

# *Il particolato atmosferico: cos'è, quali sono i suoi effetti, cosa lo produce, le possibili strategie di riduzione.*



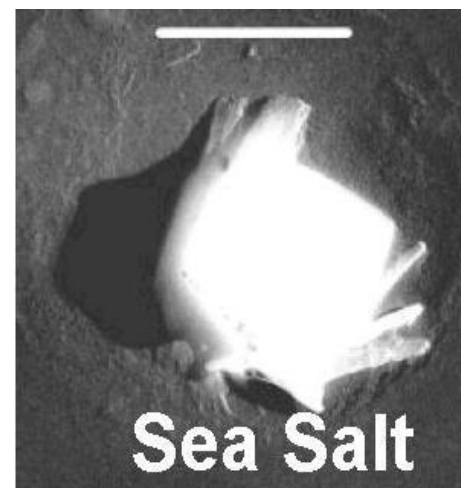
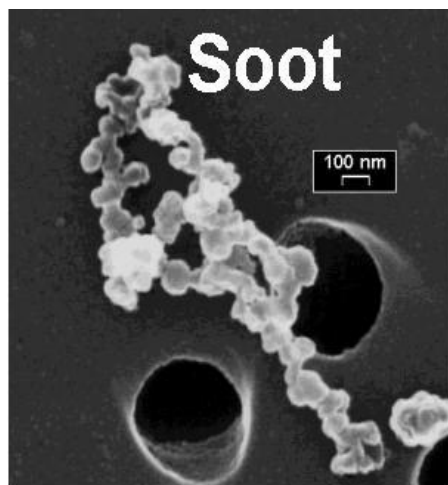
**Franco Lucarelli**

Dipartimento di Fisica e Astronomia e INFN Firenze

# Il Particolato Atmosferico (PM)

Il materiale particolato è costituito da tutte le particelle solide e liquide sospese nell'aria, con dimensioni variabili da quelle di molecole semplici fino a  $100\text{ }\mu\text{m}$ .

➤ Concentrazioni in aria: da  $\sim 10^2\text{ ng/m}^3$  fino a  $\sim 10^2\text{ }\mu\text{g/m}^3$



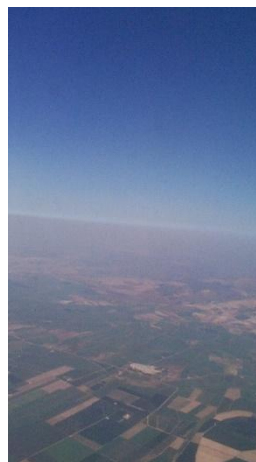
➤ Effetti determinati da: composizione chimica, solubilità in acqua, tempo di residenza in atmosfera, proprietà ottiche, distribuzione dimensionale

# Classificazione del Particolato Atmosferico

## •1. Processo di formazione:

**Particelle primarie:** direttamente emesse in atmosfera come solide

**Particelle secondarie:** prodotte in atmosfera da precursori gassosi  
esempio:  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  and  $\text{NO}_x \rightarrow \text{HNO}_3$



## •2. Origine:

**Particelle naturali**

**Particelle antropogeniche**

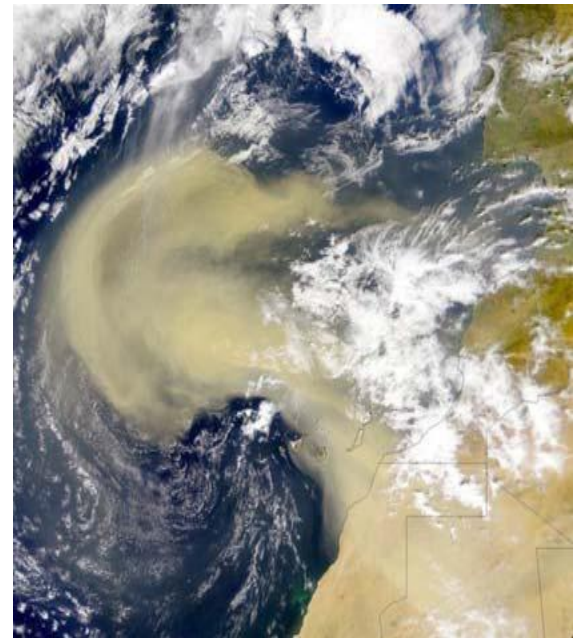
# Sorgenti primarie - Naturali

## ■ Risospensione di polvere

La risospensione di polvere è dovuta a meccanismi meteorologici, quali il vento e la temperatura e i gradienti di umidità

## ■ Trasporto a lungo raggio di polvere minerale

150 mil. ton. di polvere verso  
l'emisfero Nord  
annualmente.  
3.9 mil. ton. di polvere verso le  
regioni del nord-ovest del  
Mediterraneo annualmente.



# Sorgenti primarie - Naturali

- **Aerosol marino**  
Goccioline di acqua di mare che evaporano e formano particelle sospese di sale marino.
- **Attività vulcanica**
- **Incendi boschivi**

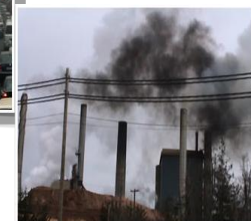




# Sorgenti primarie - Antropogeniche

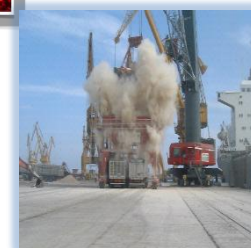
## ■ Emissioni veicolari

Emissioni di scarico veicolare, così come l'usura dei pneumatici e i freni sono le maggiori sorgenti di particolato nelle aree urbane. Il traffico veicolare causa anche risospensione di polvere dalla superficie della strada.



## ■ Sorgenti residenziali

La principale sorgente di emissione residenziale sono gli impianti di riscaldamento centralizzati.



## ■ Emissioni industriali

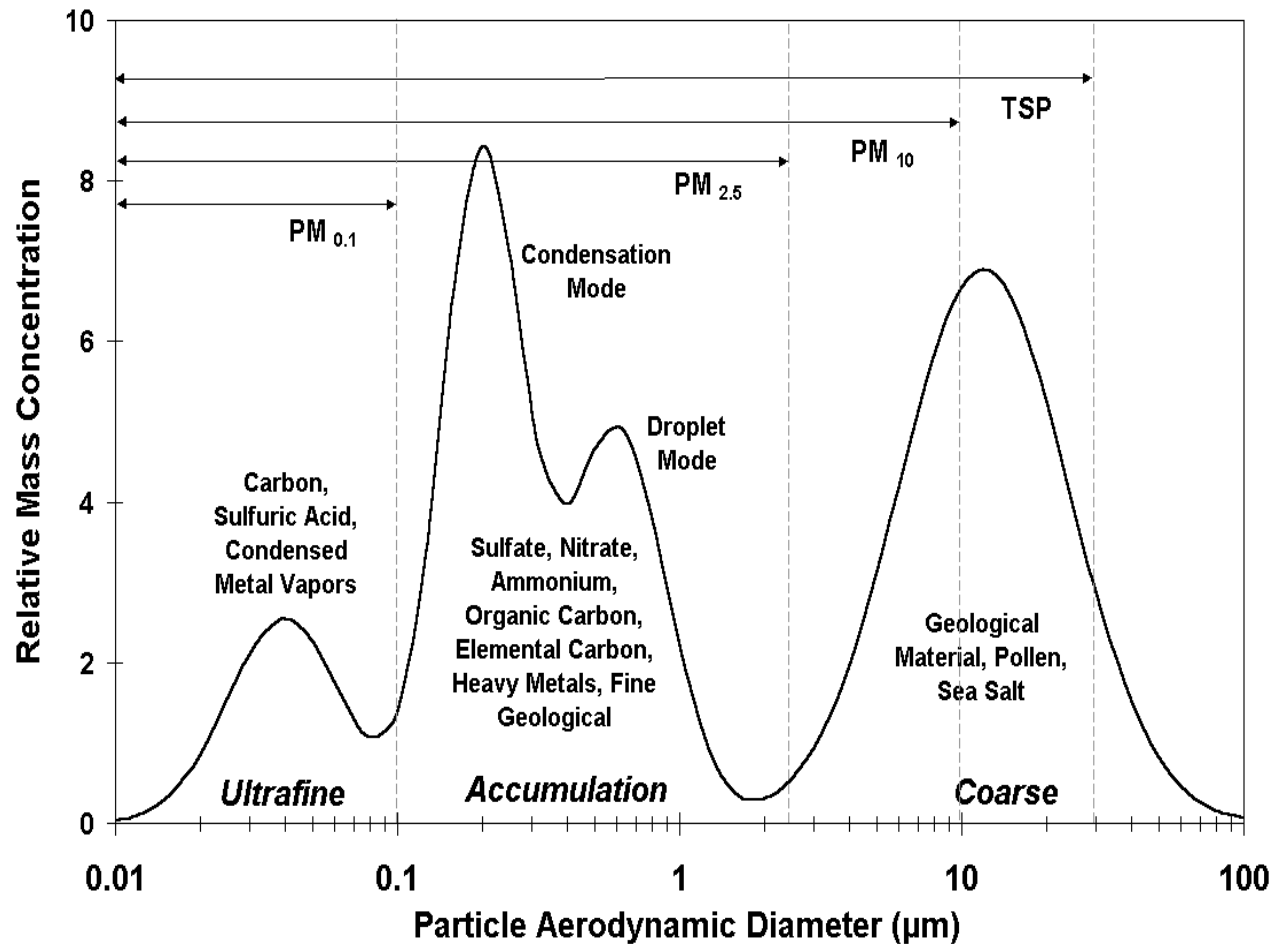
## ■ Agricoltura/allevamento

# Stima emissioni a livello globale

Source	Strength (Tg year <sup>-1</sup> )	
	Natural	Anthropogenic
<b>Primary particle production</b>		
Transportation		2
Stationary fuel sources		43
Fly ash from coal		36
Non-fossil fuels		8
Petroleum combustion		2
Industrial processes		56
Iron and steel industry		9
Incineration		4
Cement production		7
Solid waste disposal		2
Miscellaneous		16–29
Soot		24
Agricultural burning		29–72
Sea salt	300–2000	
Soil dust	100–500	
Volcanic particles	25–300	
Meteoritic debris	0–10	
Forest fire smoke	3–150	
<b>Subtotal</b>	<b>428–1910</b>	<b>215–260</b>
<b>Secondary particle production</b>		
Sulfates from SO <sub>2</sub>		70–220
Sulfates from H <sub>2</sub> S	105–420	
Sulfates from DMS	16–32	
Sulfates from volcanoes	9	
Biomass burning		3
Nitrate from NO <sub>x</sub>	75–700	23–40
Ammonium from NH <sub>3</sub>	269	
Carbonates from hydrocarbons	15–200	15–90
<b>Subtotal</b>	<b>195–1220</b>	<b>108–350</b>
<b>Total</b>	<b>623–4030</b>	<b>323–610</b>

( Composition, Chemistry, and Climate of the Atmosphere, 1995 Edited by Hanwant B. Singh )

# Tipica distribuzione dimensionale e costituenti chimici

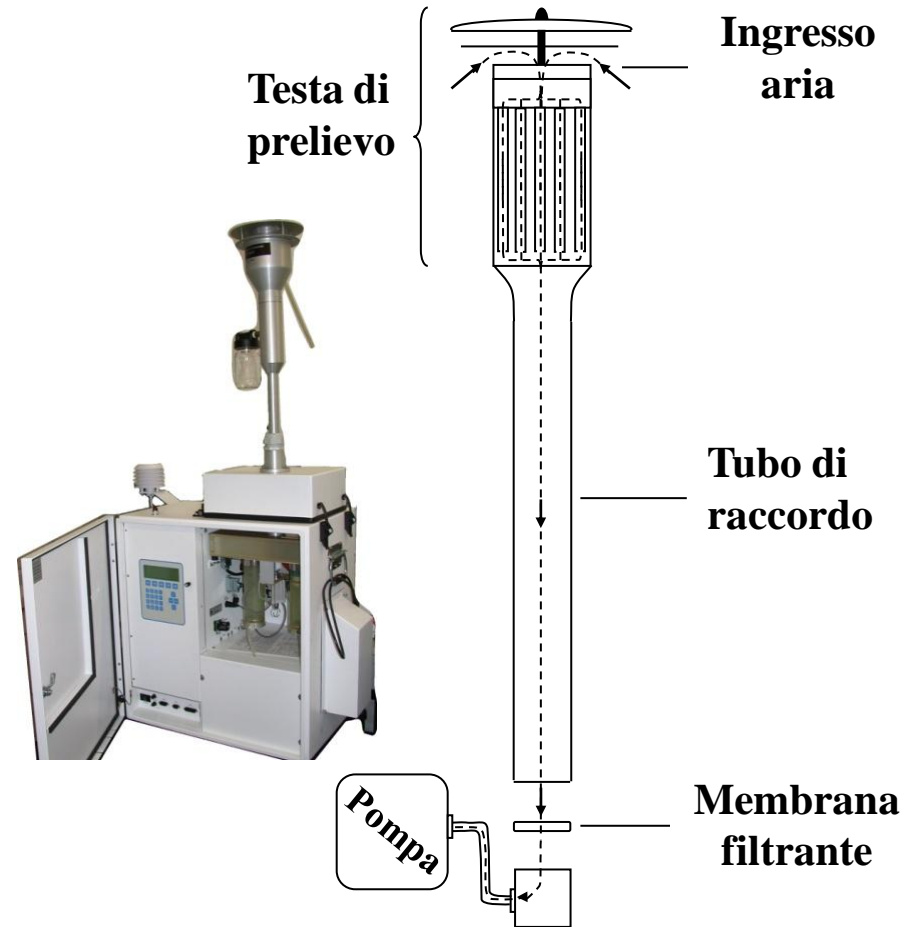


- Origine diversa
- Tempi di residenza in atmosfera diversi



# Campionatori di particolato

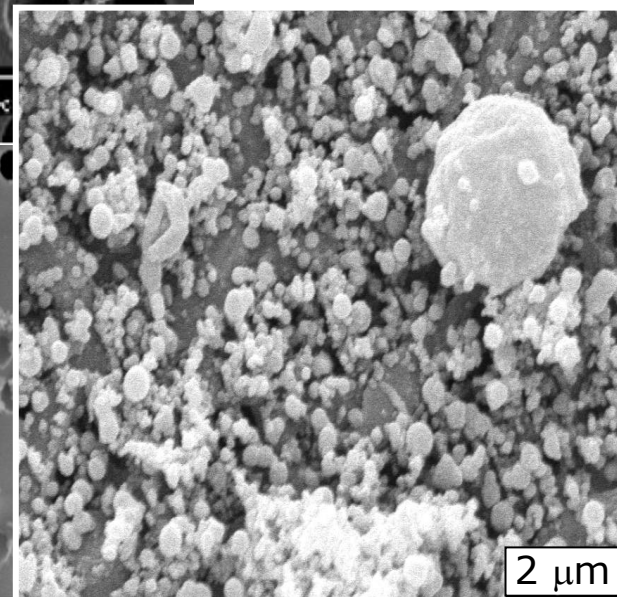
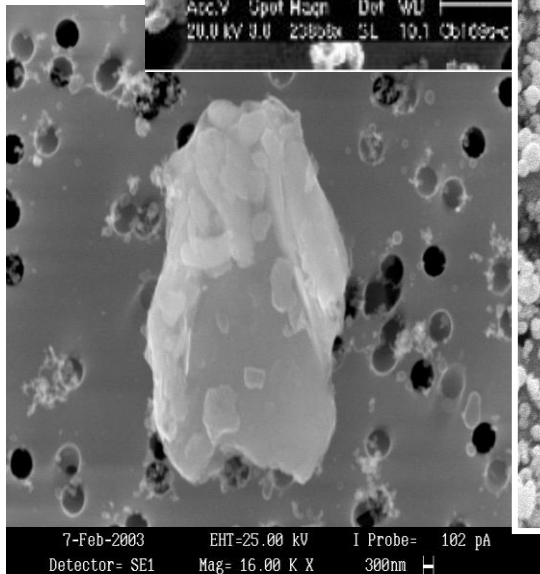
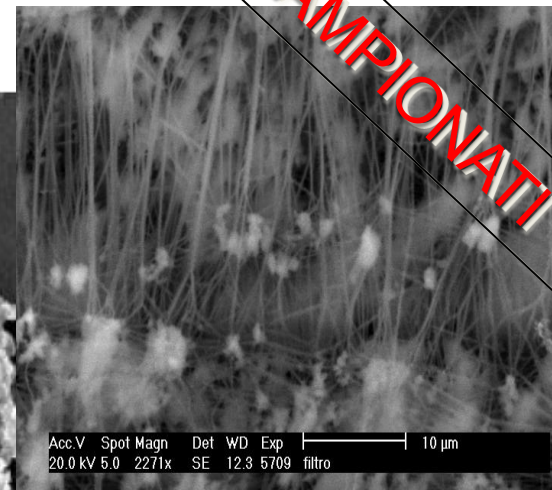
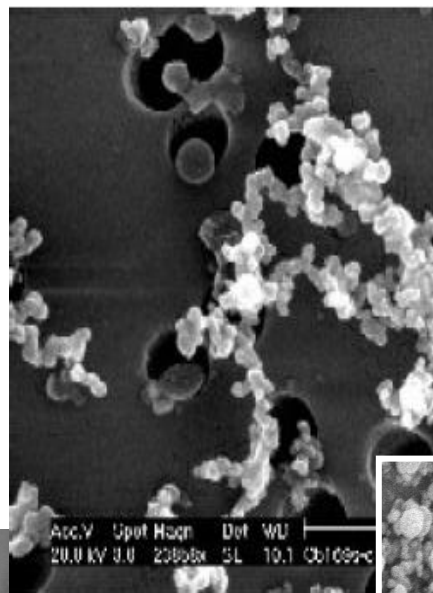
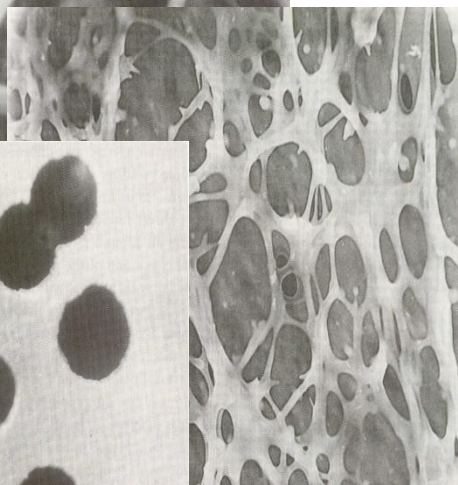
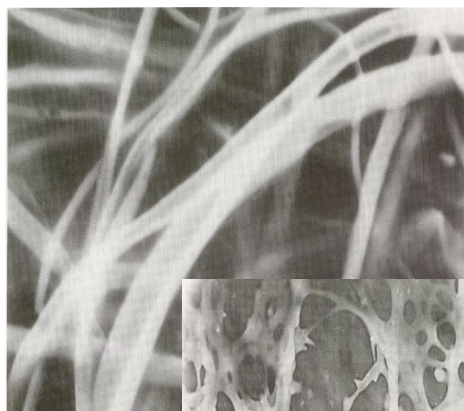
- Aria aspirata e introdotta in una *testa di prelievo*
- *Dimensioni particolato* selezionate dalla geometria della testa di prelievo
- Particolato raccolto per filtrazione su opportune *membrane filtranti*  
oppure  
per impatto su opportuni fogli



Pesata per determinare la massa del PM

# Membrane filtranti

Filtri in fibra di quarzo, Teflon, policarbonato, esteri misti della cellulosa, polistirene...



CAMPIONATI

BIANCHI

# Ci sono molti sensori a basso costo sul mercato

a)



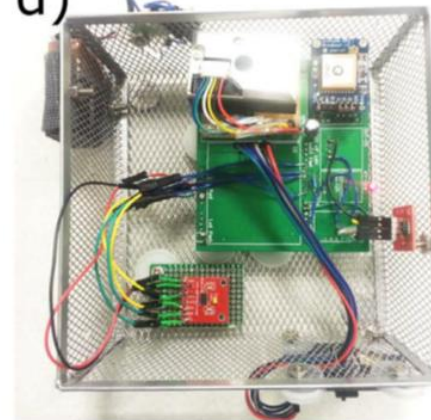
b)



c)



d)



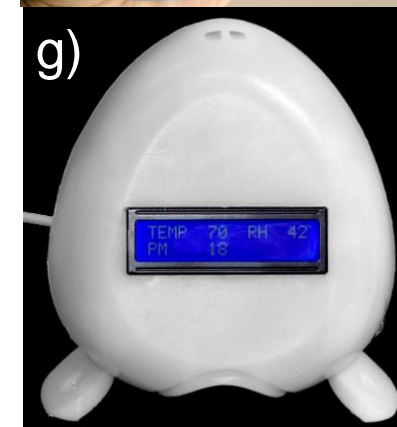
e)



f)

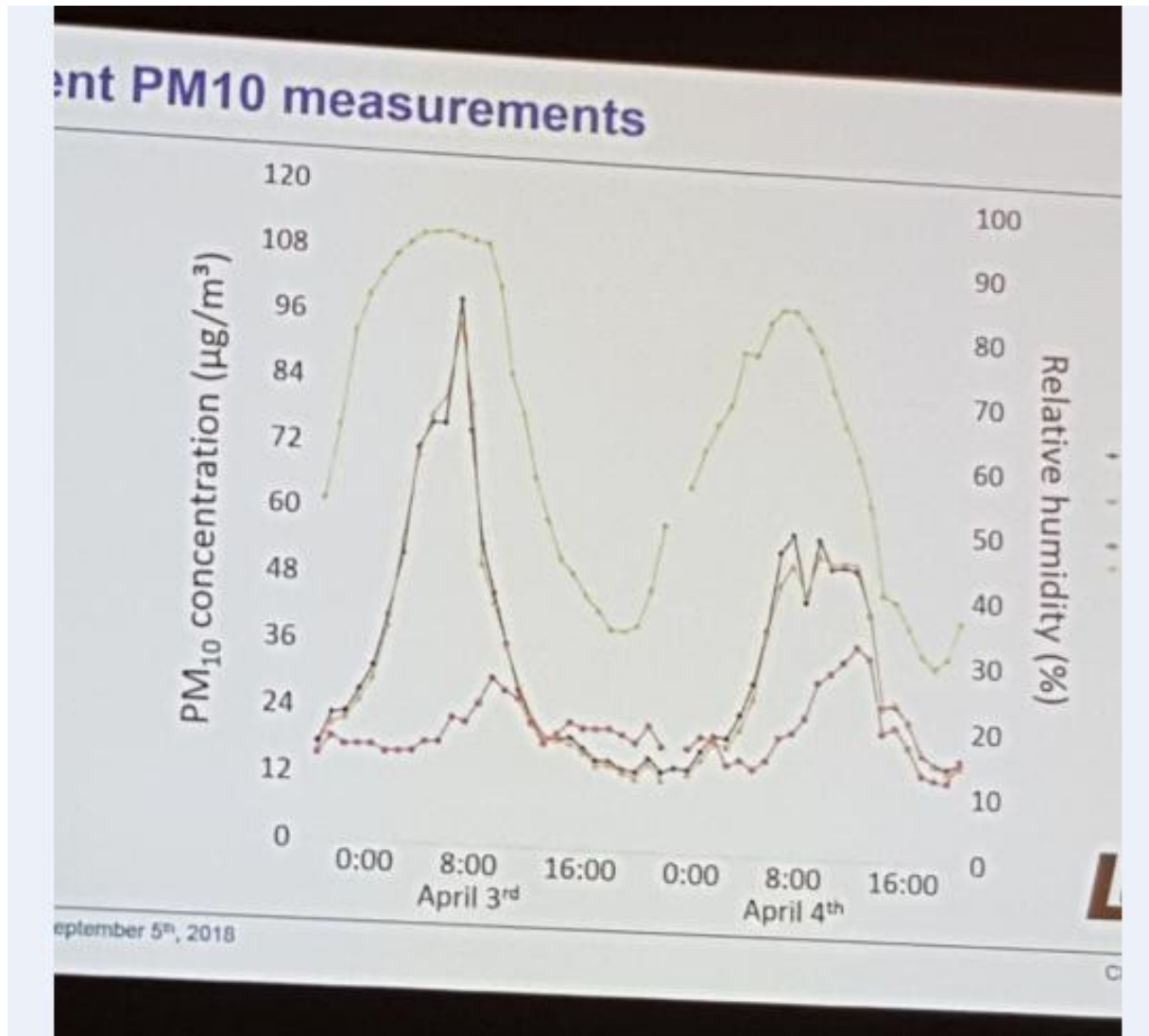


g)



- a) Airviz Speck (LED-based **Samyoung DSM501A** sensor)
- b) Dylos Model 1100 pro and Dylos Model 1700 (note: same **laser-based** sensor in both models)
- c) TSI AirAssure (**Sharp GP2Y1010AU0F**)
- d) AirSense from University at Buffalo (**Sharp GP2Y1010AU0F**)
- e) MetOne Aerocet 831 Particle Counter (780 nm, 40 mW **laser diode**)
- f) Airbeam (**Shinyei PPD60PV** sensor)
- g) Wicked Device Air Quality Egg (**Shinyei PPD42** sensor)

# *Sensori a basso costo*





# Effetti sull'ambiente

## Impatto sugli ecosistemi

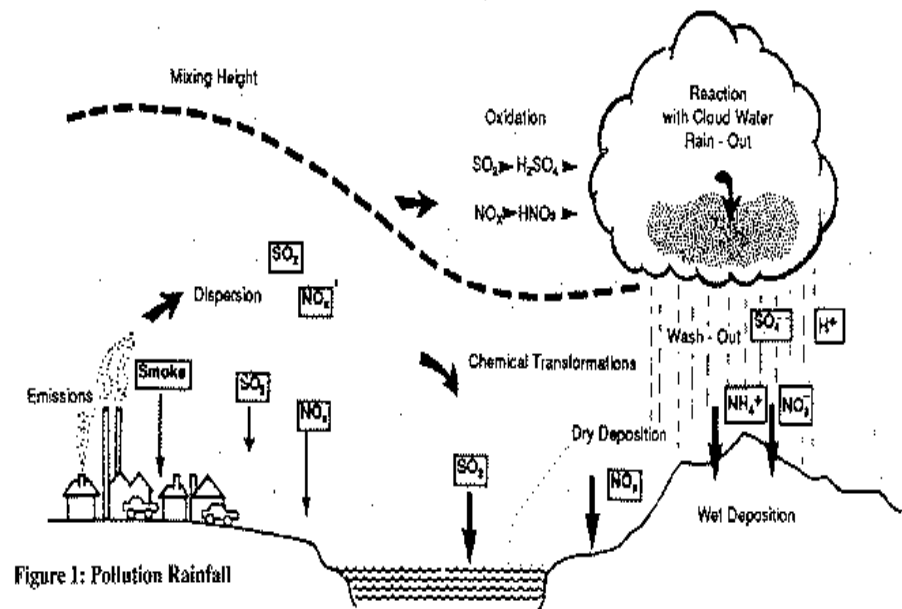


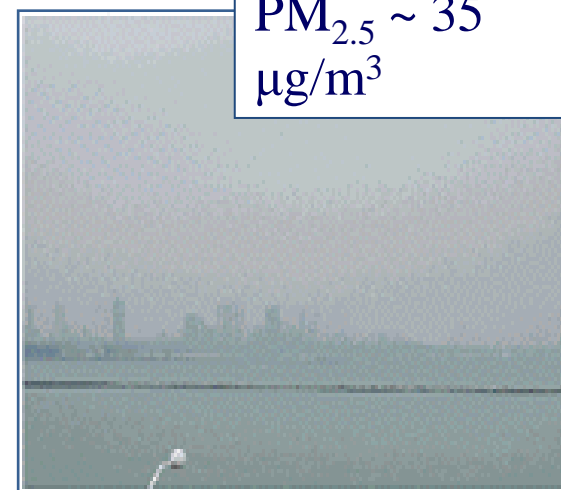
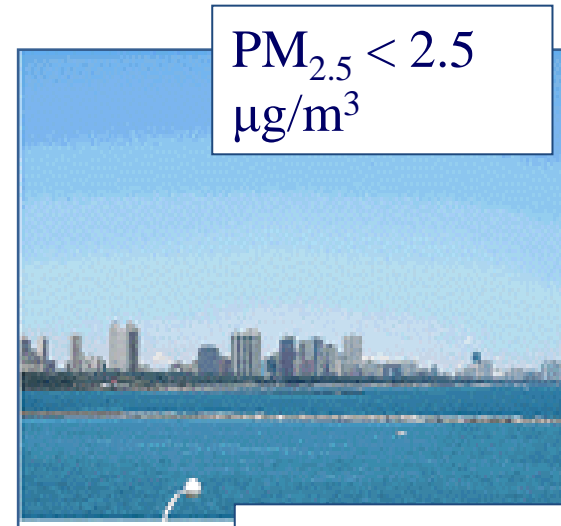
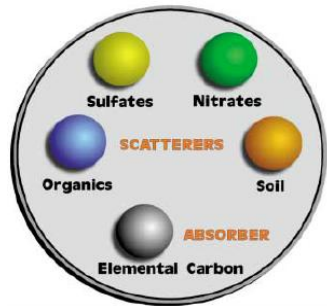
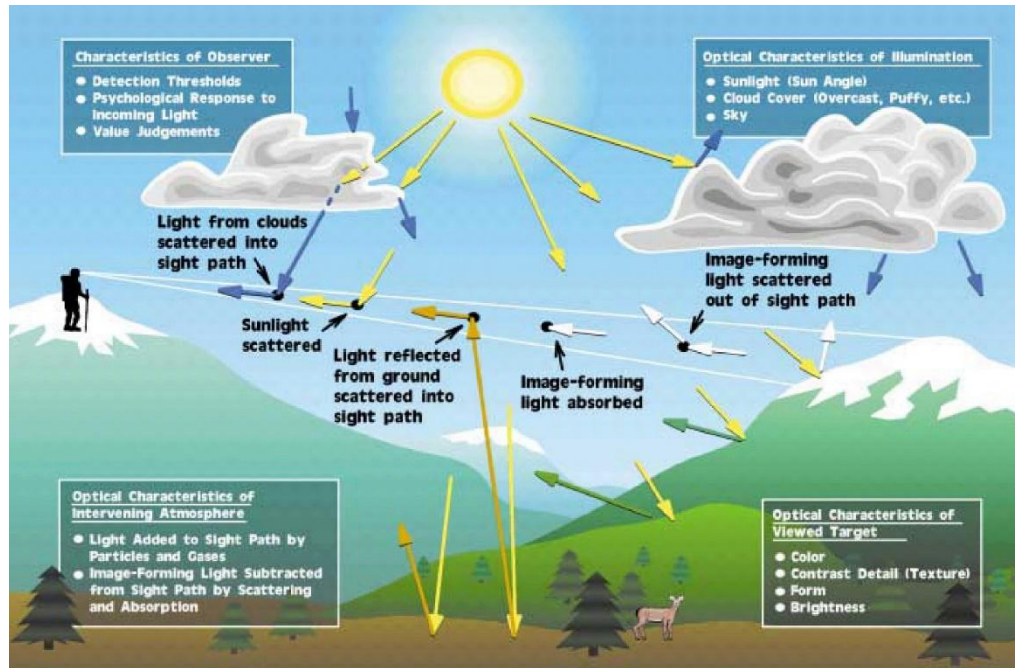
Figure 1: Pollution Rainfall

Slamba Poremba, Poland (C. Martin, The Environmental Picture Library)

# Impatto sull'ambiente

## ► Diminuzione della visibilità

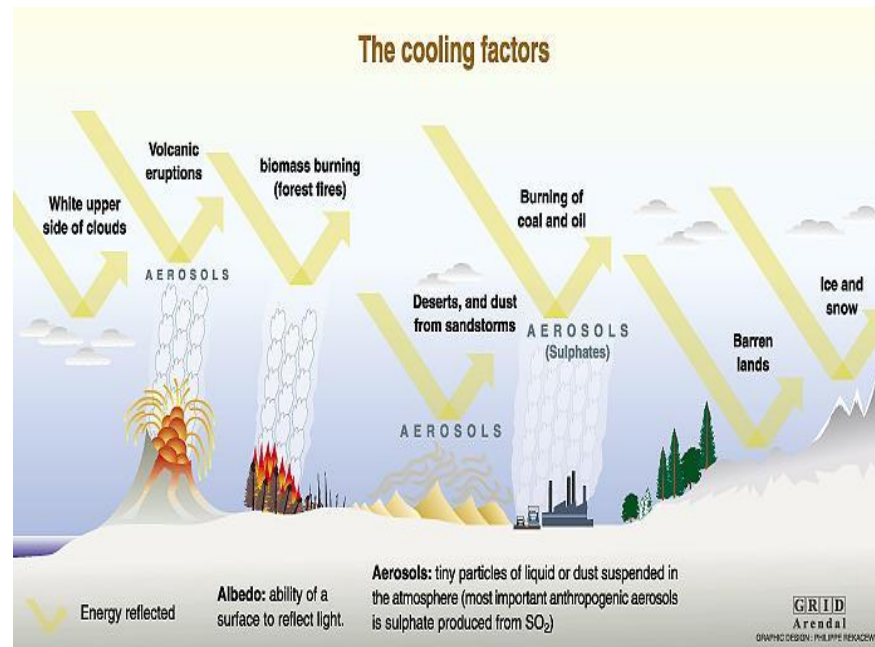
Le particelle agiscono da filtro per la radiazione solare o diffondono la luce.

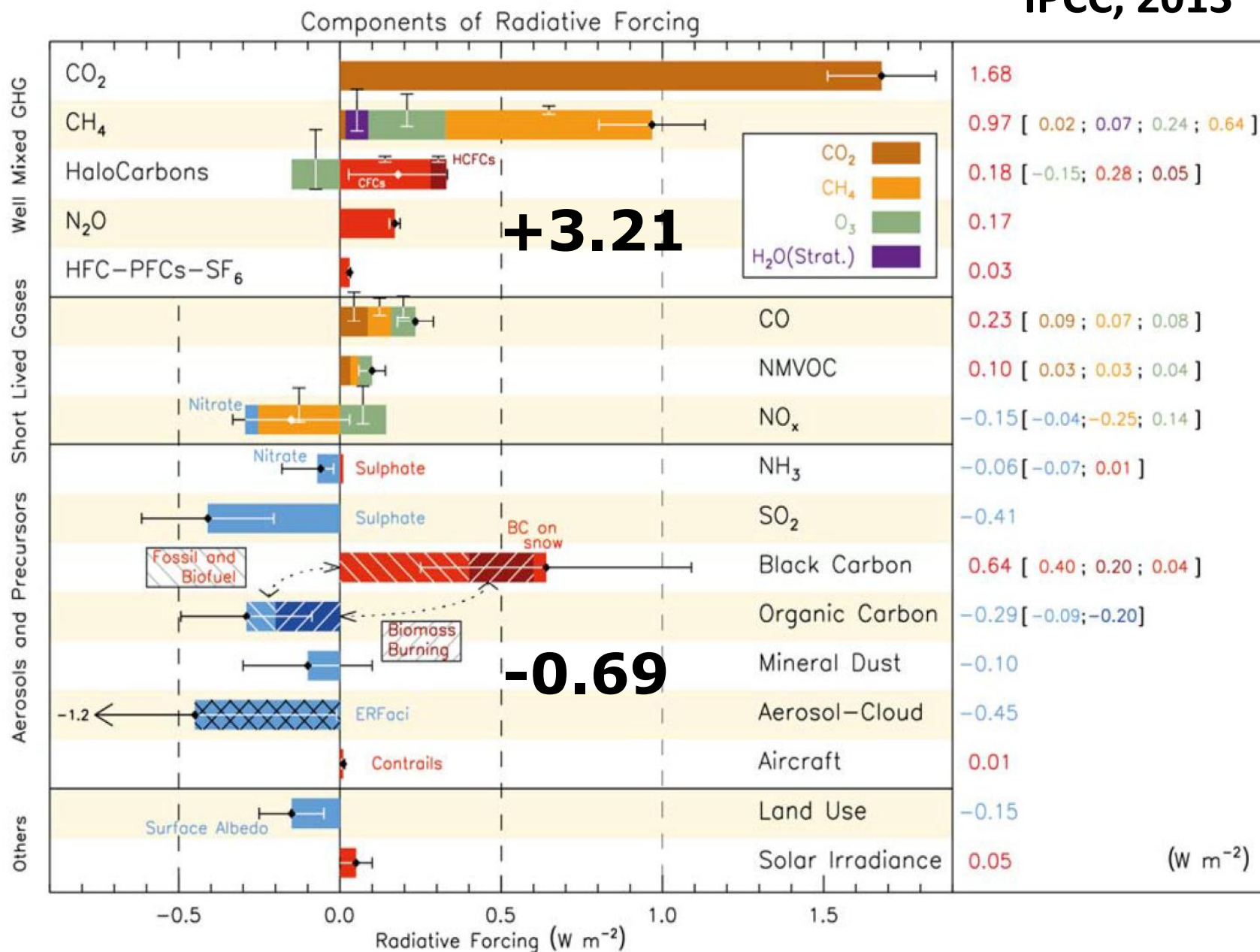




# Impatto degli aerosol atmosferici sul clima

- 1) Effetto "diretto": gli aerosol possono diffondere e/o assorbire la radiazione solare, alterando la temperatura atmosferica
- 2) Effetto "indiretto": gli aerosol possono alterare la distribuzione dimensionale e la concentrazione delle particelle nelle nubi con effetti sull'albedo e, quindi, sulla temperatura atmosferica





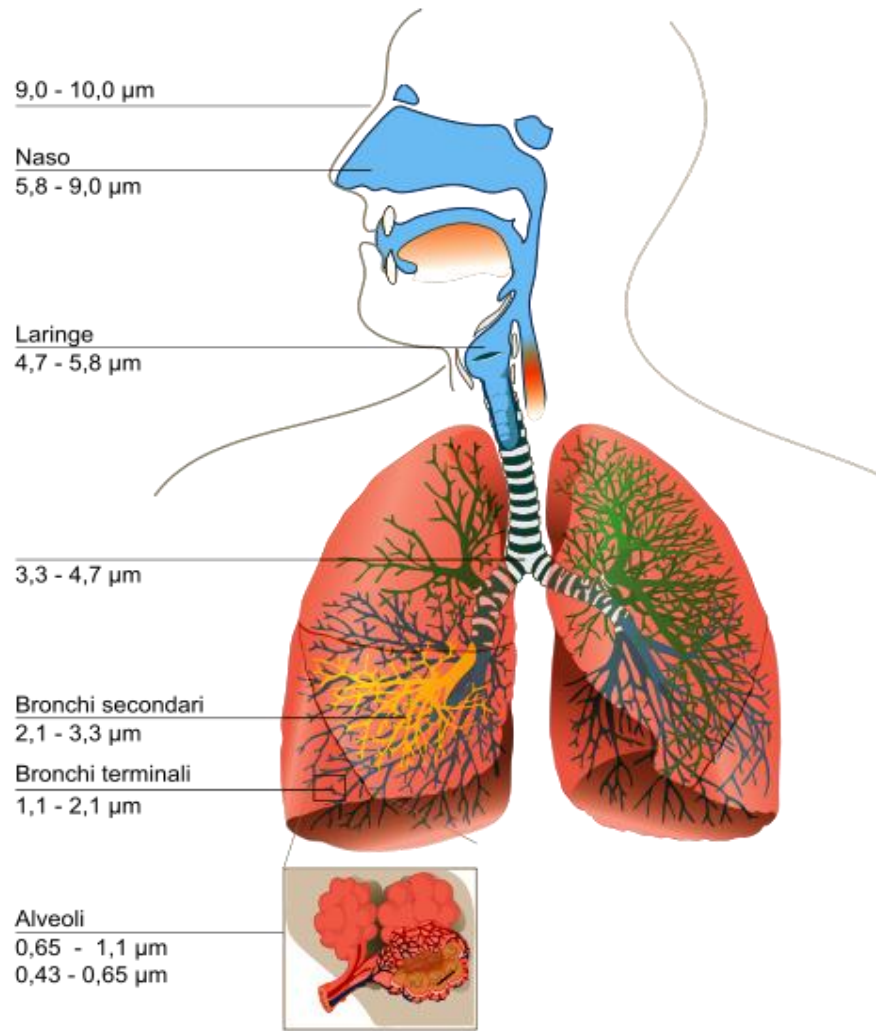
# Effetti sui beni culturali



- Danneggiamento estetico
- Reazioni chimiche e interazioni fisiche con i materiali:
  - ✓ formazione di croste nere
  - ✓ Cristallizzazione di sali solubili

Monumento funerario del 1837, Cimitero Inglese, Firenze (prima e dopo il restauro)

# Impatto sulla salute



Gli effetti del materiale particolato sulla salute dipendono fortemente dalla dimensione delle particelle e dalla loro composizione chimica.

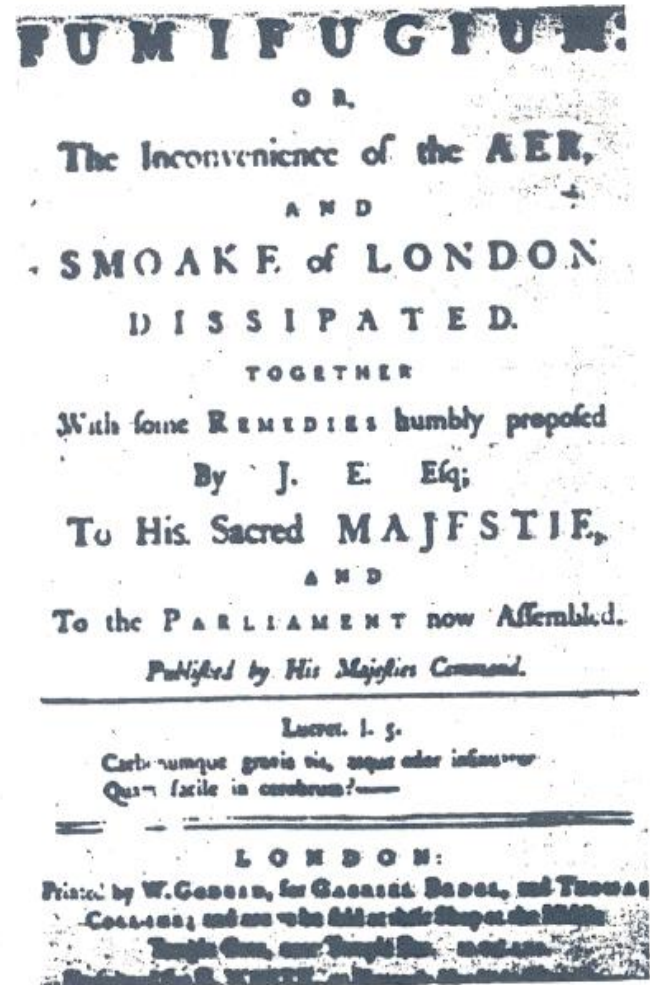
Le particelle più fini possono introdursi in profondità nel sistema respiratorio.



# The Great Smog of London



Dal 5 all'8 dicembre 1952, grazie anche alla presenza di particolari condizioni meteorologiche, la capitale britannica fu avvolta da una coltre di smog che provocò la morte di 4000 persone in una sola settimana.



già nel XVII secolo lo smog è un grave problema ambientale delle città

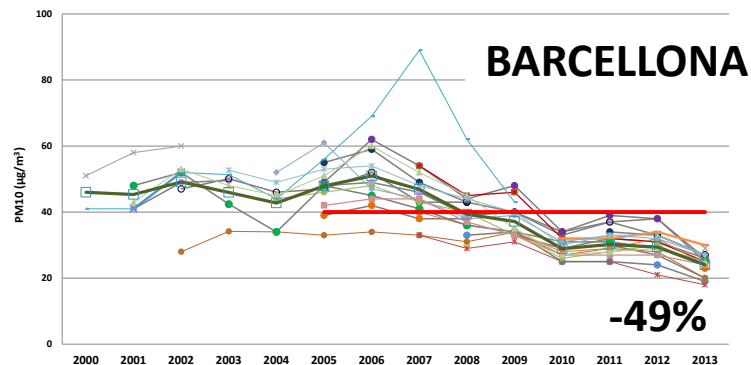
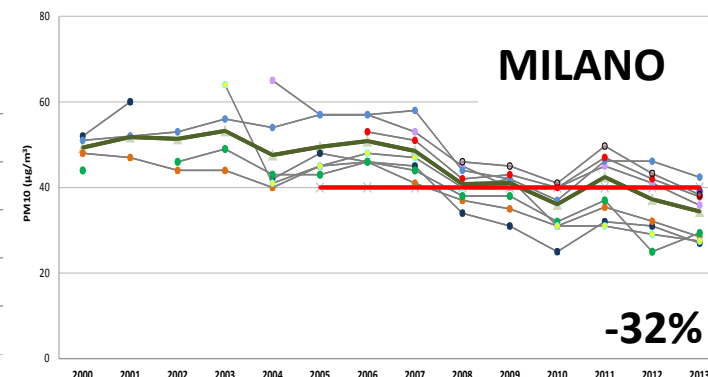
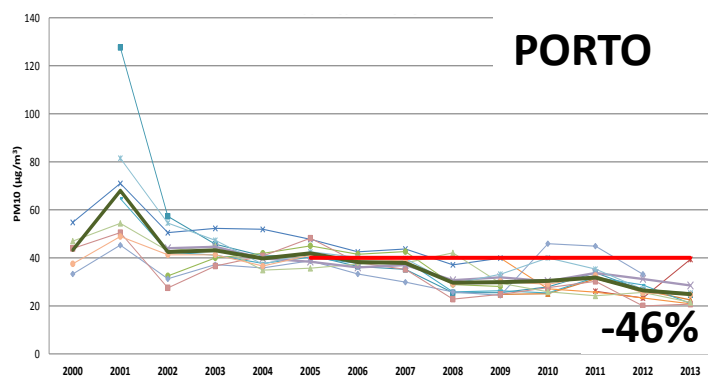
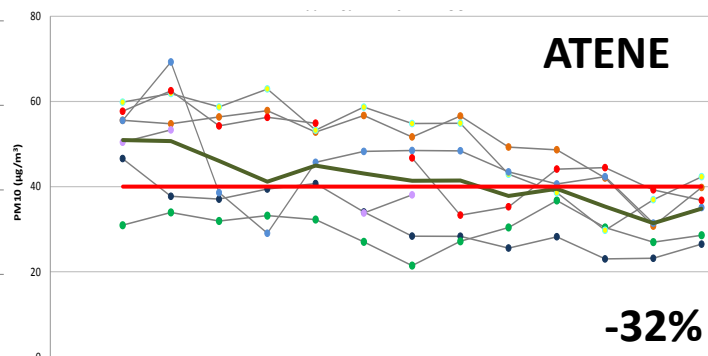
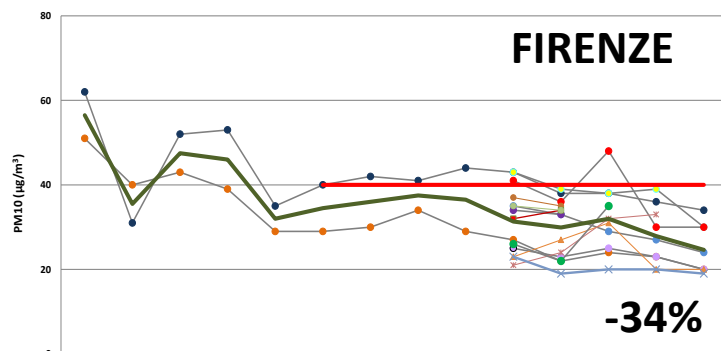
# ENVIRONMENTAL STANDARDS FOR AIR QUALITY

Directive 2008/50/EC, RD 102/2011		293 °K , 101,3 kPa, except PM and metals, Evriron. Cond.
Hourly	350 µg/m³ SO₂	24 times per year
Daily	125 µg/m³ SO₂	3 times per year
Annual prot. ecos.	20 µg/m³ SO₂	not exceeding annual and mean 1
Oct-31 Mar		
Hourly	200 µg/m³ NO₂	8 times per year
Annual	40 µg/m³ NO₂	not exceeding
Annual prot. vegetation	30 µg/m³ NOₓ	(reported as NO₂) not exceeding
Annual	5 µg/m³ Benzene	not exceeding
Mean 8-h max. in a day	10 mg/m³ CO	not exceeding
Annual	500 ng/m³ Pb	not exceeding
Annual	40 µg/m³ PM₁₀	not exceeding
Daily	50 µg/m³ PM₁₀	n<35 per year
Annual	(25 and 20 (18) µg/m³ PM₂.₅)	not exceeding
2010-2020	(reducing 20% PM₂.₅ triennial for mean of urban background)	
2004/107/EC, RD 102/2011		
Annual	6 ng/m³ As	not exceeding
Annual	20 ng/m³ Ni	not exceeding
Annual	5 ng/m³ Cd	not exceeding
Annual	1 ng/m³ Benzo[α]pirene	not exceeding

**CRITICAL PARAMETRES (INFRINGEMENTS)**

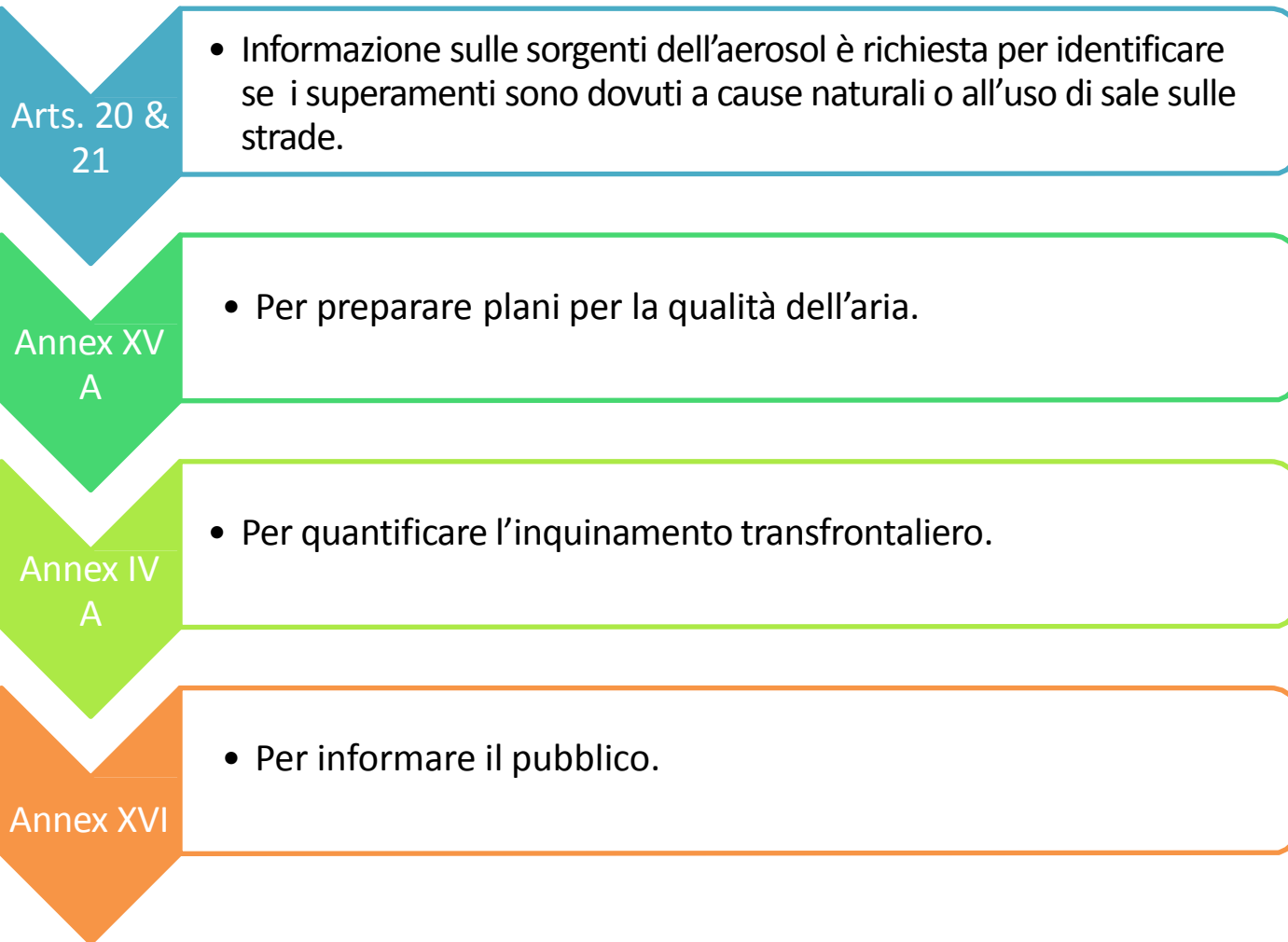


# PM10 MEDIE ANNUALI



# Clean Air Policy in Europe

**Una informazione affidabile e quantitativa sulle sorgenti dell'aerosol è essenziale per un miglioramento delle direttive sulla qualità dell'aria (Dir. 2008/50/EC)**

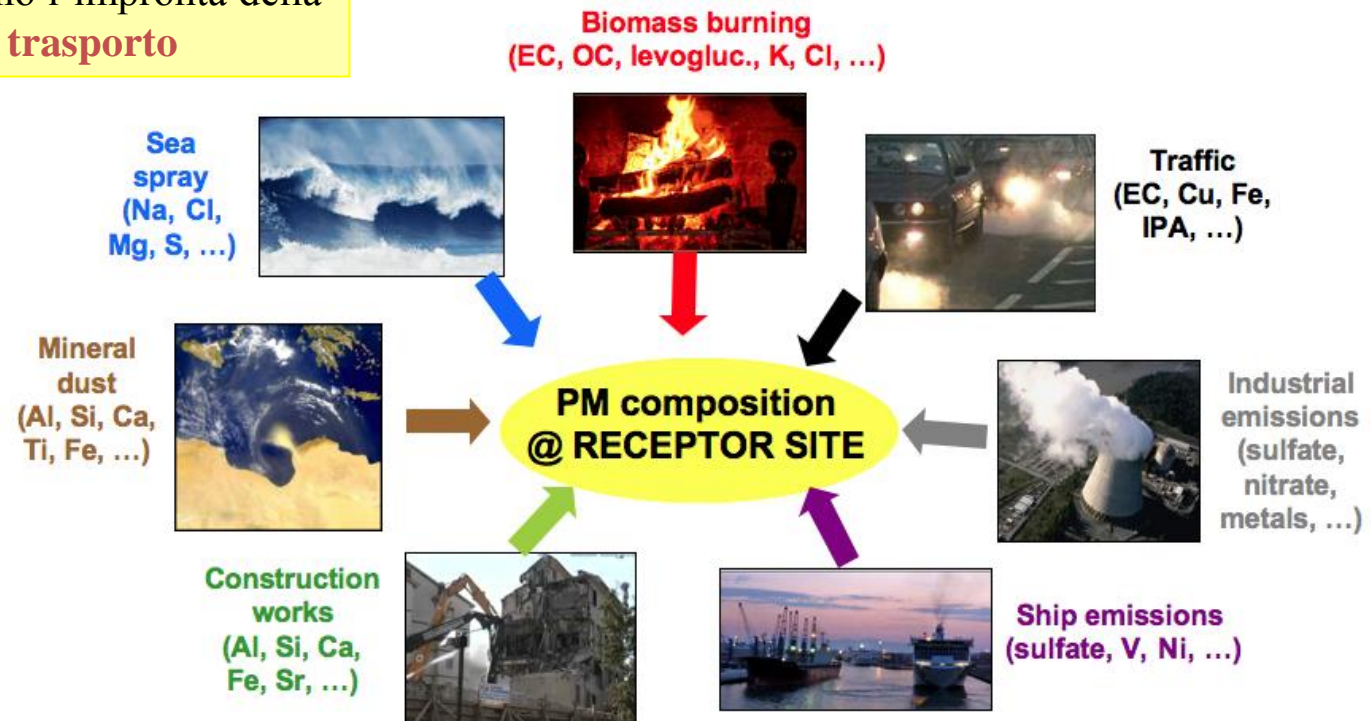


# Modelli “ a recettore ”

Identificano le sorgenti e quantificano il loro contributo al PM (source apportionment) a partire dalle concentrazioni misurate del PM e delle specie chimiche che lo compongono nel luogo di campionamento (RECETTORE)

Le particelle mantengono l'impronta della sorgente **anche dopo il trasporto**

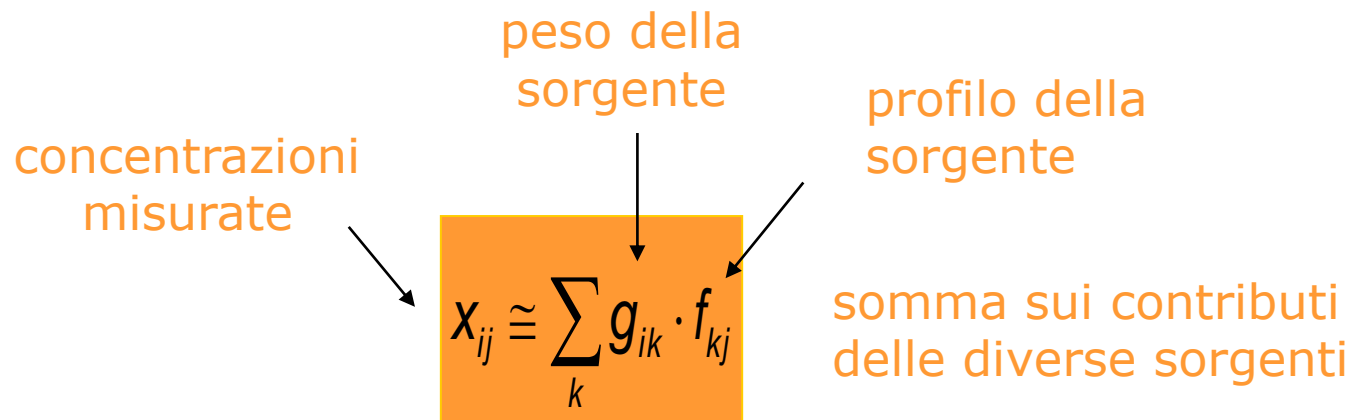
La composizione chimica del PM è in prima approssimazione una combinazione lineare della composizione degli aerosol emessi dalle diverse sorgenti.



Approccio **OPPOSTO** (e complementare) rispetto ai modelli “**source oriented**”, che calcolano le concentrazioni ambientali a partire dai dati di emissione, tramite calcoli di dispersione in atmosfera.

# In formule

**Tutti i modelli a recettore si basano sul BILANCIO DI MASSA:**


$$x_{ij} \approx \sum_k g_{ik} \cdot f_{kj}$$

concentrazioni misurate

peso della sorgente

profilo della sorgente

somma sui contributi delle diverse sorgenti

$x_{ij}$  = concentrazione della **specie  $j$**  nel **campione  $i$**

$g_{ik}$  = contributo della **sorgente  $k$**  nel **campione  $i$**

$f_{kj}$  = frazione della **specie  $j$**  nel particolato prodotto dalla **sorgente  $k$**

**I profili delle sorgenti non sono generalmente noti a priori (si hanno solo informazioni parziali): per risolvere il problema serve un approccio multivariato, ovvero un elevato numero di campioni**



# LO SCOPO DEL PROGETTO AIRUSE



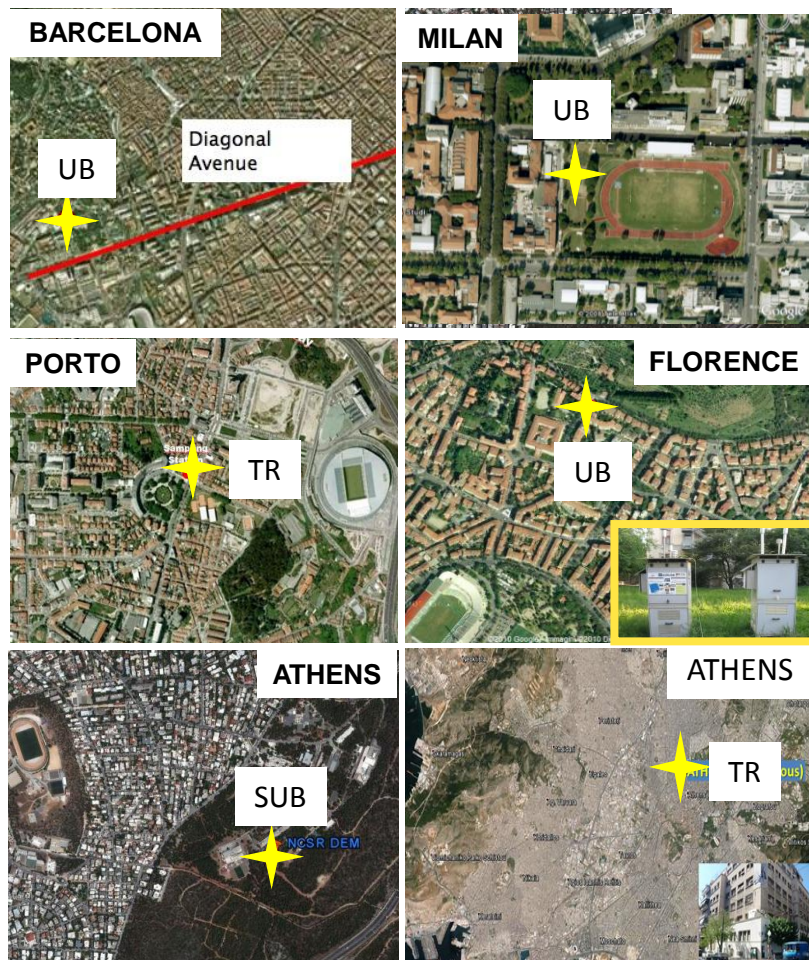
- Identificare somiglianze e differenze nella composizione e nelle sorgenti del PM10 e PM2.5 e nei loro contributi nel sud Europa (**5 città: Atene, Firenze, Milano, Barcellona, Porto**)
- Una volta identificate le sorgenti, **sviluppare, testare e proporre misure specifiche** per abbattere il particolato nelle aree urbane del S.-EU, **per soddisfare gli standard di qualità dell'aria e avvicinarsi alle linee guide dell' WHO**

## Misure specifiche di mitigazione del PM

- Lavaggio delle strade e soppressori della polvere per la polvere stradale e trasportata dal Sahara
- Combustione di Biomasse
- Emissioni Industriali (canalizzate e fugitive)
- Strategie adottate in altri paesi europei (ZTL, veicoli eco efficienti, eco- labelling, traffico navale, combustione delle biomasse...)



# CAMPIONAMENTO E ANALISI DEL PM10 E DEL PM2.5 NELLE 5 CITTÀ



## Campionamento annuale su base giornaliera:

- Gen.2013 - Gen.2014  
(1 giorno ogni 3\*)
- PM10 e PM2.5
- quarzo e teflon

## Campionamenti intensivi a risoluzione oraria

- ~ 2 sett. in inverno e in estate
- fine e coarse

1047 campioni PM10  
1116 campioni PM2.5

\* tutti i giorni se previsto  
episodio sahariano  
(Hysplit, Skiron)



# ANALISI

Massa del PM10 determinata per via gravimetrica, tramite pesata dei filtri in Teflon su bilancia analitica.



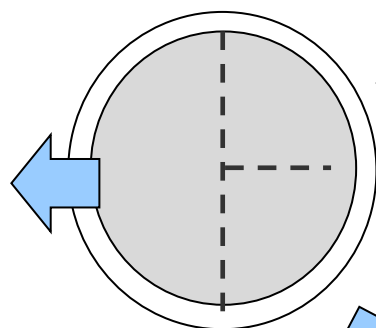
**PIXE**  
(Particle Induced  
X-ray Emission)  
**Elementi con  $Z > 10$**   
(dal Na al Pb)



**IC**  
(Ion Chromatography)  
**Principali ioni solubili**  
 $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  
 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , MSA, For,  
Gly, Ox

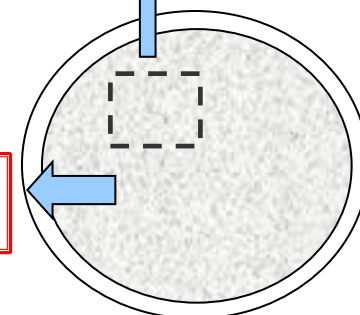


**Thermo Optical-  
Analyzer**  
(Sunset)  
**Carbonio (OC, EC, TC)**



**Filtro in  
Teflon**

**Levoglucozano e  
composti organici**



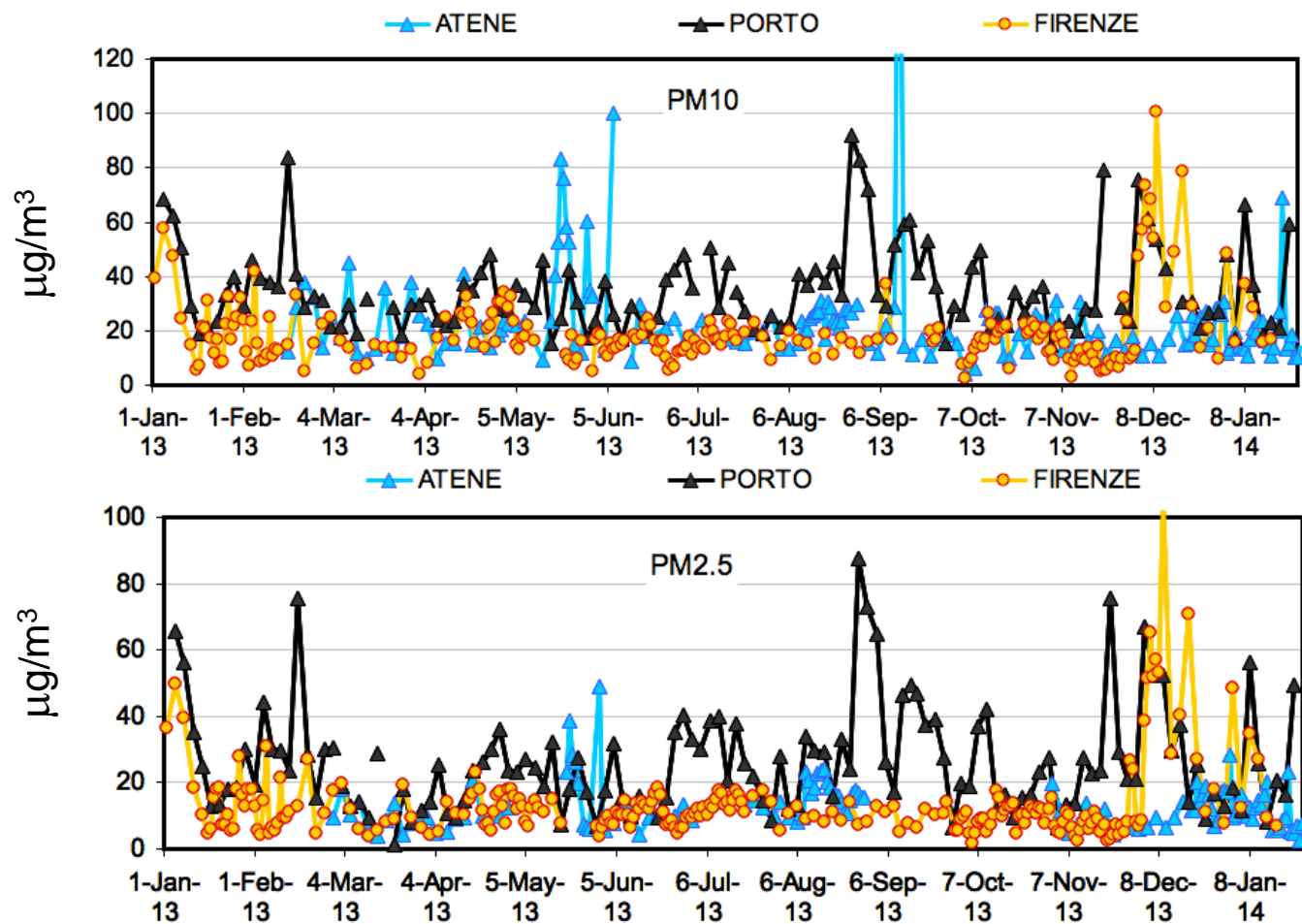
**Filtro in fibra di  
Quarzo**

**ICP-AES**  
**Metalli solubili in  $\text{HNO}_3$**   
**pH=1.5**  
Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe,  
Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr,  
Mo, Cd, Ba, Pb, La, Ce



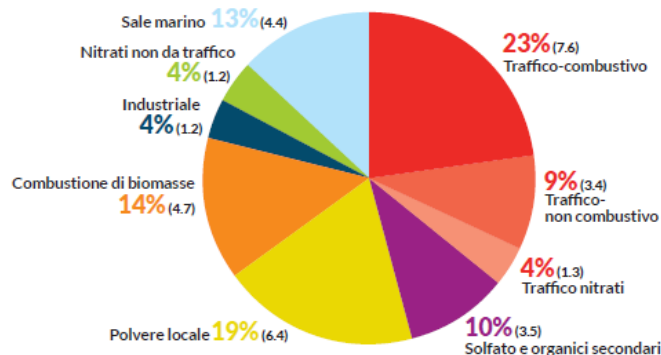
**ANALISI STATISTICA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI**  
(PMF, Positive Matrix Factorization) su campioni giornalieri e orari

# Concentrazione del PM10 e PM2.5



# PM10 Contributi nelle medie annuali

## Porto traffico



Atmos. Chem. Phys., 16, 3289–3299, 2016  
www.atmos-chem-phys.net/16/3289/2016/  
doi:10.5194/acp-16-3289-2016  
© Author(s) 2016. CC Attribution 3.0 License.

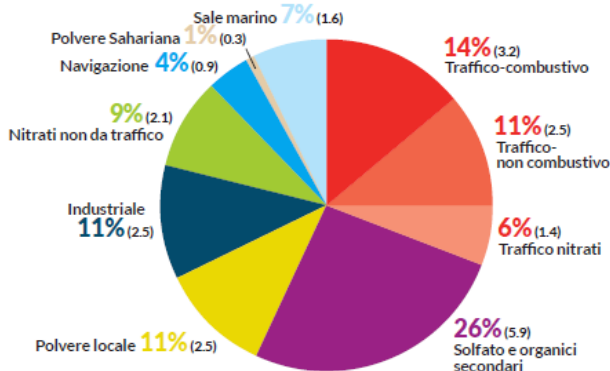
Atmospheric  
Chemistry  
and Physics  
EGU

## AIRUSE-LIFE+: a harmonized PM speciation and source apportionment in five southern European cities

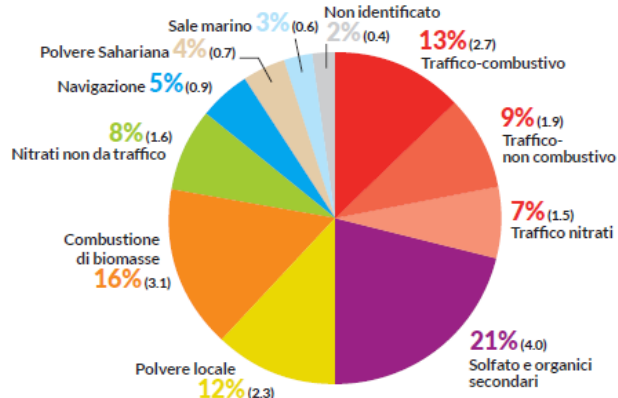
Fulvio Amato<sup>1</sup>, André Alarney<sup>1</sup>, Angeliki Karanidou<sup>1</sup>, Franco Lucarelli<sup>2</sup>, Silvia Nava<sup>3</sup>, Giulia Calzola<sup>2</sup>, Mirko Severi<sup>1</sup>, Silvia Becagli<sup>1</sup>, Yvonne L. Gissel-Nielsen<sup>4</sup>, Cristina Colombi<sup>4</sup>, C  lia Alves<sup>5</sup>, Danilo Cantado<sup>5</sup>, Teresa Nunes<sup>5</sup>, Mario Crescenzo<sup>6</sup>, Calisto Tanzi<sup>6</sup>, Konstantinos Eleftheriadis<sup>6</sup>, Evangelia Diapoulou<sup>6</sup>, Cristina Reda<sup>4</sup>, Maria Cruz Mingosillan<sup>1</sup>, Manolis Ioannis Manonakis<sup>6</sup>, Thomas Maggos<sup>6</sup>, Stergios Vratolis<sup>6</sup>, Roy M. Harrison<sup>7</sup>, and Xavier Querol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), DROVAL Barcelona, Spain

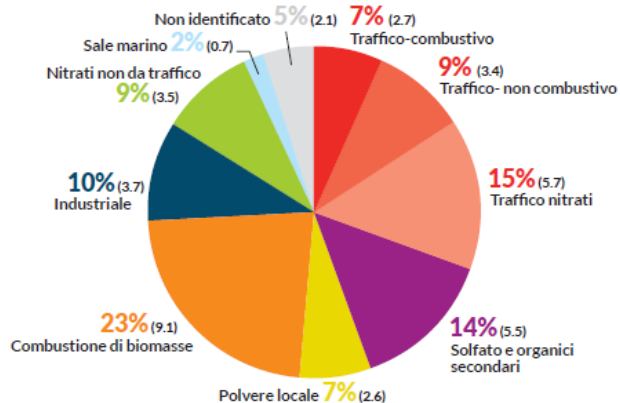
## Barcellona fondo urbano



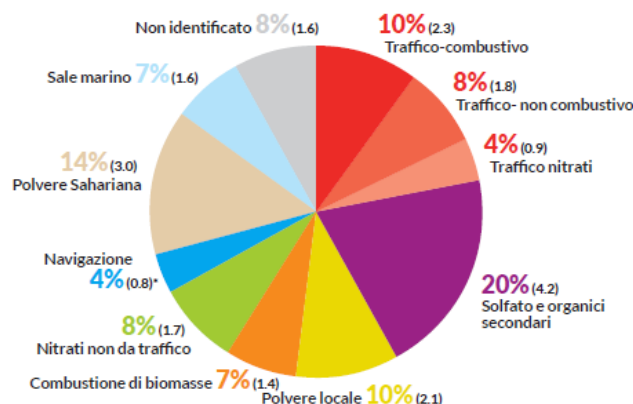
## Firenze fondo urbano



## Milano fondo urbano

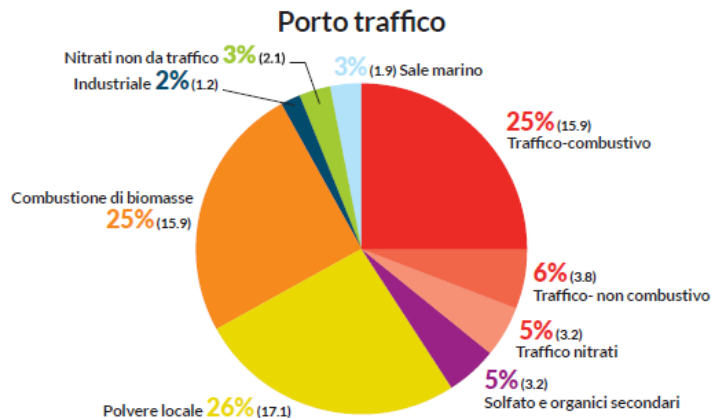


## Atene sub urbano



**LABEC**

# PM10 Contributi nei giorni di alto inquinamento



Int. J. Chem. Phys., 16, 3280-3300, 2016  
 www.int-j-chem-phys.org/16/3280/2016/  
 10.5194/ijcp-16-3280-2016  
 Author(s) 2016. CC Attribution 3.0 License.

IRUSE-LIFE+: a harmonized PM speciation and source  
apportionment in five southern European cities

Ivo Amato<sup>1</sup>, Andrei Alantsev<sup>2</sup>, Angeliki Karanasiou<sup>1</sup>, Franco Lucarelli<sup>2</sup>, Silvia Nava<sup>3</sup>, Giulia Calzolari<sup>4</sup>,  
 rko Severi<sup>5</sup>, Silvia Becagli<sup>6</sup>, Vorne L. Gianelle<sup>6</sup>, Cristina Colombi<sup>6</sup>, Celia Alves<sup>7</sup>, Danilo Custodio<sup>8</sup>, Teresa Nunes<sup>9</sup>,  
 urio Crespo<sup>10</sup>, Costantino Pio<sup>11</sup>, Konstantinos Eleftheriadis<sup>12</sup>, Evangelina Diapoulou<sup>13</sup>, Cristina Reda<sup>14</sup>, Maria  
 na Ninguilla<sup>15</sup>, Massimo Iannelli Manonikas<sup>16</sup>, Thomas Mages<sup>17</sup>, Stergios Vratolis<sup>18</sup>, Roy M. Harrison<sup>19</sup>, and  
 vier Querol<sup>20</sup>

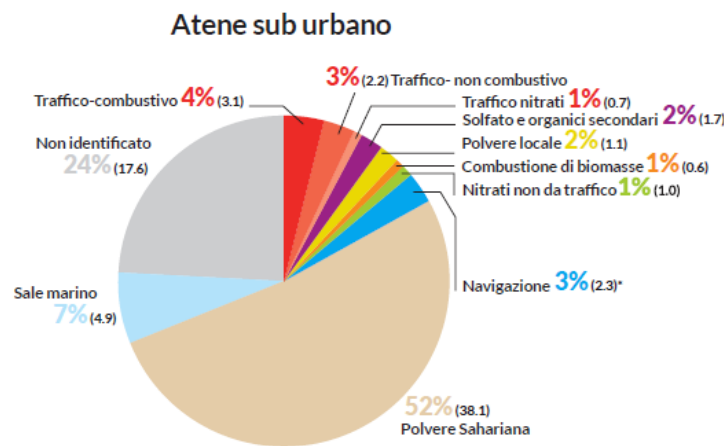
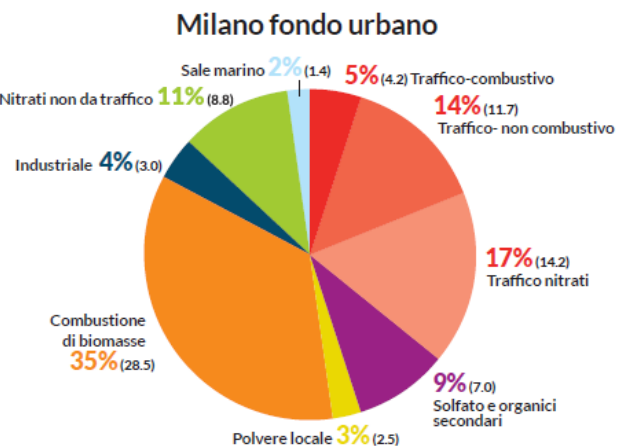
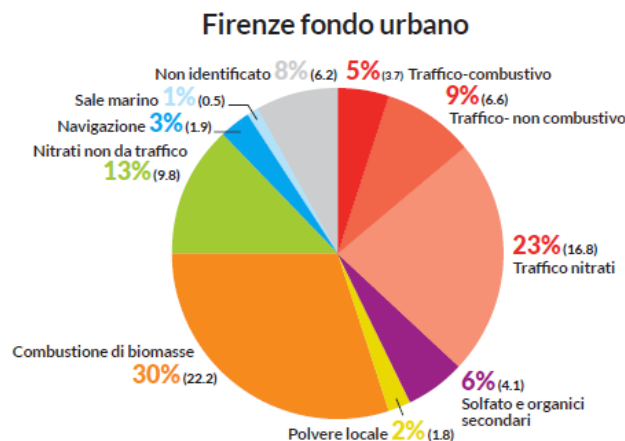
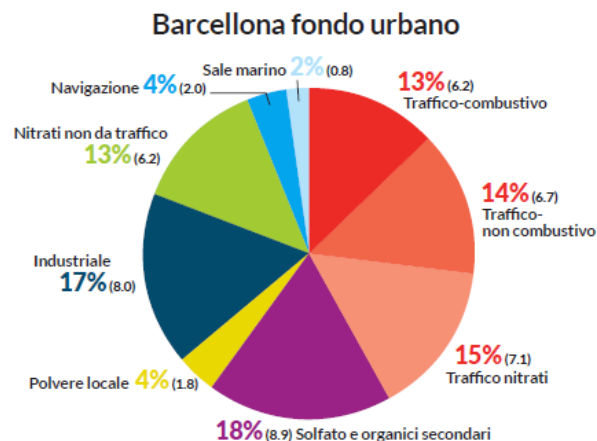
<sup>1</sup>Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), 08034 Barcelona, Spain

Nei giorni più  
inquinati, le  
sorgenti  
dominanti sono:

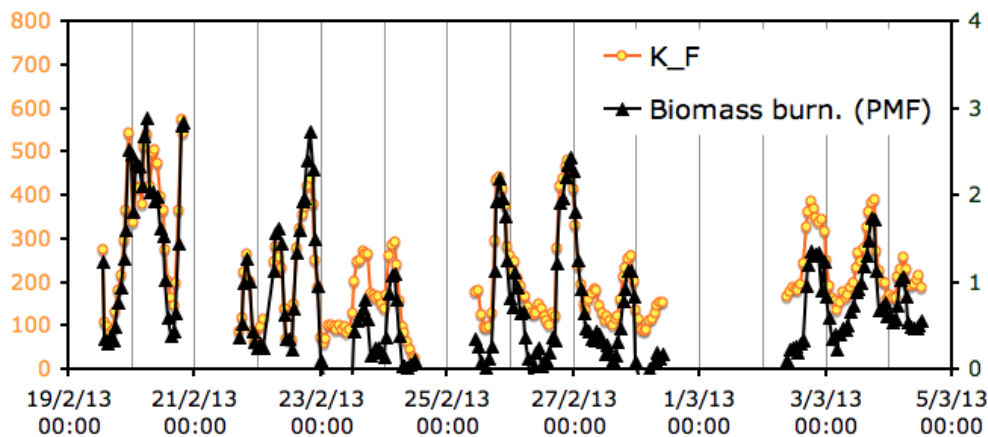
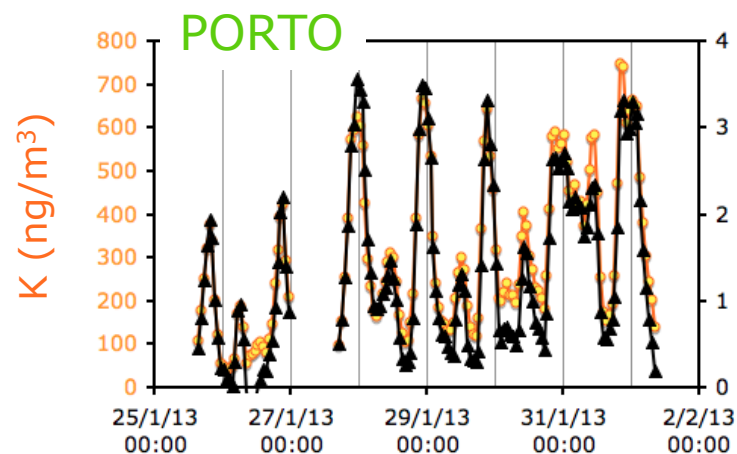
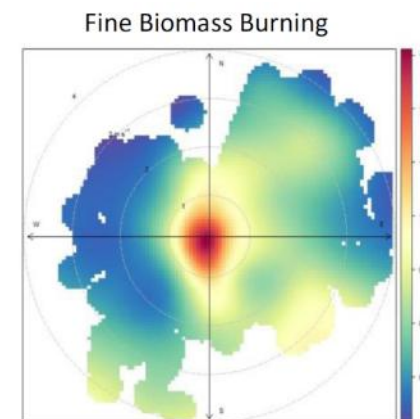
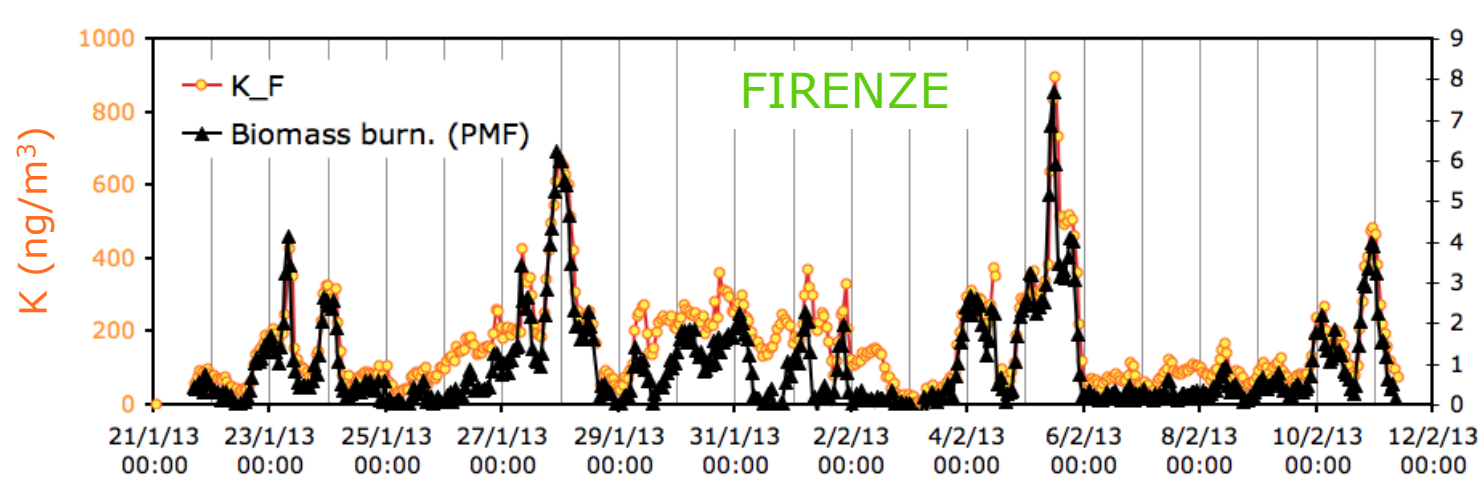
**BCN traffico**

**POR, FLR,  
MIL traffico e  
BB**

**ATH polvere  
Sahariana**

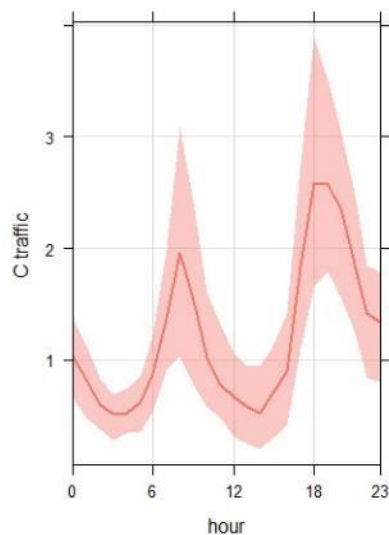
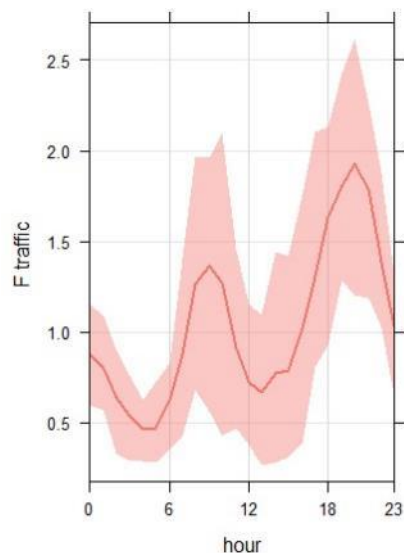
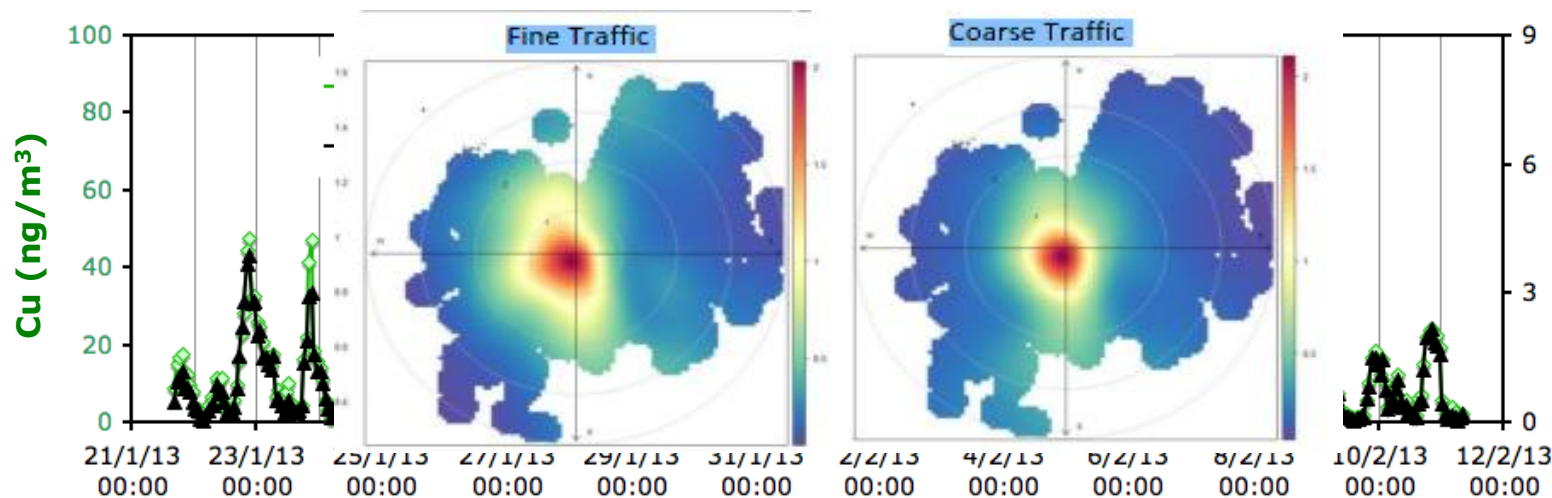


## COMBUSTIONE DI BIOMASSE: risoluzione oraria





## Andamento temporale ad alta risoluzione: concentrazioni orarie



**TRAFFIC DAILY PATTERNS**  
Andamento giornaliero medio  
della sorgente traffico a Firenze  
nelle frazioni fine e coarse raccolte  
col campionatore streaker



# BIOMASS BURNING – BIO-COMBUSTIBILI E DISPOSITIVI DI COMBUSTIONE

**Bio-combustibili:** A partire dall' inventario delle foreste e dalle informazioni fornite dai partecipanti a AIRUSE, utilizzate le specie di legno più usate per il riscaldamento domestico nel Sud Europa



- Certificato EN-plus
- Non certificati, contenenti nella maggior parte dei casi prodotti di riciclo del legno, rifiuti legnosi e residui dell'industria del legno.



## BIOMASS BURNING – BIO-COMBUSTIBILI E DISPOSITIVI DI COMBUSTIONE

### Dispositivi per la combustione di biomasse



1

**Camino tradizionale**



2

**Stufa di ghisa a  
legna tradizionale**



3

**Stufa a legna eco-  
certificata**

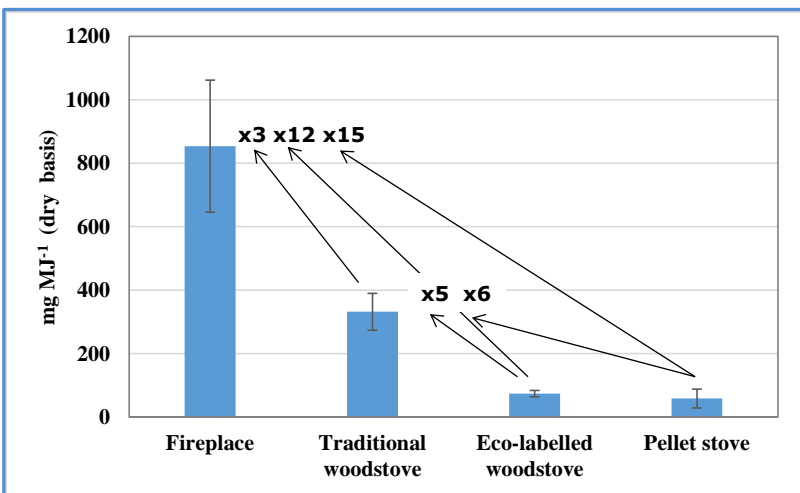


4

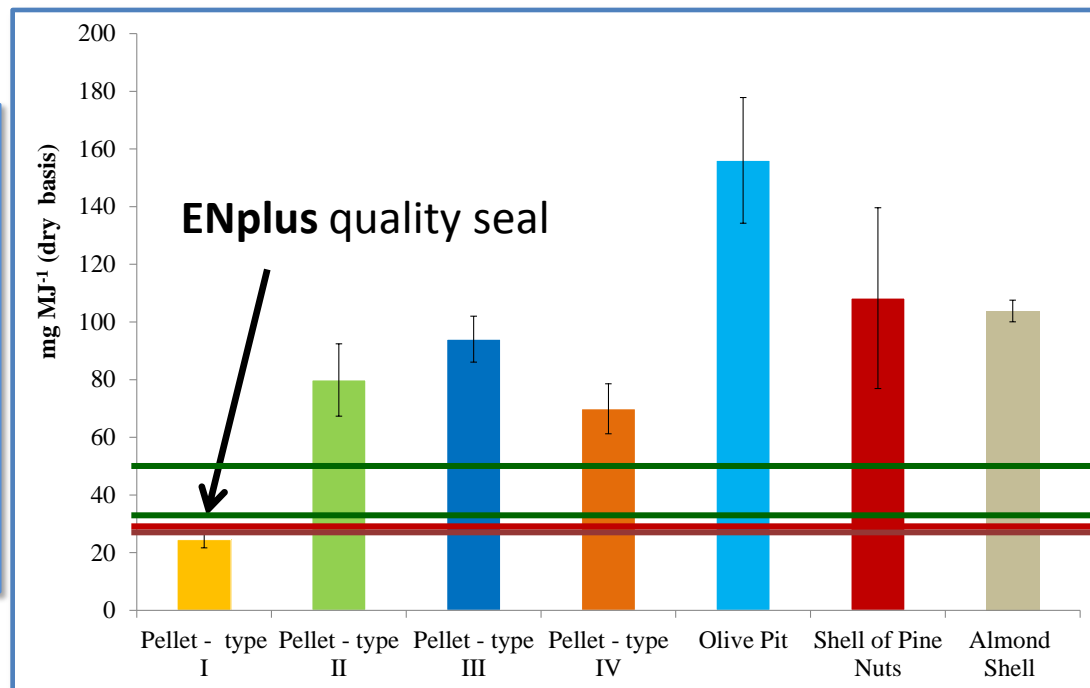
**Stufa a pellet**

## FATTORI DI EMISSIONE PER IL PM

Fattori di emissione per una stufa a pellet



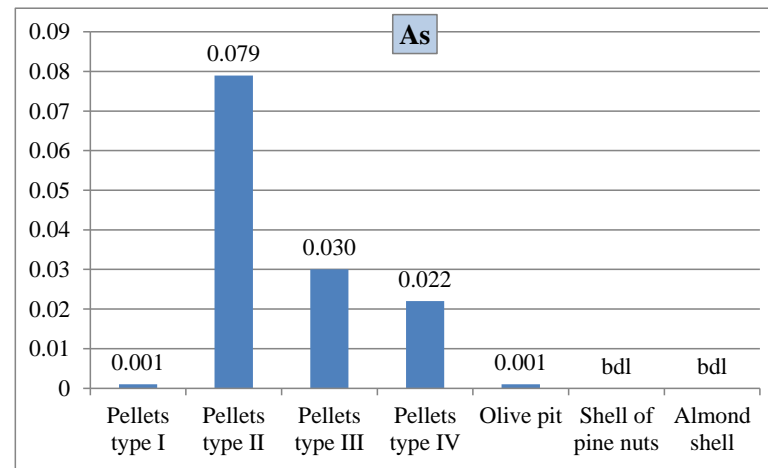
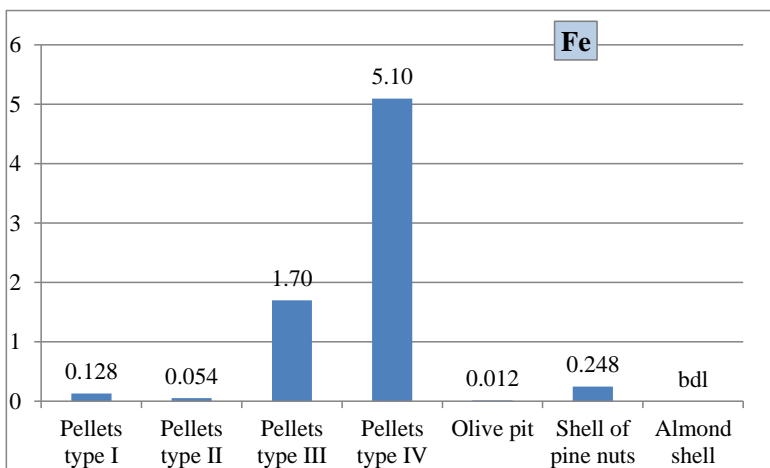
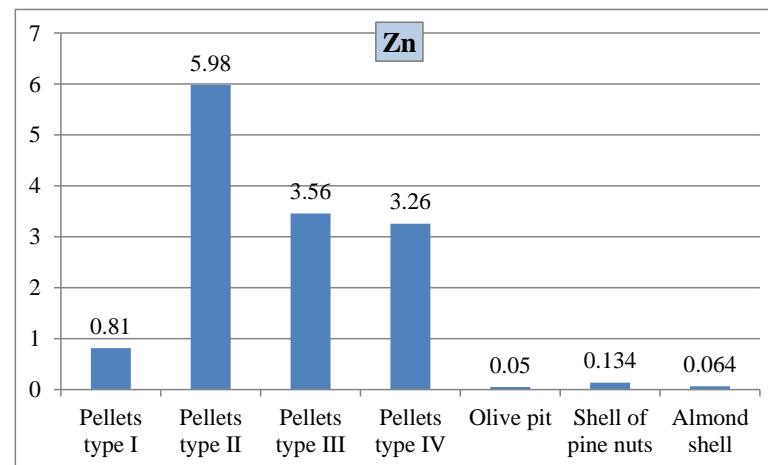
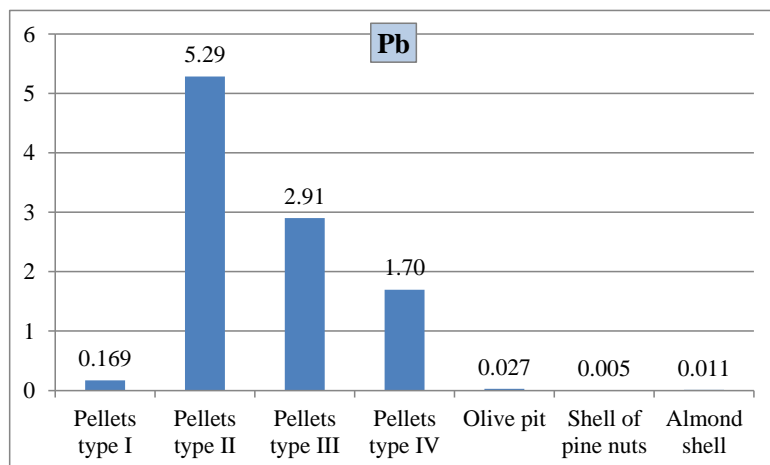
1 kg di biomassa corrisponde approssimativamente a 18 MJ



50 mg MJ<sup>-1</sup> in Denmark & Switzerland

35 mg MJ<sup>-1</sup> wood fuels & 25 mg MJ<sup>-1</sup> for pellets in Austria

27 mg MJ<sup>-1</sup> in Germany



Principale produttore di benzo-a-pirene

**È necessario introdurre uno standard nell'CE per la composizione elementale dei pellet commerciali per evitare l'inclusione di materiale estraneo. Solo la Germania ha standard che contengono limiti per gli elementi.**

# RACCOMANDAZIONI

Le strategie per ridurre le emissioni da combustione di biomasse possono essere di due tipi :

- **Programmi di informazione** della popolazione che suggeriscano cosa bruciare, come bruciare, quali sono i sistemi meno inquinanti
- **Interventi normativi**: Proibizione o restrizione nell'uso di alcuni bio-combustibili e dispositivi di combustione di biomasse nelle nuove abitazioni, creare incentivi per la sostituzione delle vecchie stufe, regolamentare il contenuto di umidità e l'installazione solo di sistemi certificati, obbligare a sostituire le vecchie stufe in caso di vendita di una casa etc.

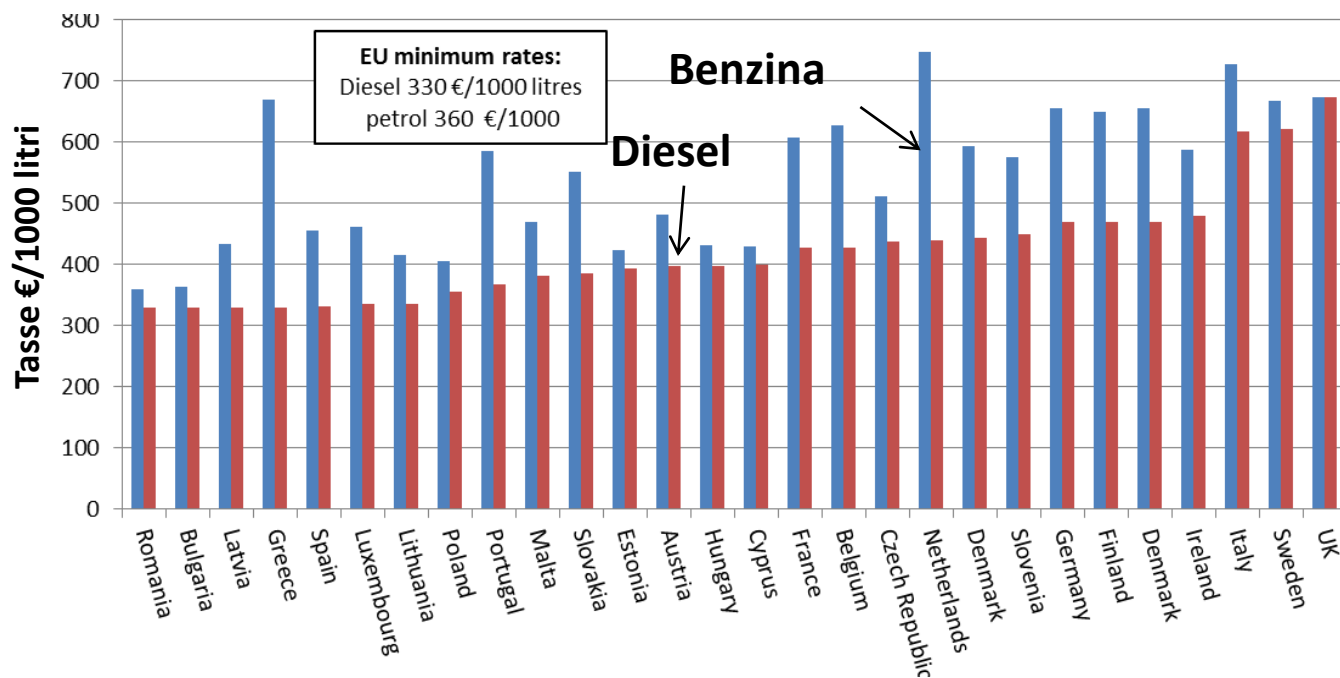


# PROBLEMA AUTO DIESEL

## Perché ci sono così tanti auto diesel in Europa?

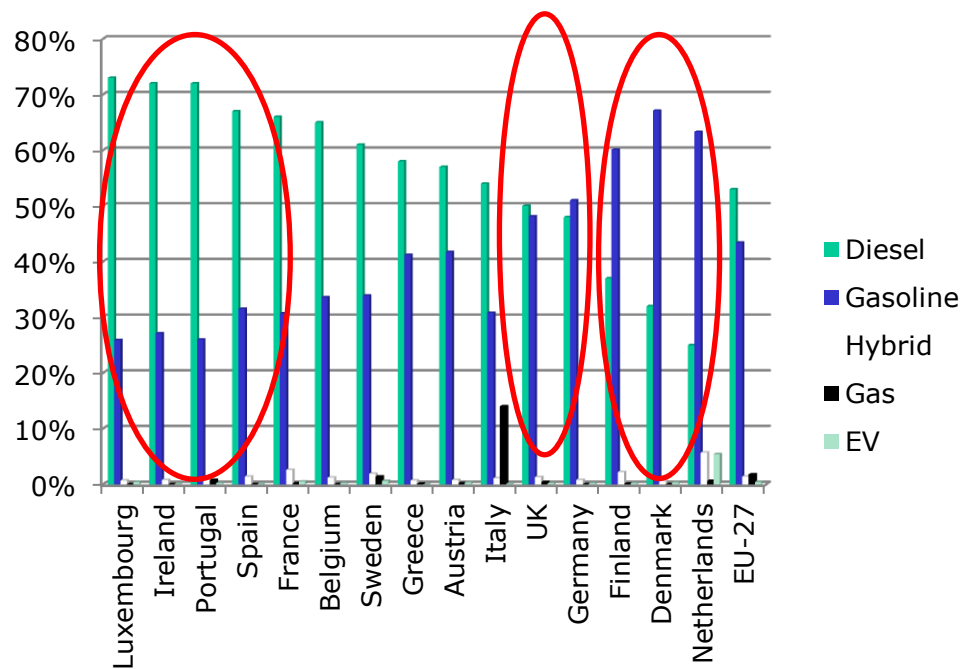
- Tasse basate su CO<sub>2</sub> nella maggior parte dei paesi
- Tassazione dei Diesel e il prezzo alla pompa più bassa della nella maggior parte dei paesi
- **Favorisce l'acquisto e l'uso di auto diesel**
- La quota di mercato europea del Diesel é cresciuta dal 36% (2001) al 55% (2013)
- Il gap fra le emission di CO<sub>2</sub> “ufficiali” e quelle reali é salito dal 7% (2001) to 23% (2011)
- **I benefici ambientali del Diesel ampiamente sovrastimati, considerando effetti “collaterali” trascurabili**

# PROBLEMA AUTO DIESEL

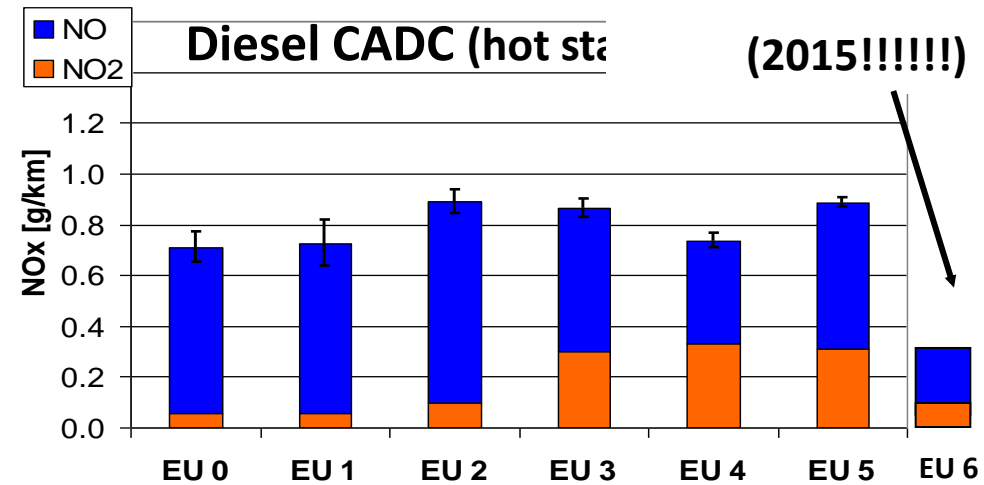
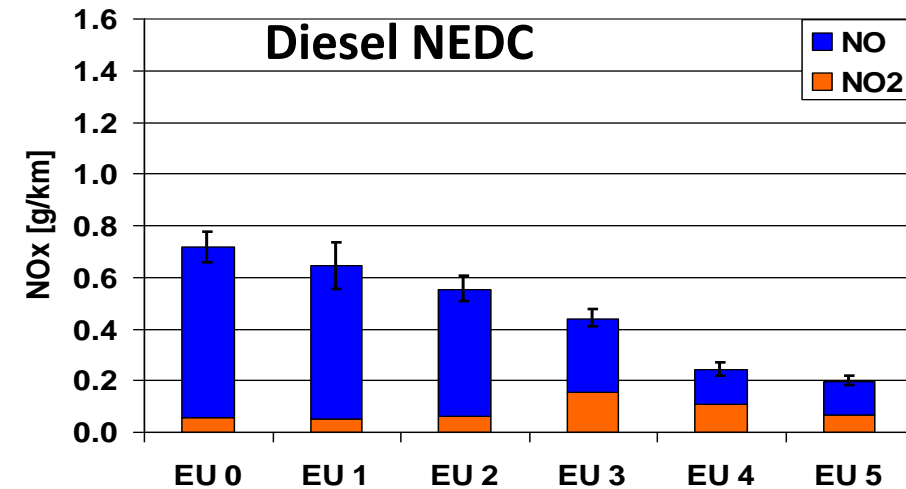


# PROBLEMA AUTO DIESEL

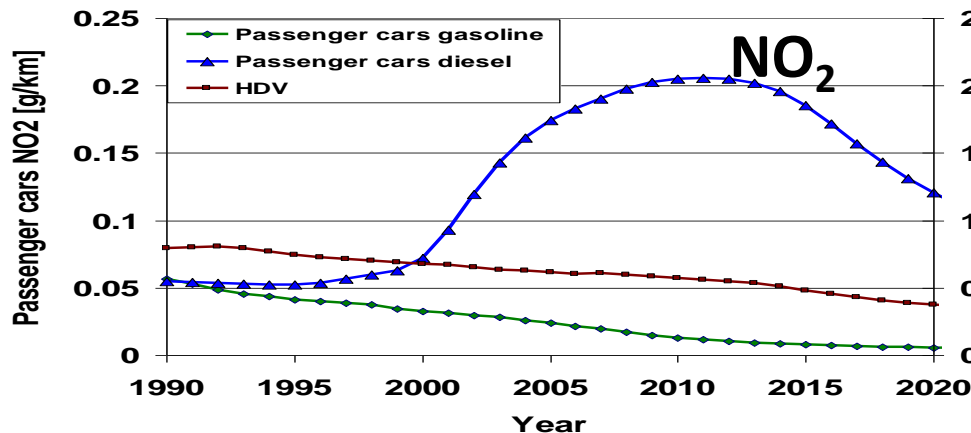
## Quota di mercato delle nuove macchine per combustibile in Europa



Courtesy: Prof. Dr. S. Hausberger T.U. Graz



## NO<sub>2</sub> fleet emission factors in urban traffic (share in mileage for AUT)



Total effect of NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> fleet emission reduction may not be sufficient to reach NO<sub>2</sub> air quality targets near roads with high traffic volumes until 2015:

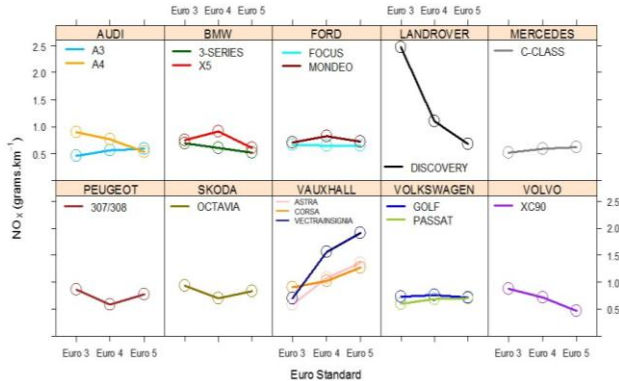
NON TECHNOLOGICAL MEASURES ARE NEEDED

FOR URBAN AREAS: REDUCING THE NUMBER OF VEHICLES

# Scandalo Volkswagen o Diesel?

## Diesel cars

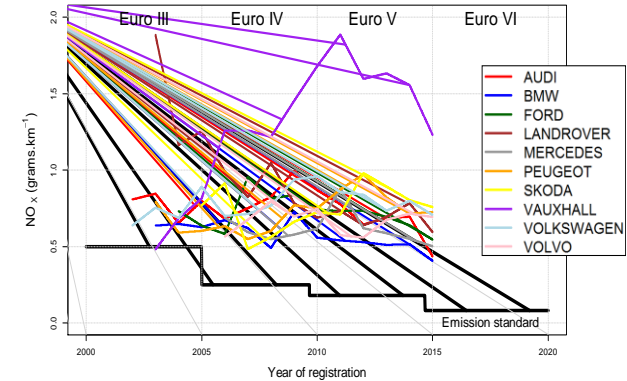
NO<sub>x</sub> emissions by manufacturer & model



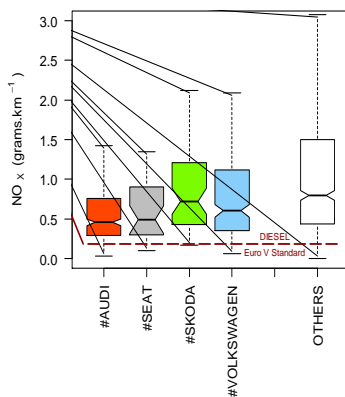
Dr James TATE

Email: [j.e.tate@its.leeds.ac.uk](mailto:j.e.tate@its.leeds.ac.uk)

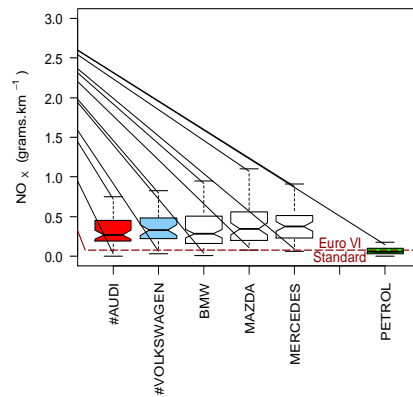
Twitter: [drjamestate](https://twitter.com/drjamestate)



## Euro 5

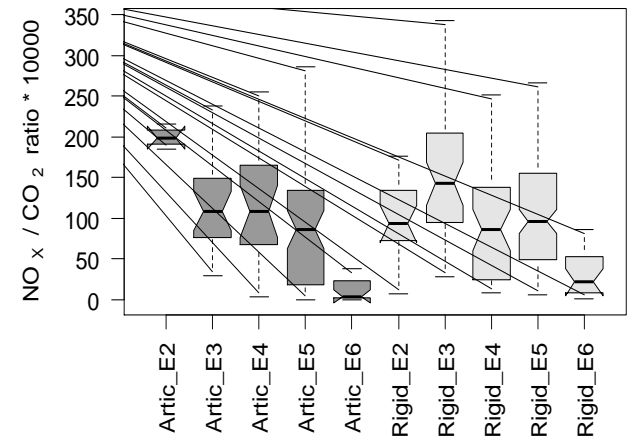


## Euro 6



## Euro VI

NO<sub>x</sub> Heavy Commercial Vehicles, Spring/ Summer 2015





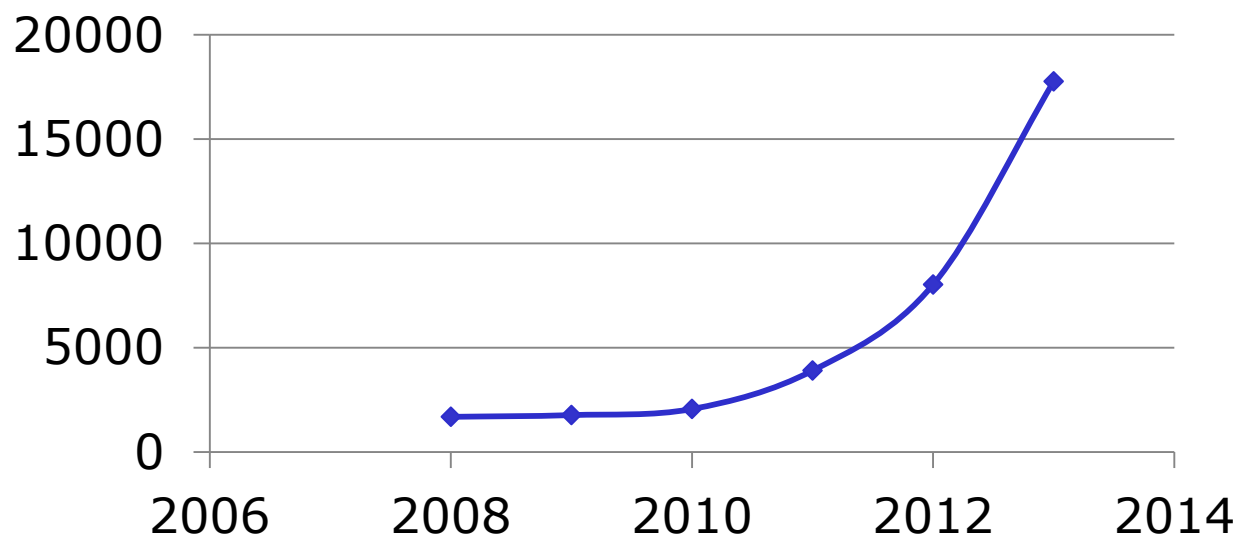
## IL MERCATO DELLE AUTO ELETTRICHE IN NORVEGIA

- Incentivi fiscali a lungo termine dal 1990
- Gli incentivi sono stati aggiunti in sequenza finché il mercato non ha risposto
- La differenza di prezzo fra i veicoli elettrici a batteria e le auto a benzina può essere di circa €1000
- Esenzioni da
  - Tassa di immatricolazione
  - Pagamento pedaggi
  - IVA (di solito 25%)
- Accesso alle corsie bus
- Bollo ridotto
- Riduzione dei prezzi sui principali traghetti

**RACCOMANDAZIONE:** Partire con gli aiuti ai veicoli commerciali che fanno molti km/giorno nelle città

## ELECTRIC CAR MARKET IN NORWAY

Norway: New Electric Cars Sales



Norway 5.8%; Netherlands 5.4%; EU-28 0.4% (2013)

## REVISIONE CRITICA DEGLI EFFETTI DELLE ZTL



### *AIRUSE results: Holman et al, Atmos Env 111 (2015) 161-169*

- Difficile da determinare
- Fattori confondenti ad es. meteo, altre misure politiche, recessione
- Non molte prove dell'impatto sulle concentrazioni di PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> al di fuori della Germania
- Riduzione di EC/BC

- PM<sub>10</sub> ≤ 7% ↓
- Munich (LEZ + HDV ban) PM<sub>10</sub> ca. 13% ↓
- NO<sub>2</sub> ≤ 10% ↓
- Ma non tutti gli studi sono robusti
- Studi in fase iniziale

### ZTL in Germania



- ZTL riguardano sia le auto che i mezzi pesanti
- Generalmente sono più stringenti che altrove

# CONCLUSIONI

- La riduzione della quota di auto Diesel improbabile a meno che non cambino le politiche fiscali
- La promozione di veicoli più puliti richiede politiche coerenti a lungo termine
- Perché le ZTL siano efficaci, i provvedimenti adottati devono essere stringenti ed essere applicate ad auto con passeggeri, veicoli commerciali pesanti e leggeri, motocicli e auto vecchie e nuove che devono avere una eco-certificazione.
- Informazione del pubblico sulle implicazioni per la qualità dell'aria della scelta del carburante



# MONTALE (PATOS 2)

## CAMPIONAMENTO

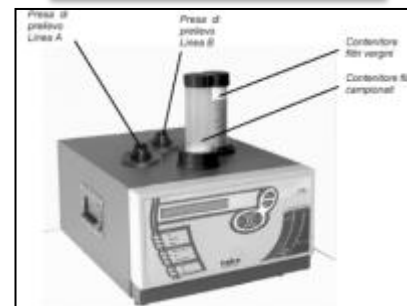
Sito: **Rurale-Fondo**

**Nov. 2013 – Gen. 2015**

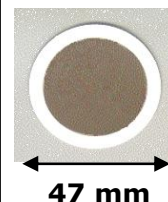
**No urbanizzazione in continuo né estese  
edificazioni;  
area non soggetta a forte traffico locale.**

**CAMPIONI:**

**218 campioni**  
risoluzione 24h  
(giorni alterni)



**PM10**



**FAI Hydra Dual Sampler**

**4 settimane**  
risoluzione 1h



**Streaker**

Coarse fraction  
**PM2.5÷10**

Fine fraction  
**PM2.5**



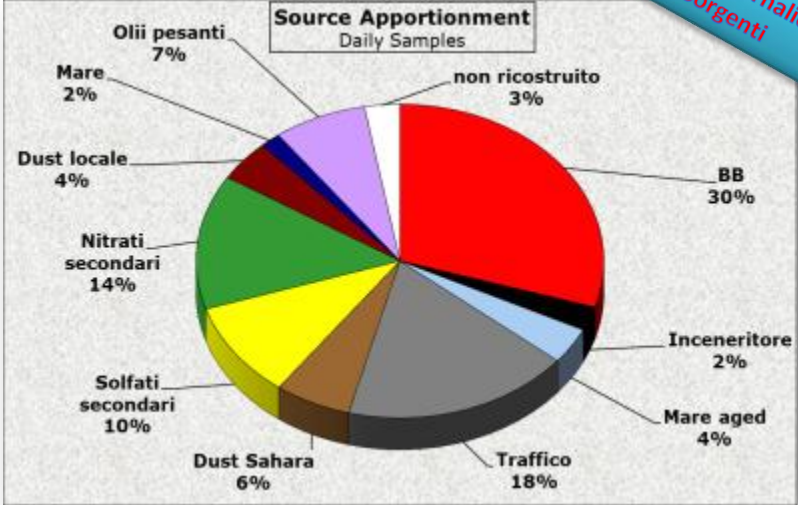
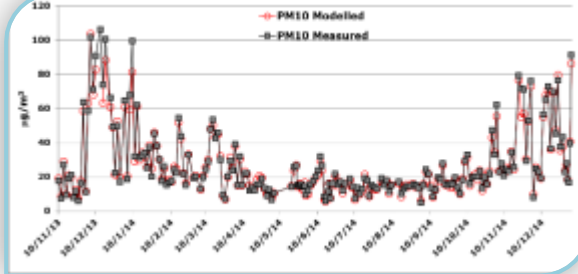
**CAMPIONATORE**  
(Via A. Pacinotti)

**INCENERITORE**  
(Via W. Tobagi)

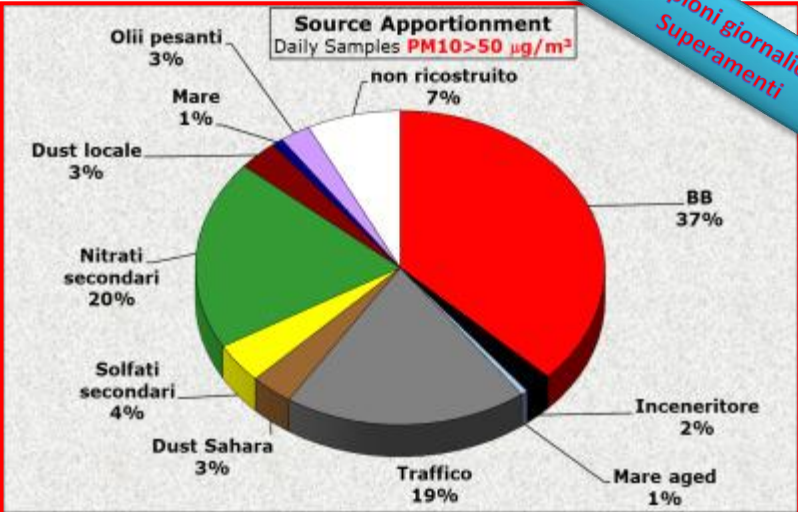


# ELABORAZIONE DATI

## Identificazione delle sorgenti



Campioni giornalieri  
10 Sorgenti



Campioni giornalieri –  
Superamenti

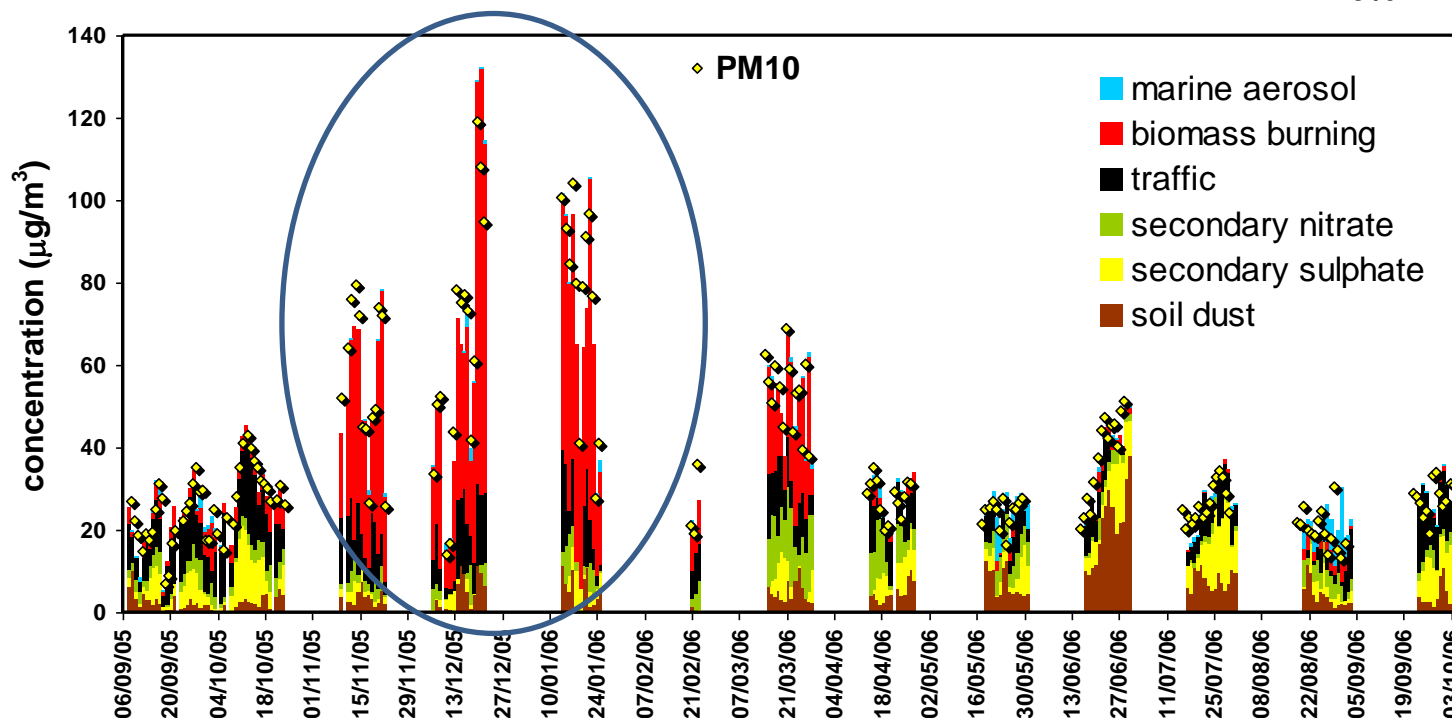
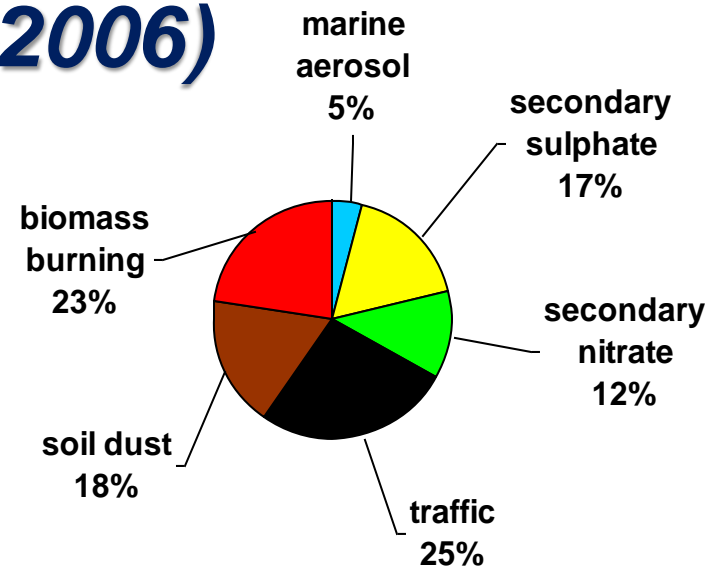
Campioni orari  
7 sorgenti FINE

Frazione FINE	Frazione COARSE
TRAFFICO	TRAFFICO
DUST SAHARA	DUST SAHARA
DUST LOCALE	DUST LOCALE
MARE AGED + OLII PESANTI	MARE
BIOMASS BURNING	MARE AGED
INCENERITORE	
SOLFATI SECONDARI	

Campioni orari  
5 sorgenti COARSE

# PROGETTO PATOS (2005-2006)

## Capannori: Contributo medio annuale delle sorgenti





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

DIPARTIMENTO DI  
FISICA E ASTRONOMIA



Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**

**LABEC**

Laboratorio di  
Tecniche Nucleari  
per i Beni Culturali  
- Firenze

Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

Polo  
Scientifico  
UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI FIRENZE