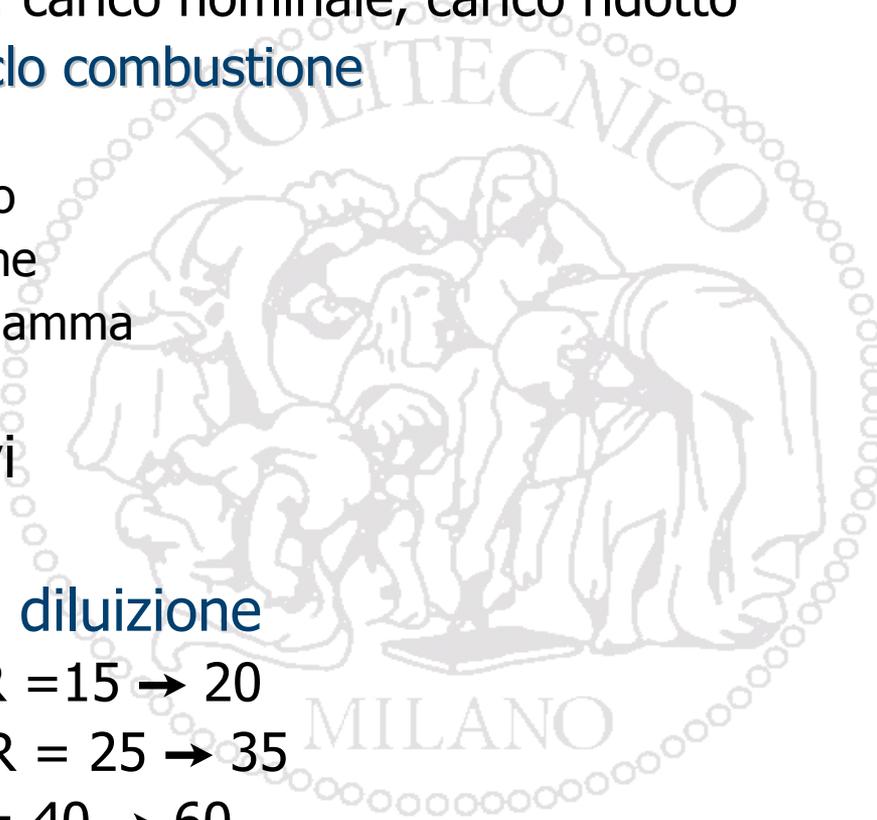
○ Regime attività

- **gasolio/pellet:** carico nominale, carico ridotto
- **caminetto: ciclo combustione**
 - carica
 - presa fuoco
 - combustione
 - riduzione fiamma
 - estinzione

○ Tipologia prelievi

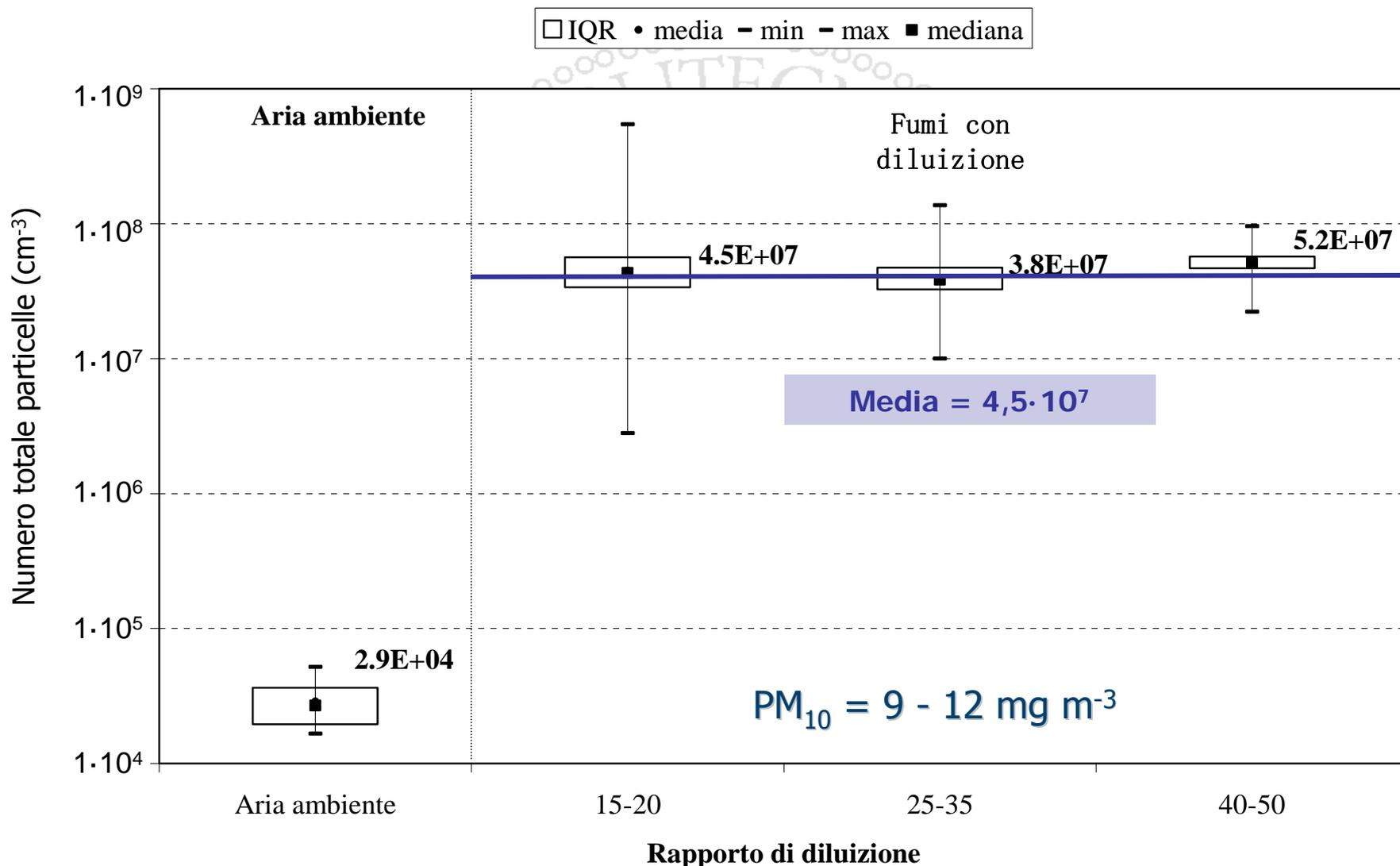
- a **caldo**
- a **freddo con diluizione**
 - bassa: DR = 15 → 20
 - media: DR = 25 → 35
 - alta: DR = 40 → 60

○ Aria ambiente



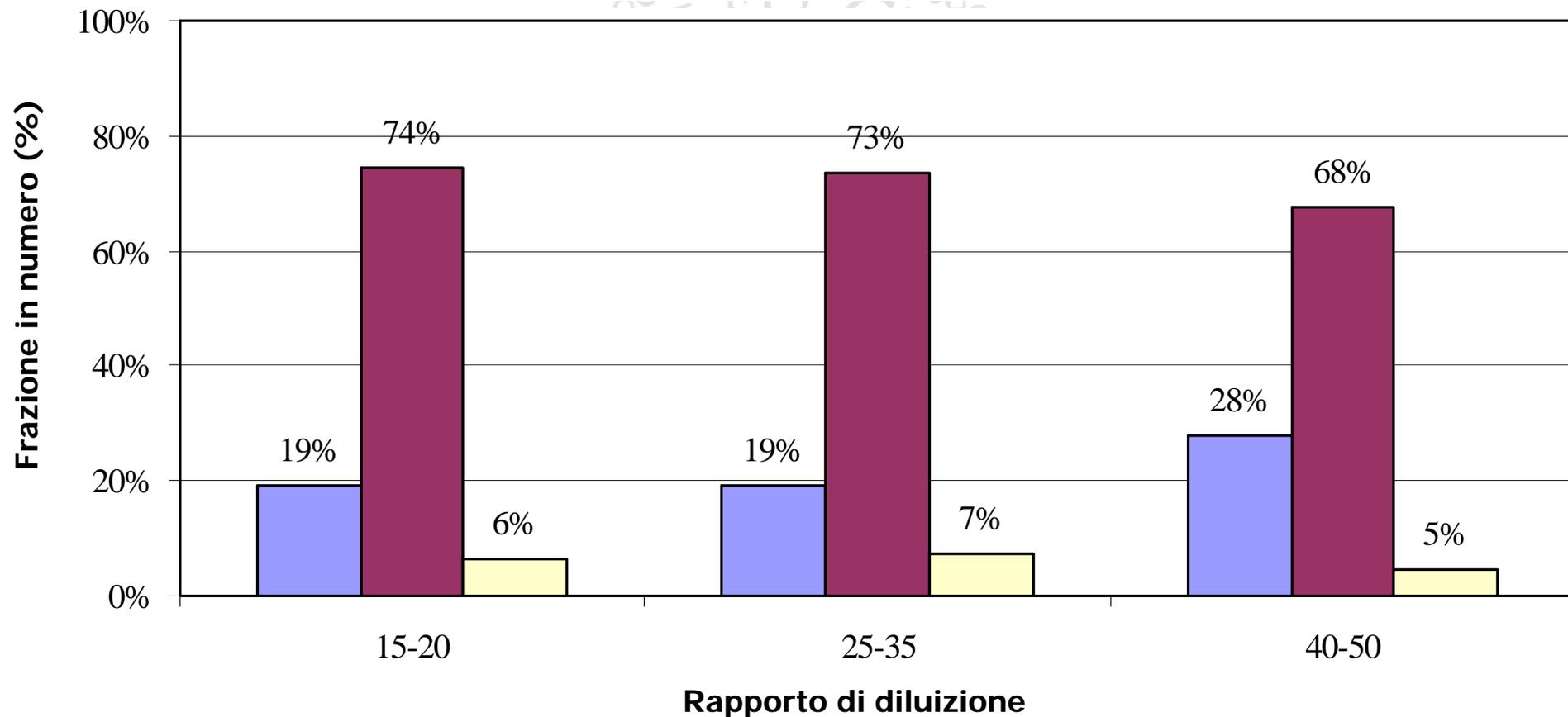


Concentrazioni in numero (particelle cm^{-3}) - carico nominale

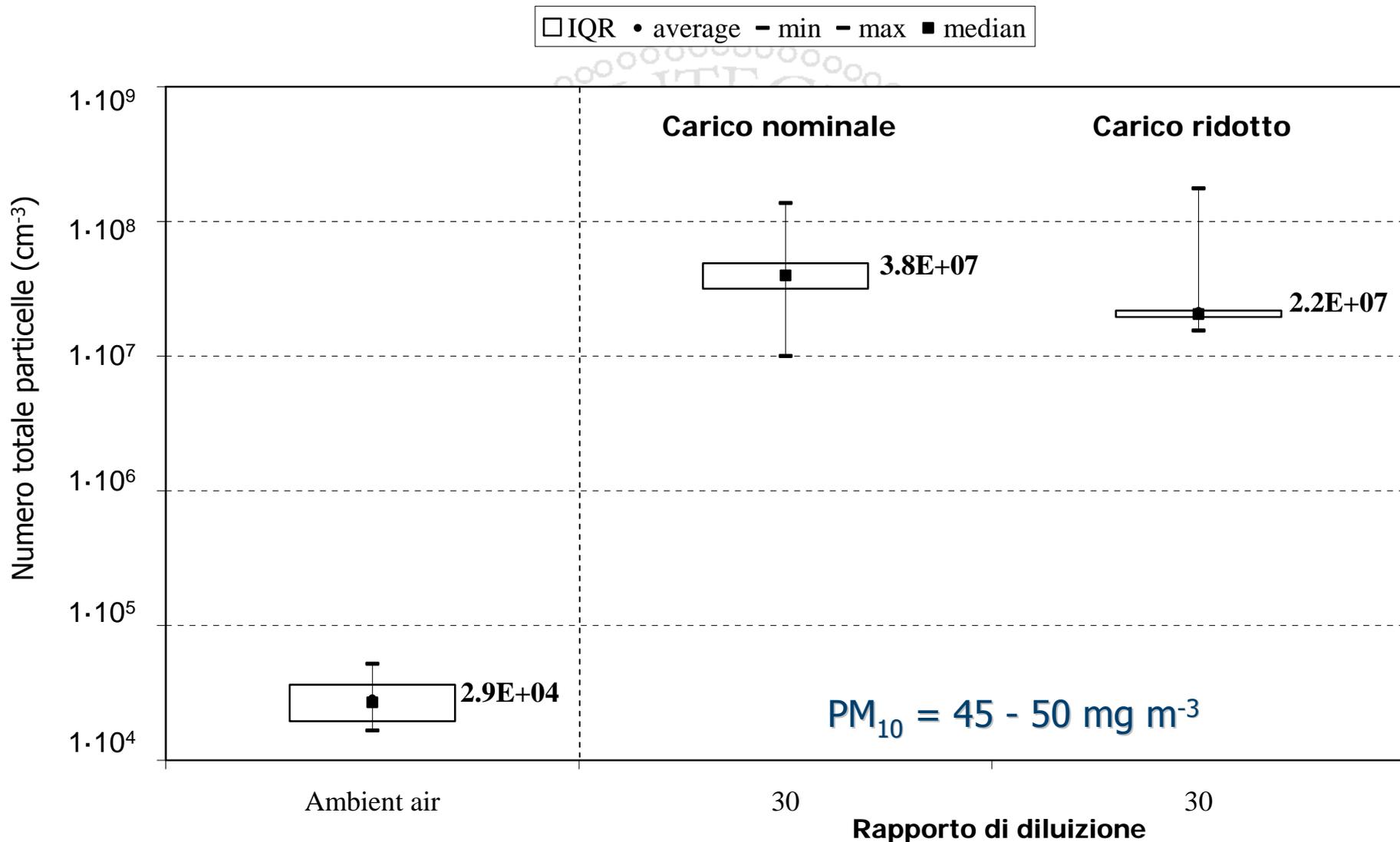


Frazioni dimensionali - carico nominale

■ $0.007 < dp < 0.05 \mu\text{m}$ ■ $0.05 < dp < 0.1 \mu\text{m}$ ■ $0.1 < dp < 10 \mu\text{m}$



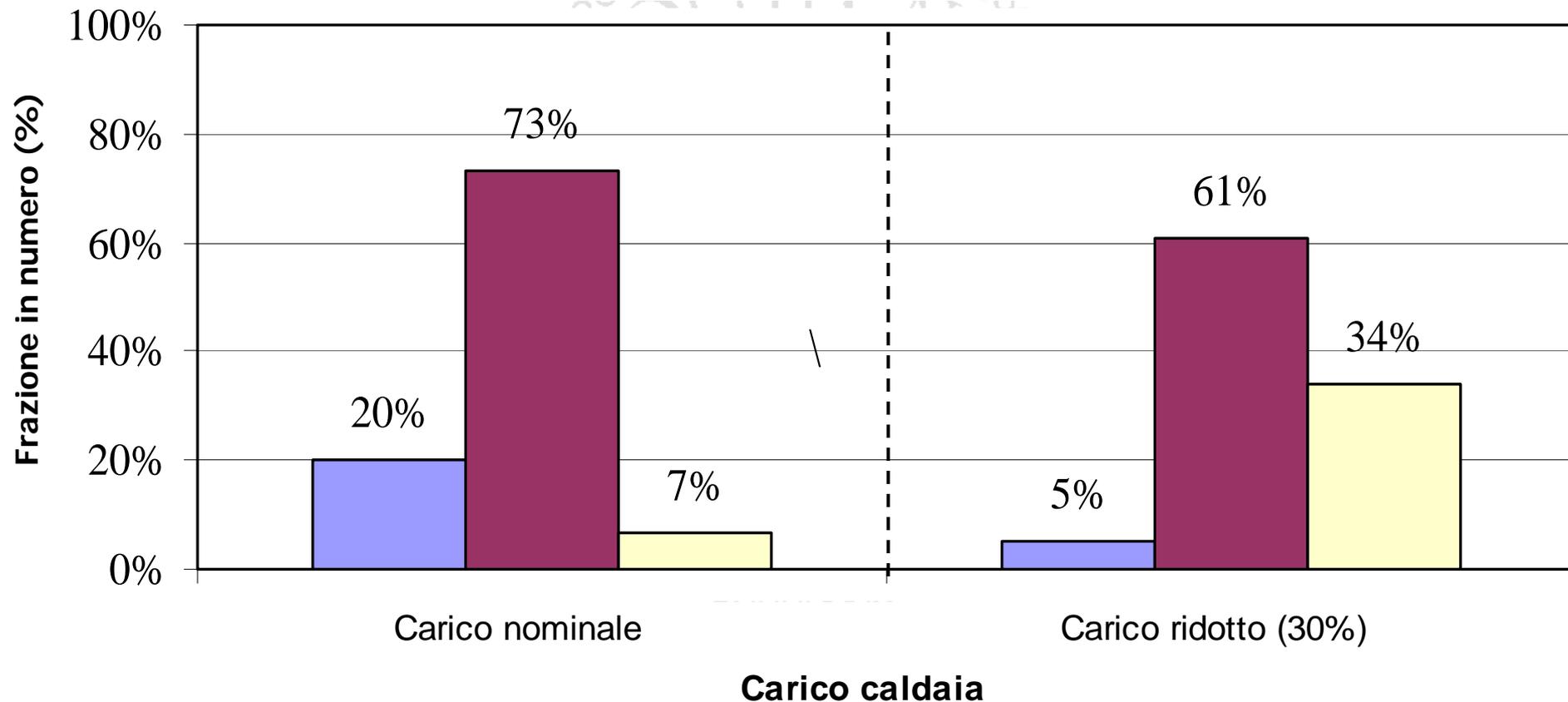
Concentrazioni in numero (particelle cm^{-3}) - variazione carico



Frazioni dimensionali - variazione carico

DR=30

■ $0.007 < dp < 0.05 \mu\text{m}$ ■ $0.05 < dp < 0.1 \mu\text{m}$ ■ $0.1 < dp < 10 \mu\text{m}$

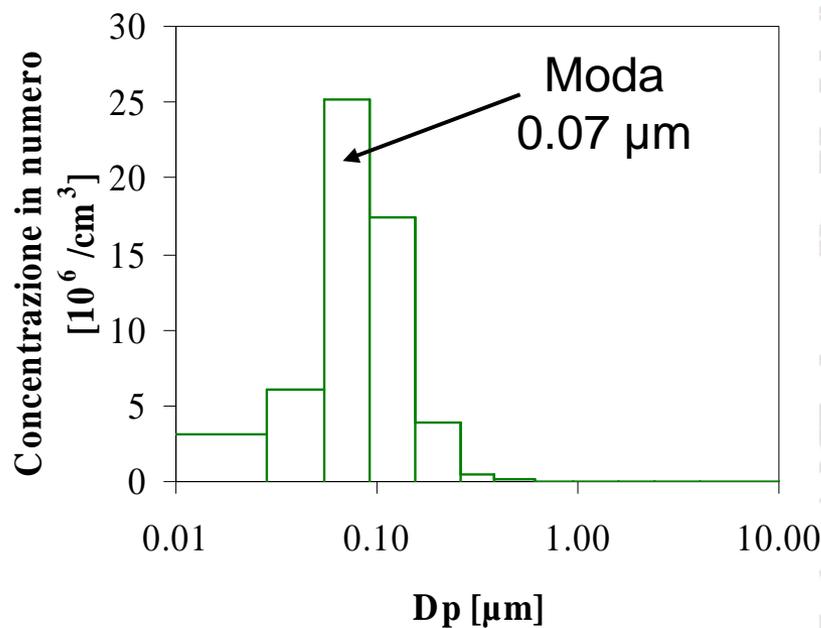




Distribuzioni dimensionali

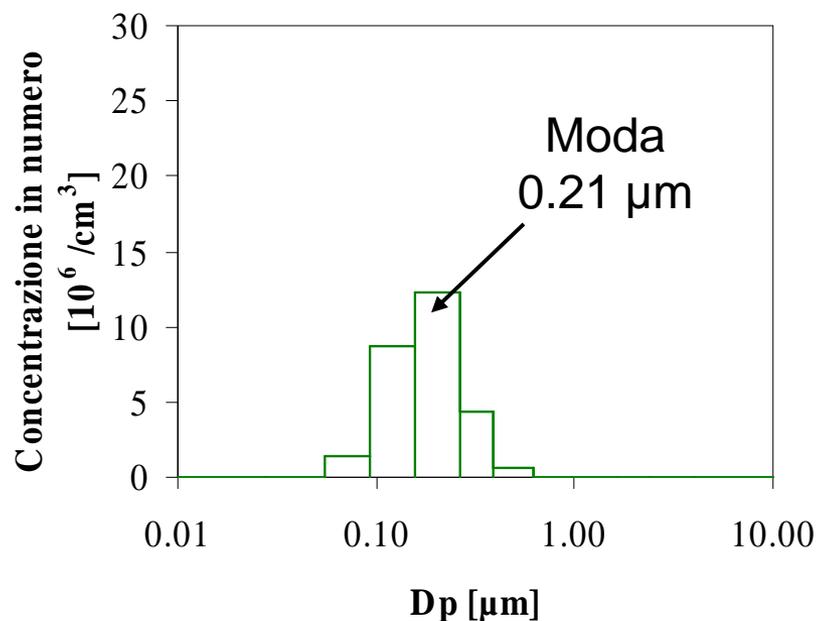
Carico nominale

$$C = 5.6 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}$$



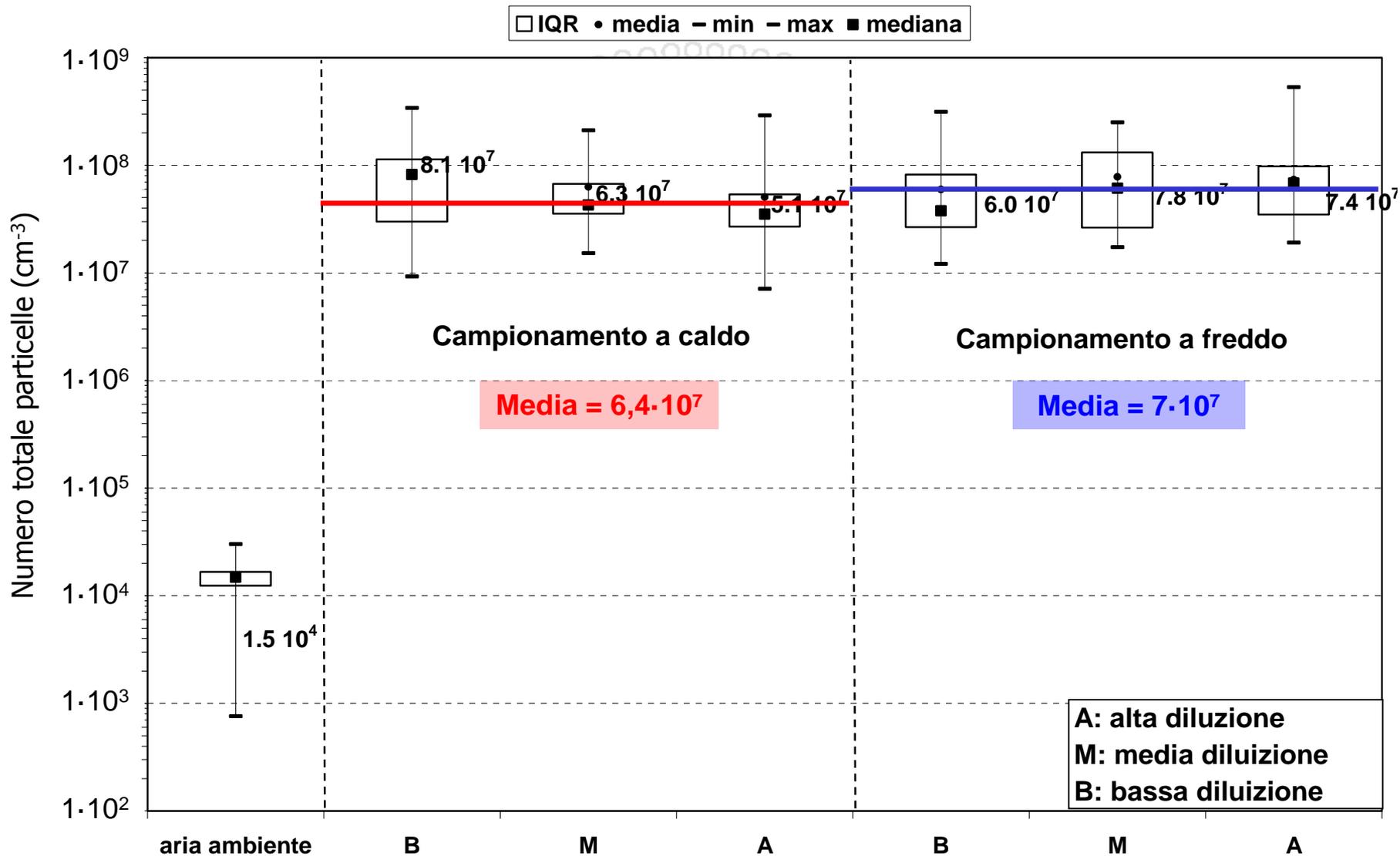
Carico ridotto

$$C = 2.7 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}$$





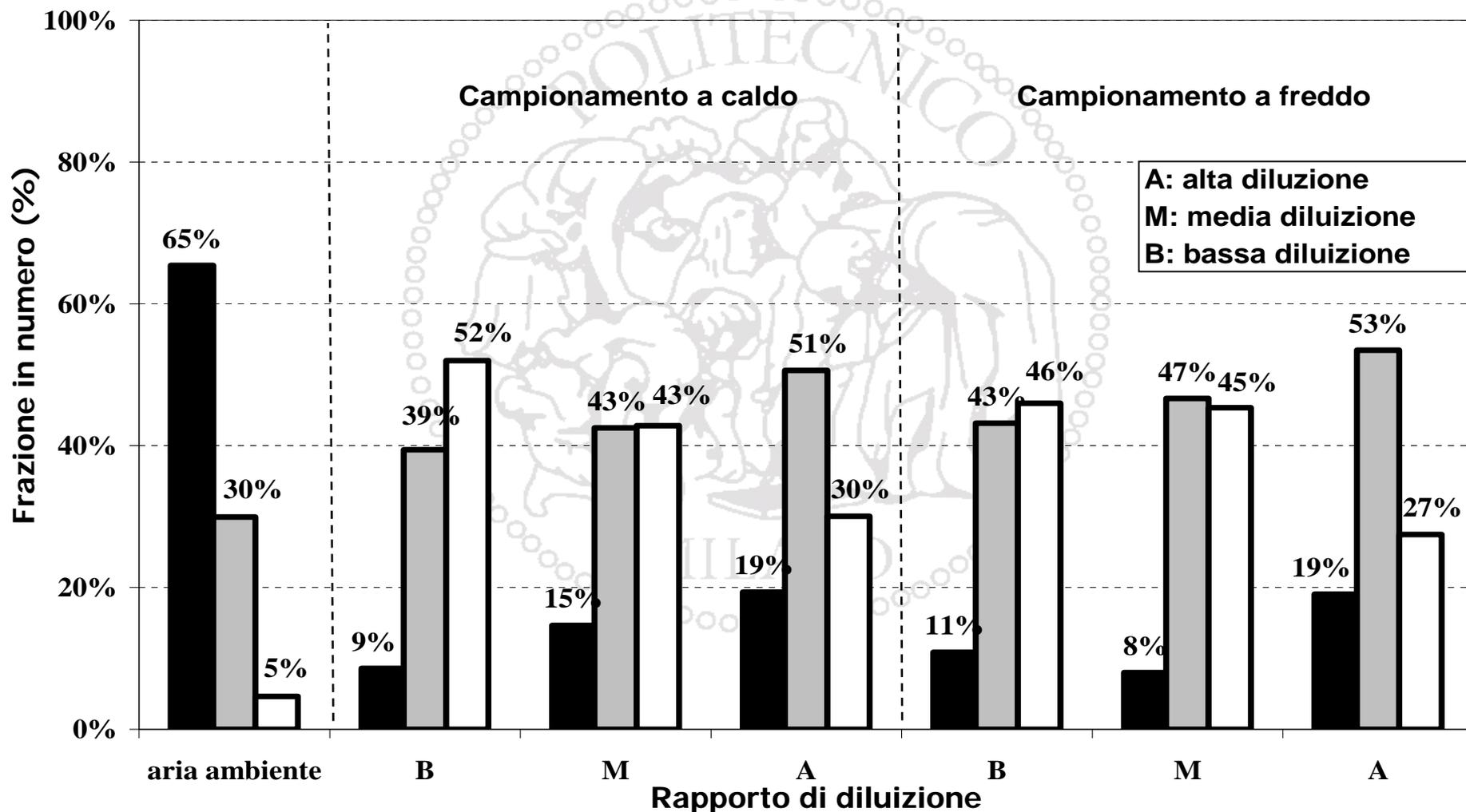
Concentrazioni in numero (particelle cm^{-3})





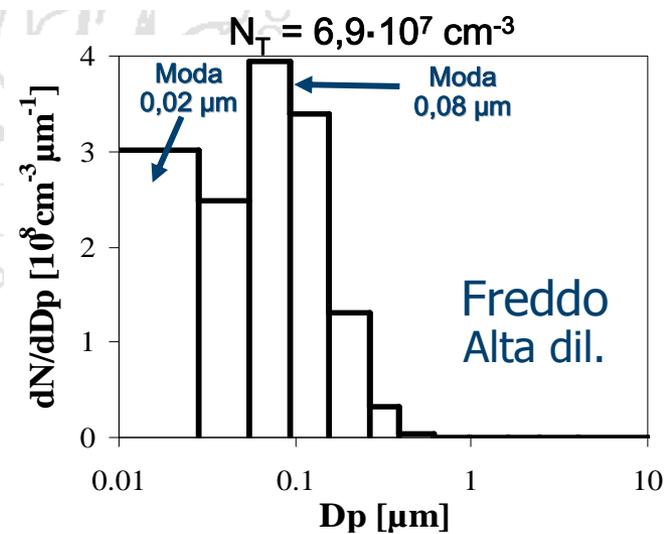
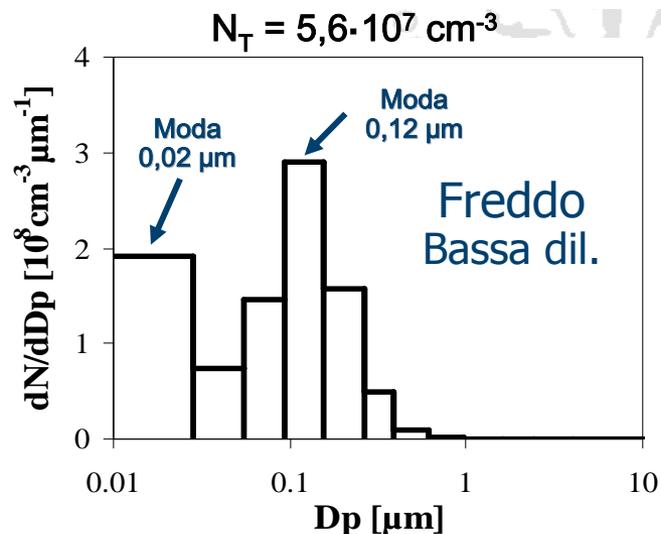
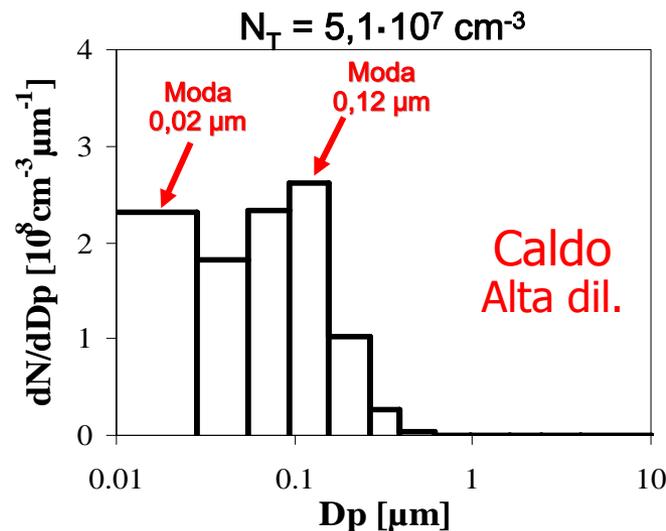
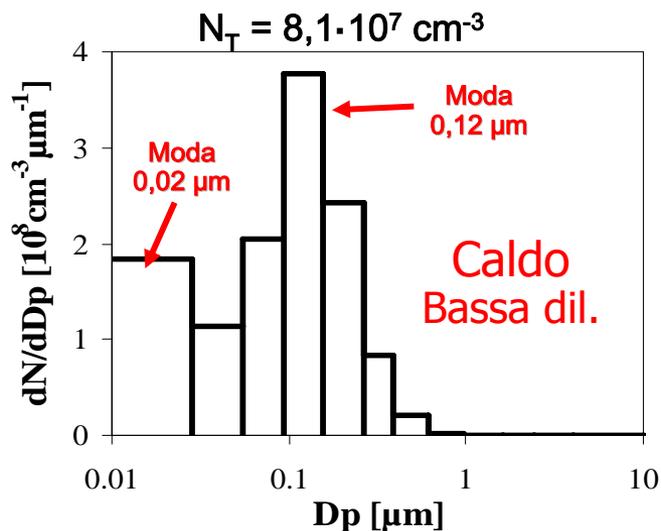
Frazioni dimensionali

■ $0.007 < D_p < 0.05$ ■ $0.05 < D_p < 0.1$ ■ $0.1 < D_p < 10 \mu\text{m}$



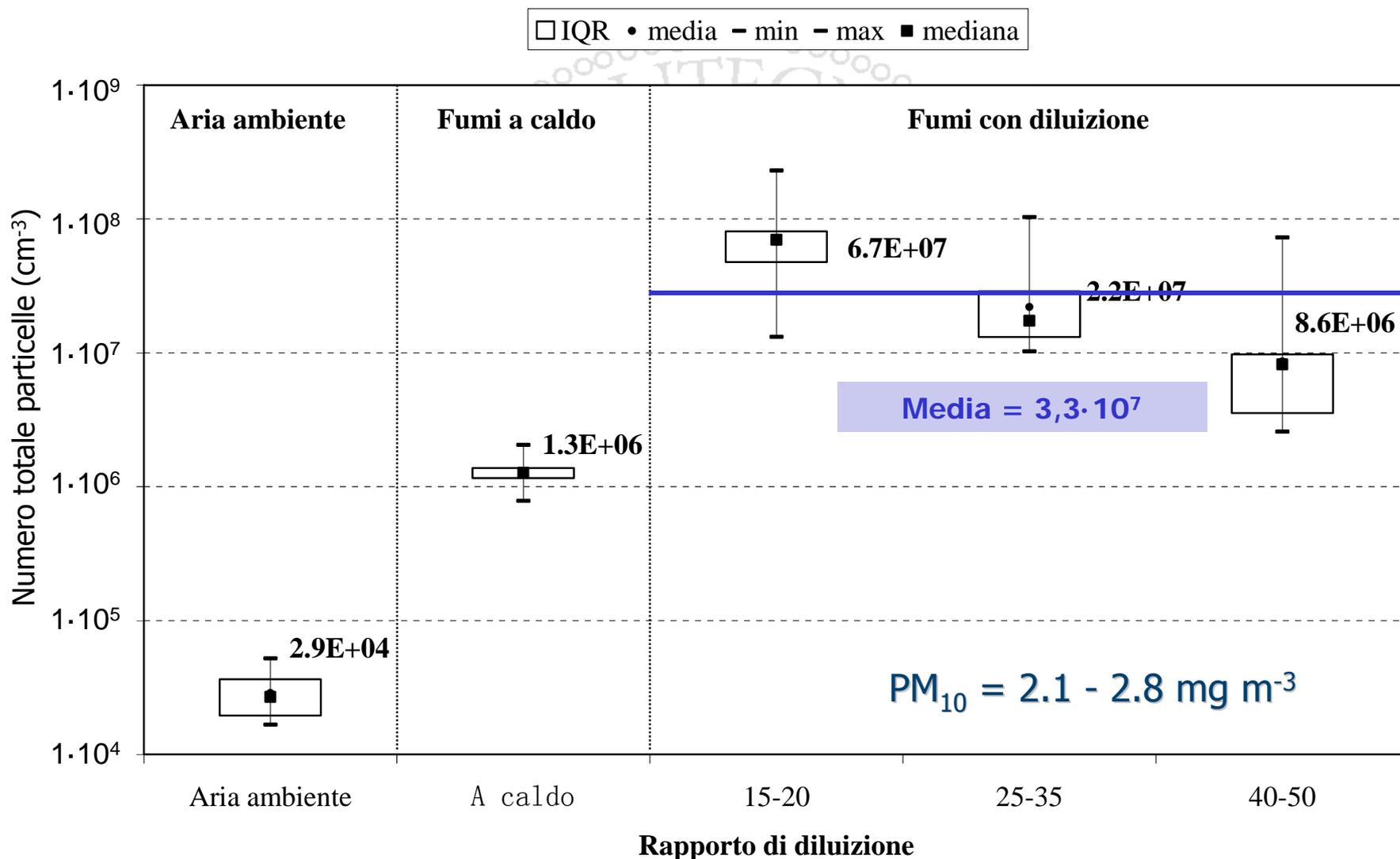


Distribuzioni dimensionali





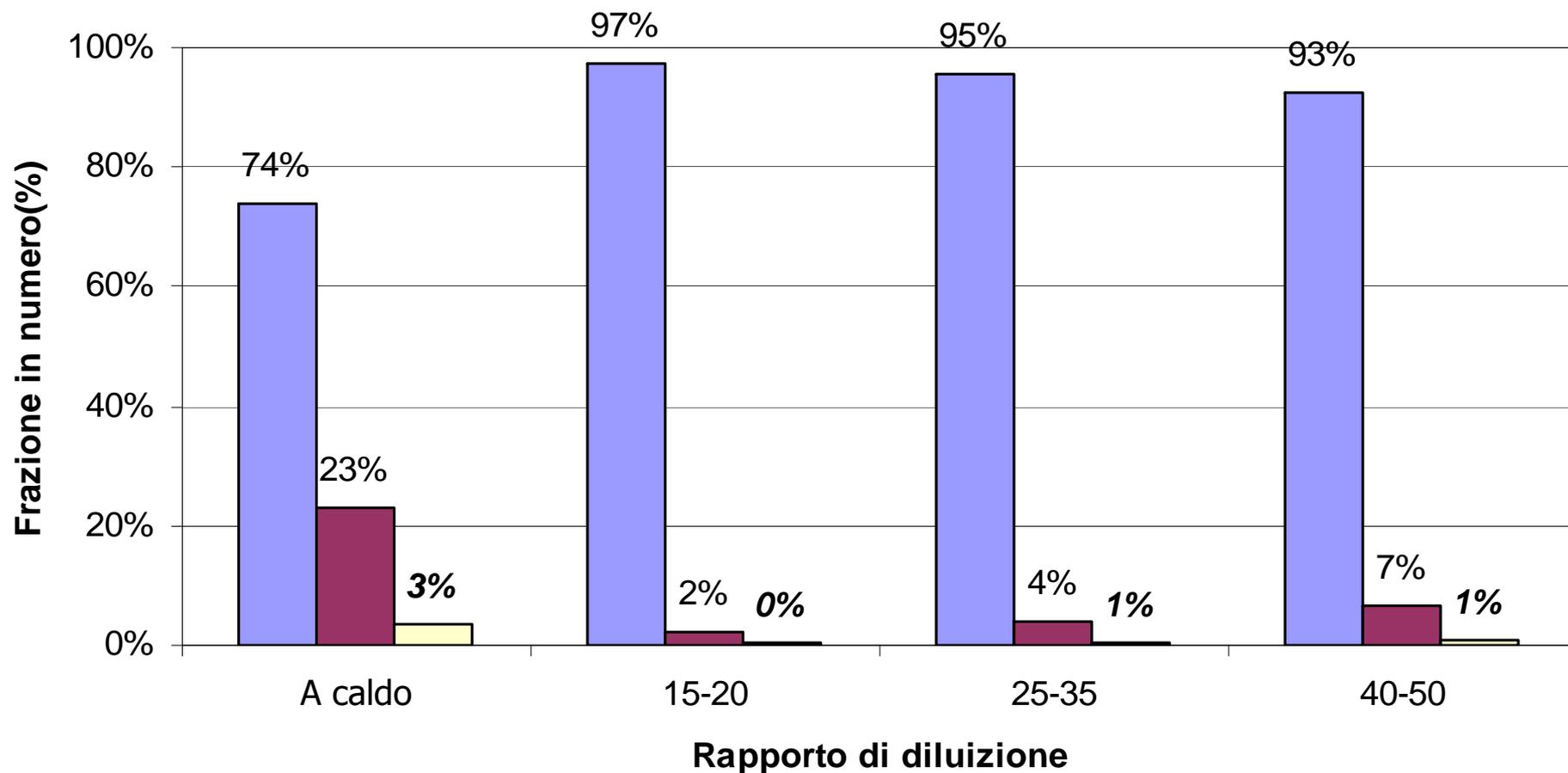
Concentrazioni in numero (particelle cm^{-3}) - carico nominale





Frazioni dimensionali - carico nominale

■ $0.007 < dp < 0.05 \mu\text{m}$ ■ $0.05 < dp < 0.1 \mu\text{m}$ ■ $0.1 < dp < 10 \mu\text{m}$

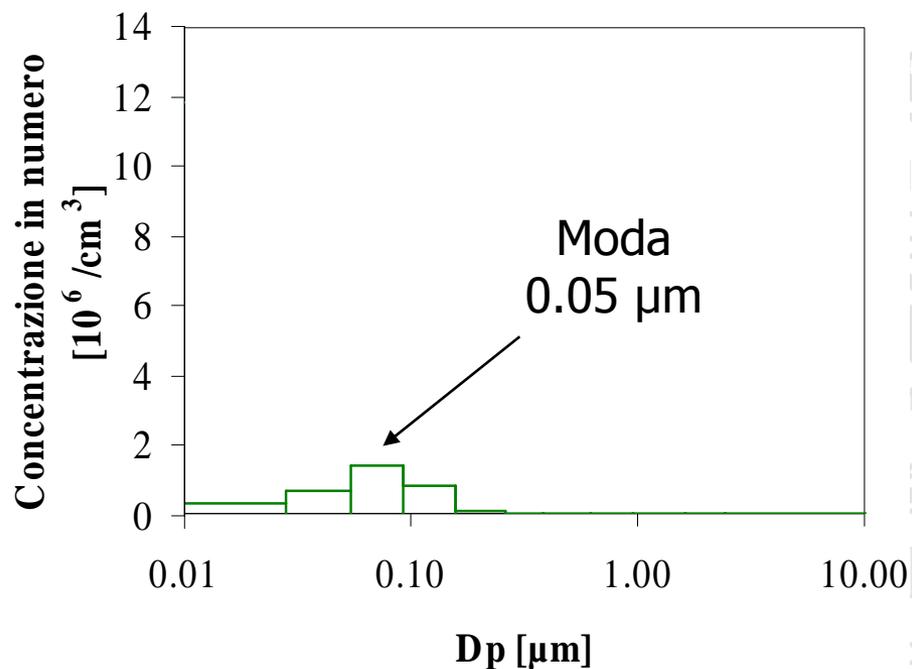




Distribuzioni dimensionali - carico nominale

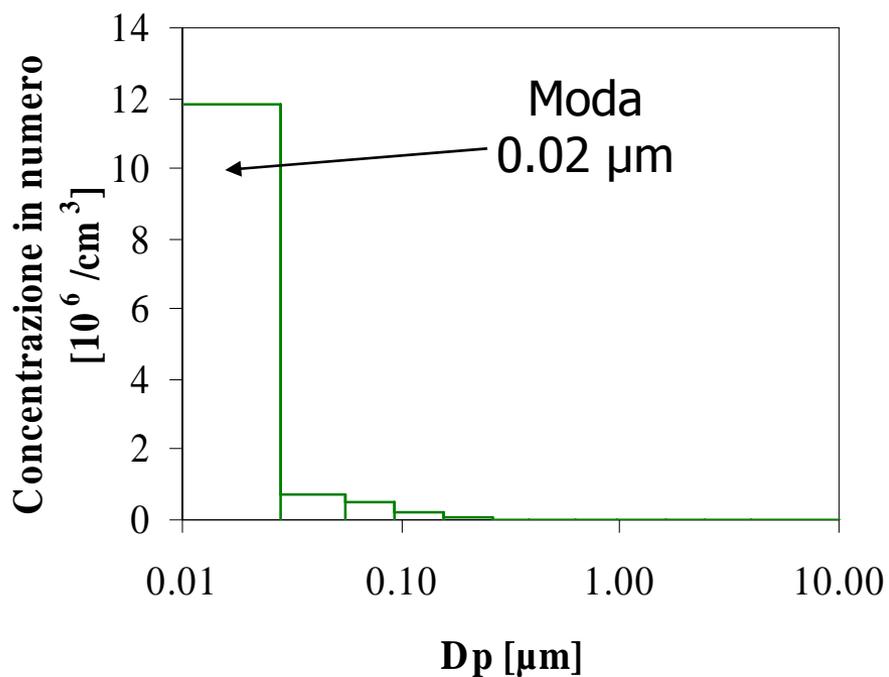
A caldo

$$C = 1.3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$$

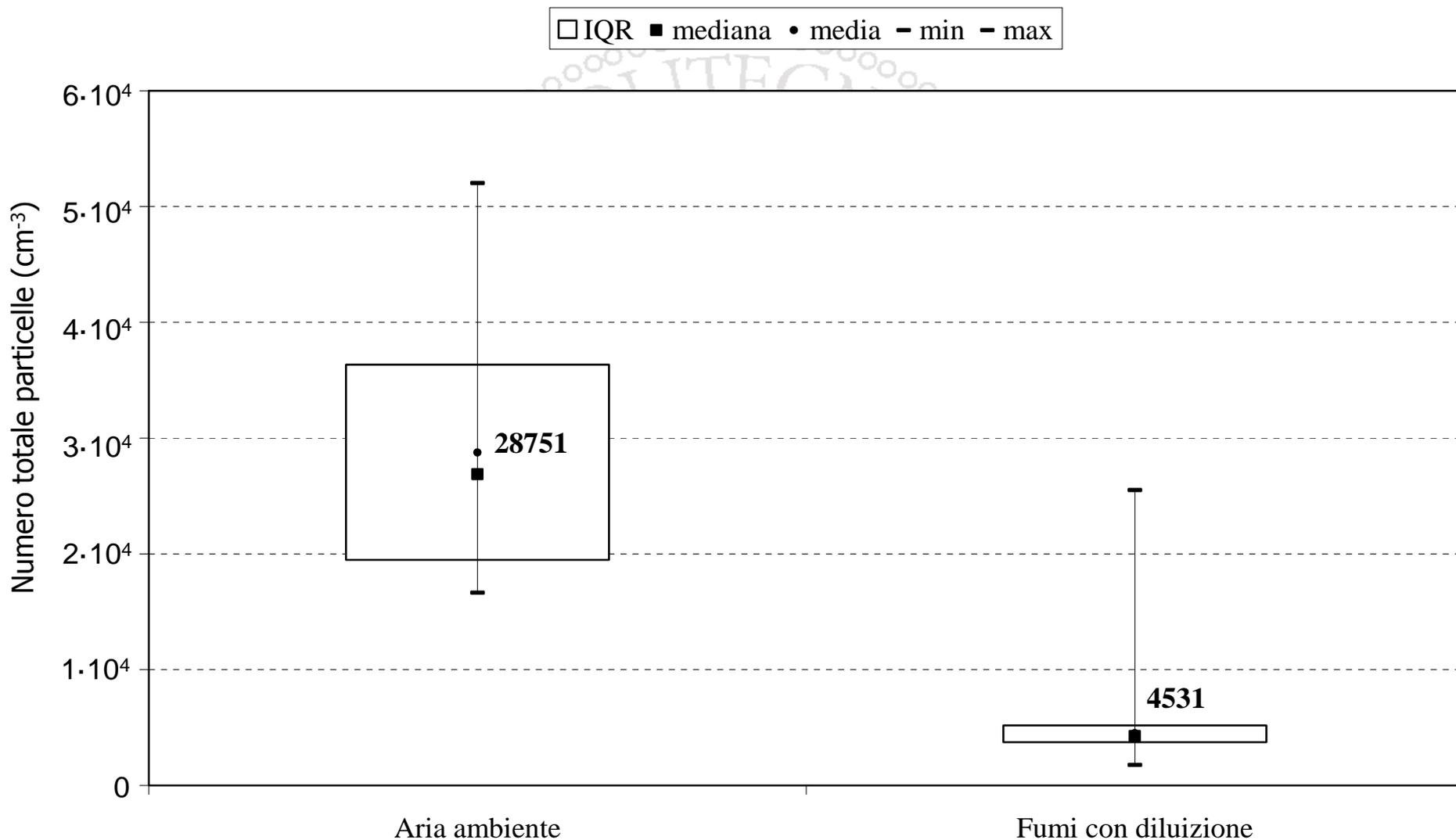


Con diluizione

$$C = 1.2 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3}$$

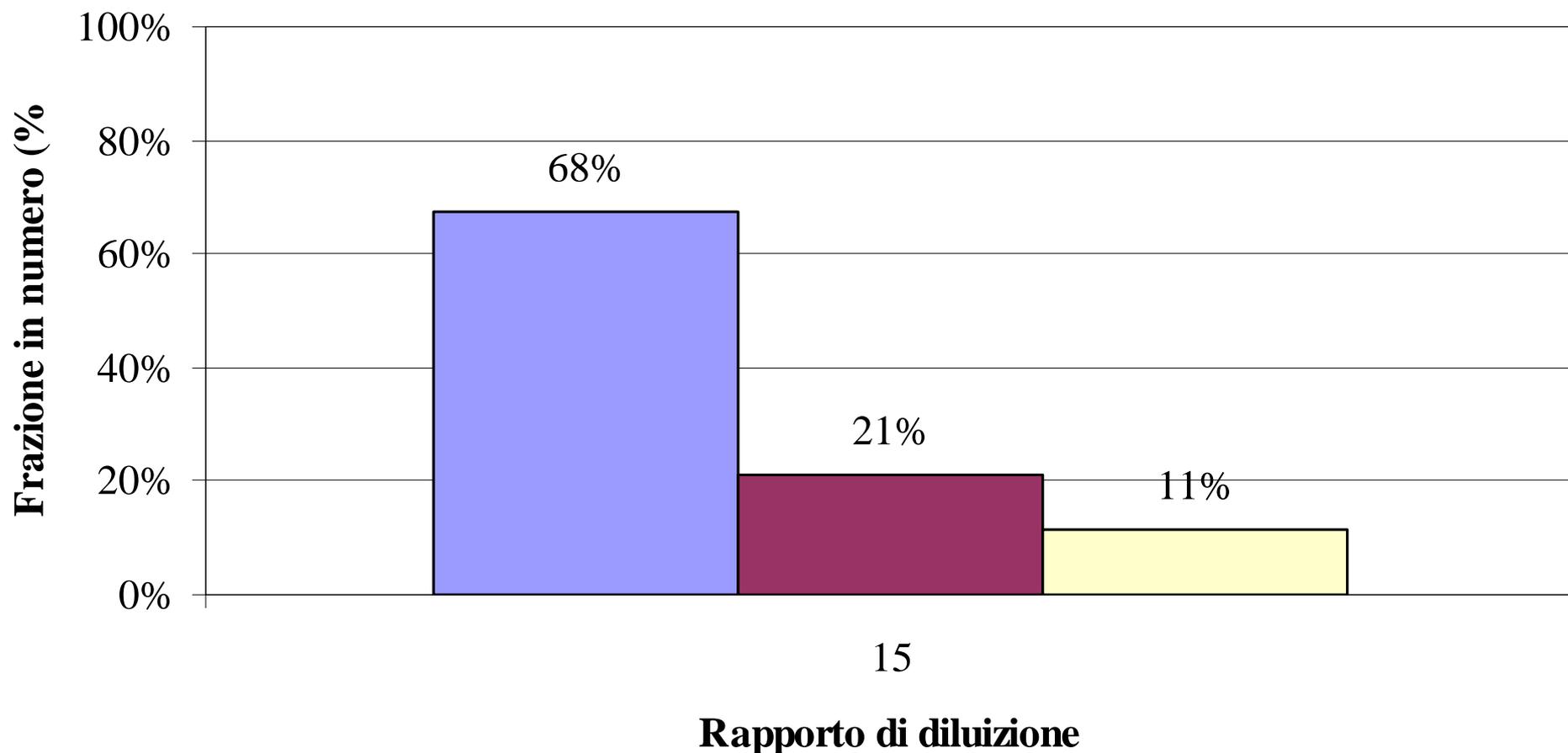


Concentrazioni in numero (particelle cm^{-3})

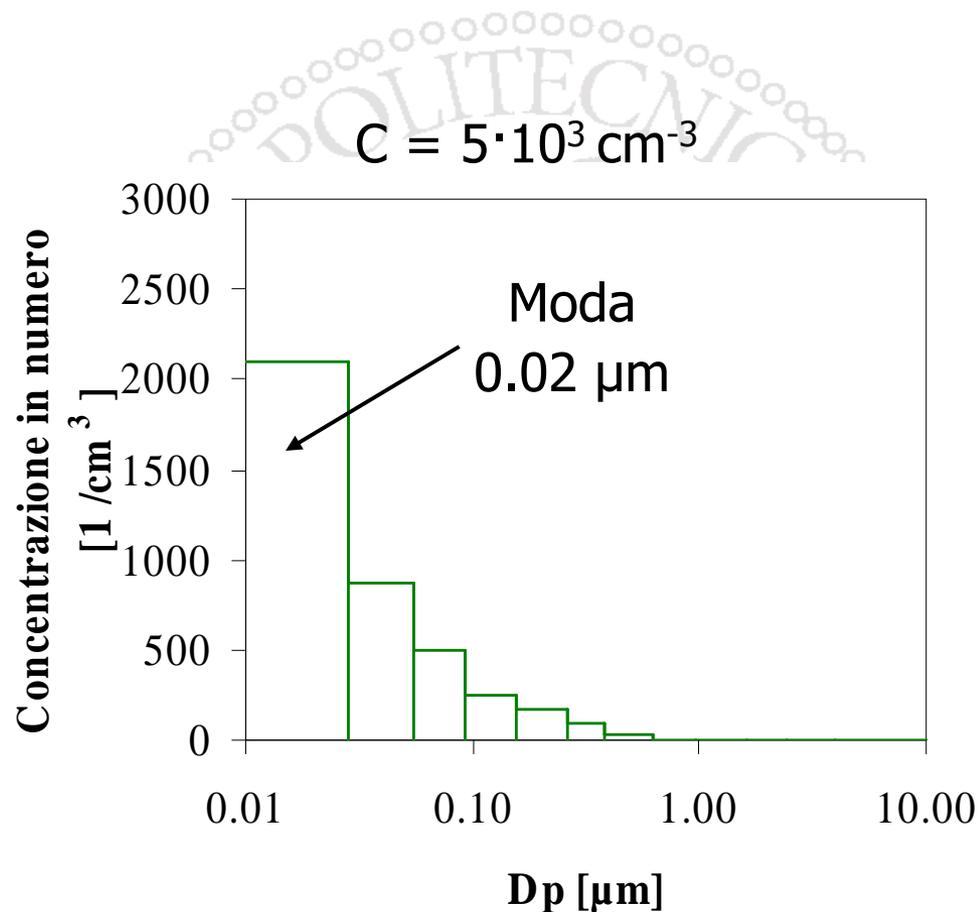


Frazioni dimensionali

■ $0,007 < dp < 0,05$ ■ $0,05 < dp < 0,1$ ■ $0,1 < dp < 10\mu\text{m}$

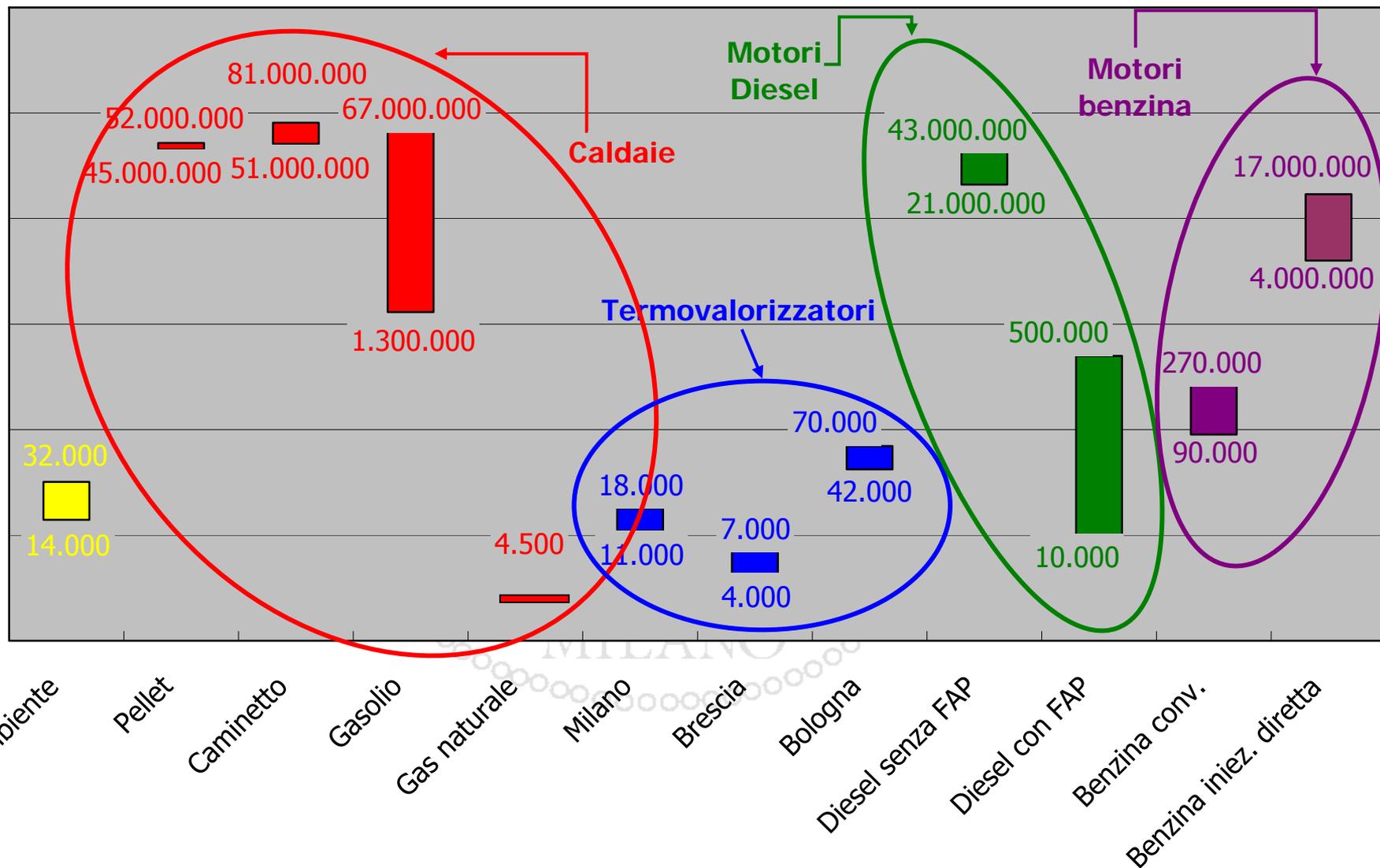


Distribuzione dimensionale



Valutazione comparativa

Particelle cm^{-3} (scala logaritmica)



*FAP = filtro antiparticolato



- Emissioni di PU in linea con la qualità del combustibile, le modalità della combustione e la presenza di presidi di depurazione (ruolo importante delle maniche filtranti)
- Nei campionamenti a freddo e con diluizione (condizioni atmosferiche), la presenza di vapori semivolatili contribuisce per condensazione ad incrementare numero e massa di ultrafini (gasolio e legna)
- **Livelli emissivi in numero**
(PU = 90 - 99%, NP = 30-70%)
 - gas naturale: $10^4 \text{ cm}^{-3} \approx$ aria ambiente
 - legna: $4 \cdot 10^7 - 8 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3} >$ 2000 - 4000 volte aria ambiente
 - gasolio: $10^6 - 7 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3} >$ 100 - 3000 volte aria ambiente
 - termovalorizzatori: $5 \cdot 10^3 - 7 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3} \approx$ aria ambiente, mediamente < veicoli benzina cat. e diesel con FAP
 - veicoli diesel senza FAP e benzina ID: $4 \cdot 10^6 - 4 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-3} \approx$ utenze civili gasolio e legna

- Progetto ULTRAPART finanziato da FederAmbiente
- Gruppo di lavoro
 - Politecnico di Milano: M. Giugliano, S. Consonni, R. Tardivo, S. Ozgen, G. Ripamonti
 - LEAP: G. Sghirlanzoni
 - Stazione Sperimentale Combustibili: A. Mascherpa, G. Migliavacca, A. Brusoni, F. Pederzoli
- Supporto ed assistenza del personale tecnico impianti di termovalorizzazione indagati