

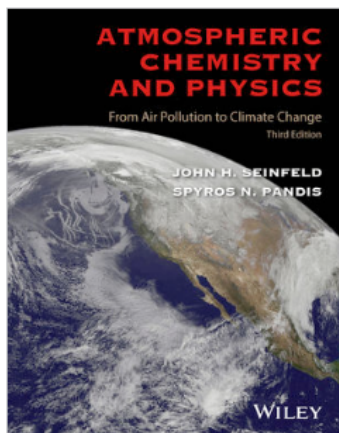
CHIMICA AMBIENTALE

CdL triennale in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura
e
Chimica

Pierluigi Barbieri

SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12

Enter your search by Title, Author, Keyword or ISBN



Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 3rd Edition

John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis

ISBN: 978-1-118-94740-1 | April 2016 | 1152 Pages

E-BOOK ⓘ
\$119.99

HARDCOVER
\$149.95

READ AN EXCERPT ▾

DESCRIPTION

Expanded and updated with new findings and new features

- New chapter on Global Climate providing a self-contained treatment of climate forcing, feedbacks, and climate sensitivity
- New chapter on Atmospheric Organic Aerosols and new treatment of the statistical method of Positive Matrix Factorization
- Updated treatments of physical meteorology, atmospheric nucleation, aerosol-cloud relationships, chemistry of biogenic hydrocarbons
- Each topic developed from the fundamental science to the point of application to real-world problems
- New problems at an introductory level to aid in classroom teaching

[Description](#)

[Evaluation Copy](#)

[Related Resources](#)

[About The Author](#)

[Permissions](#)

[Table Of Contents](#)

Select

Quote



EVALU

Request

Perché è importante studiare il Particolato atmosferico?

Interazione con gli organismi viventi (piante, animali, Uomo)

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVI_HAAP-Final-technical-report-final-version.pdf



https://www.researchgate.net/profile/Costas_Varotsos/publication/24178992_The_enhanced_deterioration_of_the_cultural_heritage_monuments_due_to_air_pollution/links/5446ba3e0cf22b3c14e0afc4.pdf

Interazione con i beni architettonici



Interazione con la luce solare

<https://www.atmoschemphys.net/15/8217/2015/acp-15-8217-2015.pdf>



Gli effetti del particolato atmosferico, a parità di concentrazione, dipendono fortemente da...

Dimensione



Composizione chimica



Distribuzione dimensionale del PM

10 nm (particolato ultrafine) - 100 μm diametro (particelle giganti).

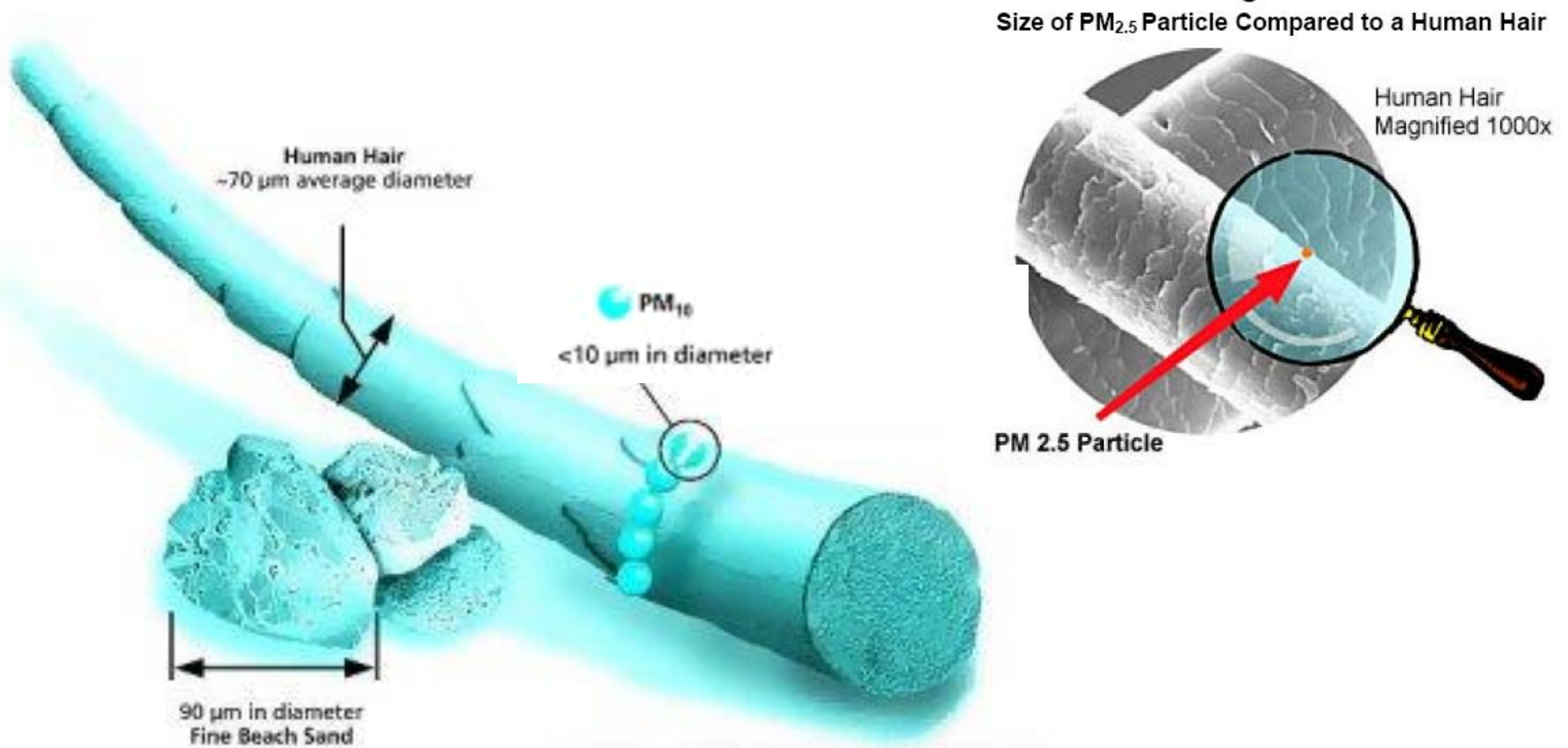
Per fornire un'idea comparativa con la vita quotidiana il range dimensionale equivale a quello tra una formica e una mongolfiera



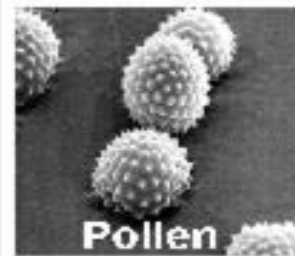
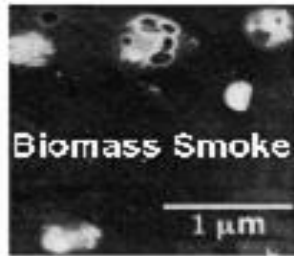
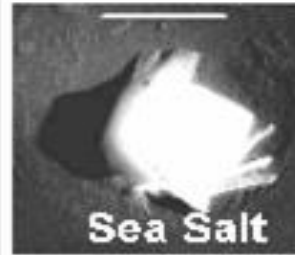
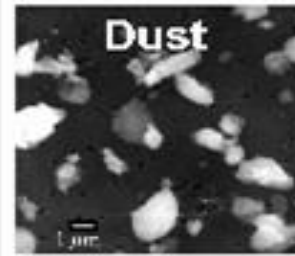
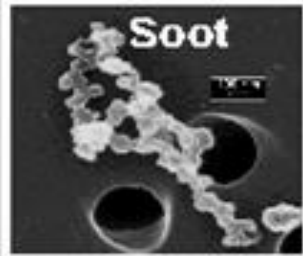
Particelle con dimensioni superiori a 100 μm sono rare in atmosfera poiché la loro massa è tale da farle depositare rapidamente al suolo.

Distribuzione dimensionale del PM

10 nm (particolato ultrafine) - 100 μm diametro (particelle giganti).



G
A
S

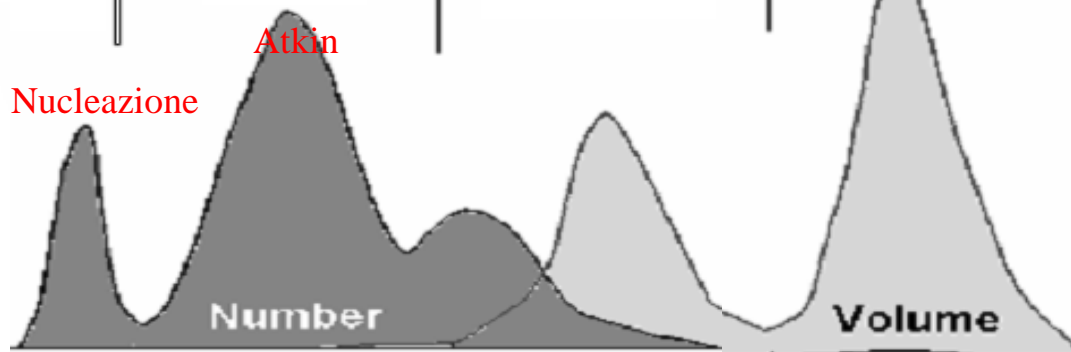


Distribuzione
Dimensionale
Modale

Ultrafini

Accumulazione

Grossolane



1 10 100 1000 10000

Diametro delle particelle nm

W.E. Wilson, Judith C. Chow, Candis Claiborn, Wei Fusheng, Johann Engelbrecht, John G. Watson
«*Monitoring of particulate matter outdoors*» Chemosphere 49 (2002) 1009–1043

[http://charlie.ambra.unibo.it/didattica/docs/bioc-
ing/ParticulateMatter/Monitoring%20of%20particulate%20matter%20outdoors.pdf](http://charlie.ambra.unibo.it/didattica/docs/bioc-
ing/ParticulateMatter/Monitoring%20of%20particulate%20matter%20outdoors.pdf)

Recent studies of the size and composition of atmospheric particulate matter (PM) have demonstrated the usefulness of separating atmospheric PM into its fine and coarse components. The need to measure the mass and composition of fine and coarse PM separately has been emphasized by research in exposure, epidemiology, and toxicology of atmospheric PM. This paper provides a background on the size distribution and properties of PM relevant to the differences between fine and coarse particles. Various decisions that must be made when deciding how to separate, collect, and measure PM are discussed. Techniques for monitoring fine and coarse particles, including the US Federal Reference Method for PM_{2.5} and several techniques for PM_{10-2.5}, are presented. Problems encountered in collecting semivolatile PM and in weighing atmospheric PM collected on a filter are described. Continuous monitoring methods for PM mass and for PM components (carbon, nitrate, and sulfate) are described and brief descriptions are given of analytical techniques for the chemical characterization of collected PM. This information should be especially useful for environmental workers familiar with monitoring methods for total suspended particles or PM₁₀ but who will need to measure PM_{2.5} and PM_{10-2.5} in the future.

Classificazione Modale

- 1- Nucleazione: particelle molto piccole ($0.01 \mu\text{m}$) formano con acqua minute goccioline
- 2-Accumulazione: le piccole goccioline coagulano per dare particelle con diametri compresi tra 0.1 e $1 \mu\text{m}$
- 3-Grossolano: particelle provenienti dalle disintegrazioni oceaniche e ambientali

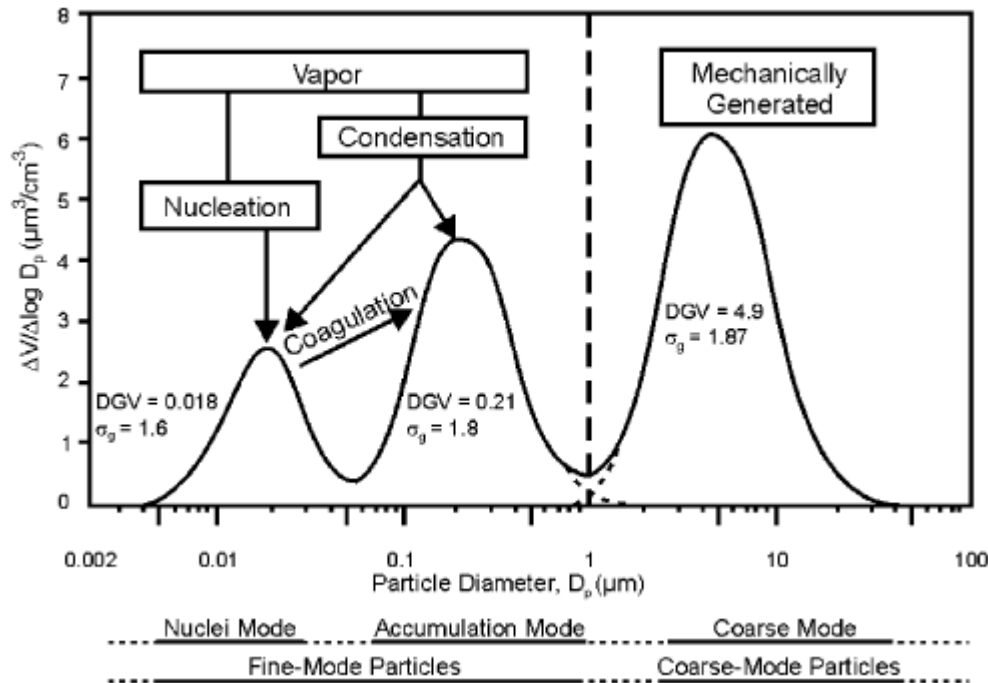
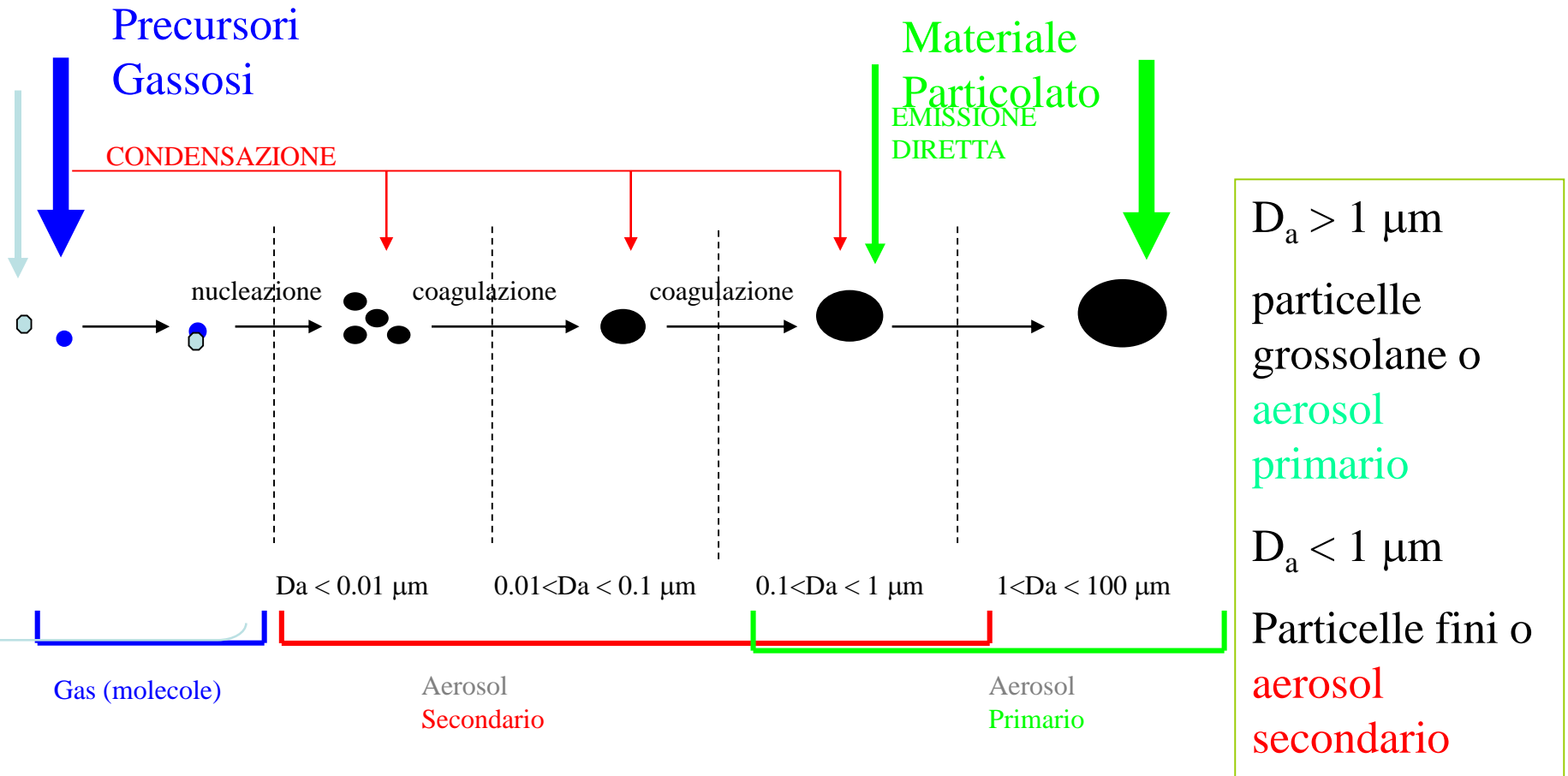


Fig. 1. Volume size distribution, measured in traffic, showing fine-mode and coarse-mode particles and the nuclei and accumulation modes within the fine-particle mode. DGV (geometric mean diameter by volume, equivalent to volume median diameter) and σ_g (geometric standard deviation) are shown for each mode. Also shown are transformation and growth mechanisms (e.g., nucleation, condensation, and coagulation) (adapted from Wilson and Suh, 1997).

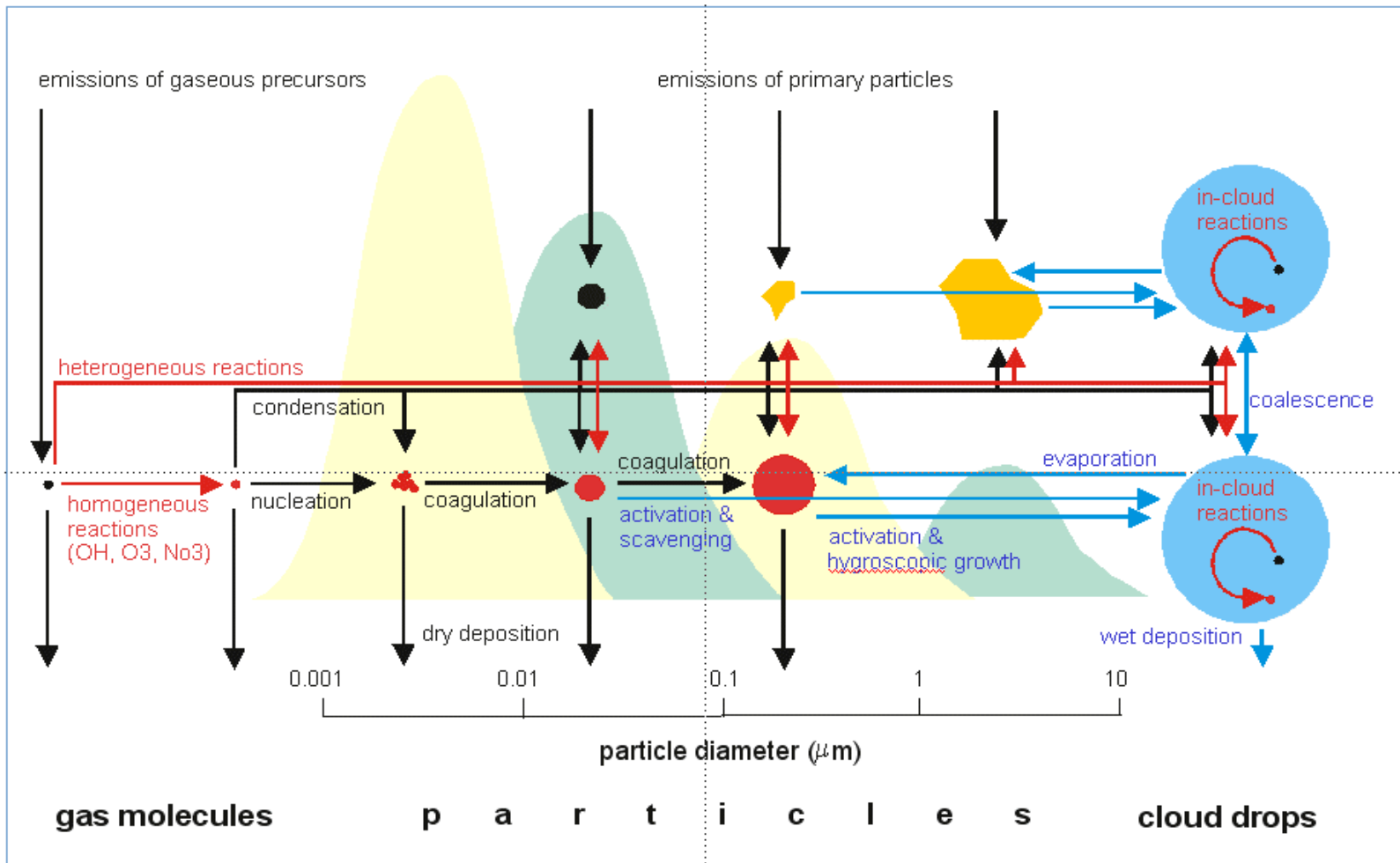
Distribuzione dimensionale del PM e sorgente



Prima di essere rimosse, per deposizione secca o umida, le particelle subiscono fenomeni di condensazione/evaporazione, coagulazione (per collisione tra due particelle), reazioni chimiche, attivazione (per condensazione del vapor acqueo a formare goccioline).....

Processi microfisici

Possono influenzare la distribuzione dimensionale e la composizione chimica dell'aerosol atmosferico

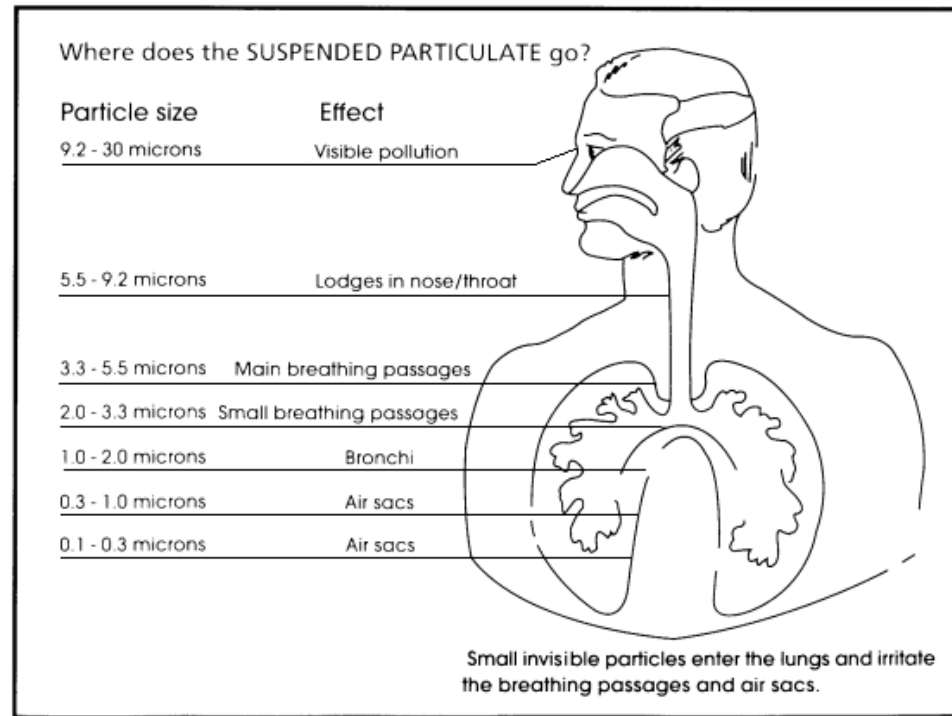


Lo schema mette in risalto l'ampiezza degli intervalli dimensionali che sono interessati nella formazione ed evoluzione di particelle di aerosol, e come gli aerosol partecipano nei processi chimici atmosferici attraverso reazioni omogenee, eterogenee e all'interno delle nubi

Interazione del particolato con l'apparato respiratorio

Il particolato atmosferico interagisce con l'apparato respiratorio in modo differente a seconda delle sue dimensioni.

In particolare, le particelle fini (PM_{10}) possono entrare in contatto con i polmoni, fino ad arrivare ai bronchi e agli alveoli ($PM_{2.5}$, PM_1), coinvolgendo anche l'apparato cardiovascolare.



L'attenzione degli enti di controllo si sta volgendo sempre più verso la determinazione in aria della concentrazione delle polveri più fini.

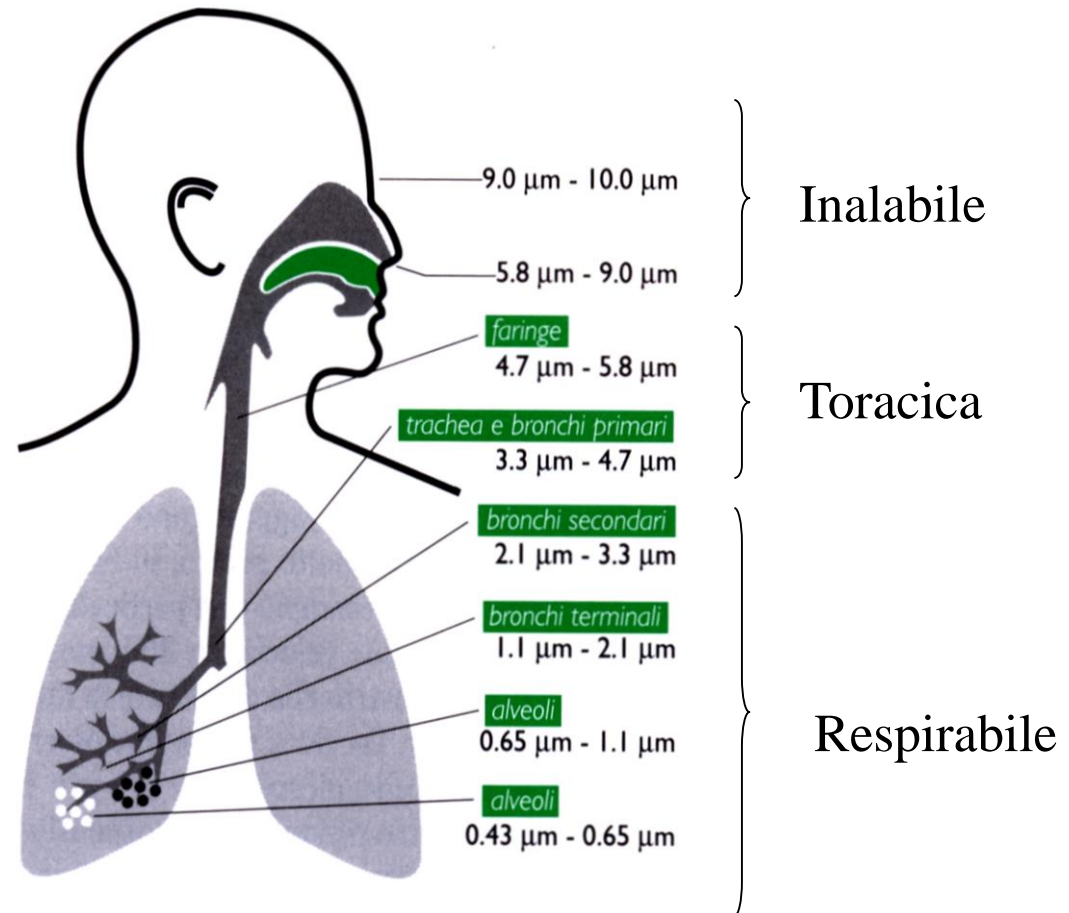
Classificazione Dosimetrica

Interazione del particolato con l'apparato respiratorio

Il particolato atmosferico interagisce con l'apparato respiratorio in modo differente a seconda delle sue dimensioni.

In particolare, le particelle fini (PM_{10}) possono entrare in contatto con i polmoni, fino ad arrivare ai bronchi e agli alveoli ($PM_{2.5}$, PM_1), coinvolgendo anche l'apparato cardiovascolare.

L'attenzione degli enti di controllo si sta volgendo sempre più verso la determinazione in aria della concentrazione delle polveri più fini.



Classificazione dimensionale del particolato

Il parametro principale che governa il comportamento aerodinamico di un aerosol è la **dimensione delle particelle in sospensione**.

La dimensione di una **particella sferica** è rappresentata dal diametro geometrico; nel caso invece di **particelle di forma irregolare**, come quelle di cui è composto il particolato atmosferico, è necessario definire un *diametro equivalente*, cioè il diametro di una sfera che abbia lo stesso comportamento aerodinamico della particella in esame. Si definisce **diametro equivalente di Stokes** il diametro di una particella sferica caratterizzata dalla stessa massa volumica e dalla stessa velocità di sedimentazione della particella in esame. Nel caso di particelle sferiche, il diametro equivalente di Stokes coincide con quello geometrico.

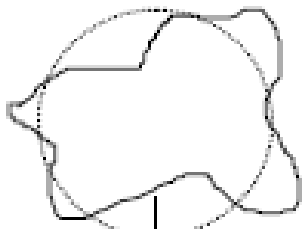
Le particelle che costituiscono il particolato atmosferico sono però di varia natura e caratterizzate da valori diversi di massa volumica; è necessario dunque utilizzare una **grandezza che renda confrontabile il diametro equivalente di particelle con massa volumica differente**. Si definisce diametro aerodinamico d_a di una particella, di forma e massa volumica qualunque, come il diametro di una sfera di massa volumica pari a 1 g/cm³ con la stessa velocità terminale di sedimentazione della particella in esame.

Particelle con forma e dimensioni uguali ma con diversa composizione sono caratterizzate da uno stesso diametro di Stokes ma da un valore diverso del diametro aerodinamico. Il comportamento delle particelle sospese in aria può essere descritto unicamente in funzione del diametro aerodinamico, che per questo motivo rappresenta la grandezza comunemente utilizzata per caratterizzare il particolato.¹⁵

Diametro di Stokes ed aerodinamico per una particella di forma irregolare

Physical particle

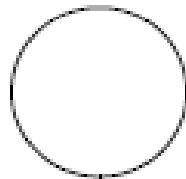
$$d_{vol} = 5.0 \mu\text{m}$$
$$\rho = 4 \text{ g pr. cm}^3$$



$$v_s = 0.22 \text{ cm pr. s}$$

Stokes sphere

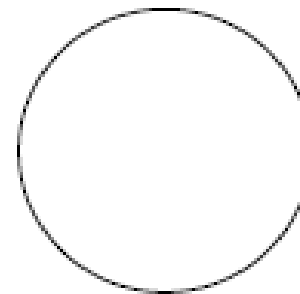
$$d_s = 4.3 \mu\text{m}$$
$$\rho = 4 \text{ g pr. cm}^3$$



$$v_s = 0.22 \text{ cm pr. s}$$

Aerodynamic sphere

$$d_a = 8.6 \mu\text{m}$$
$$\rho = 1 \text{ g pr. cm}^3$$



$$v_s = 0.22 \text{ cm pr. s}$$

Diametro equivalente

Classificazione dimensionale del particolato

Le proprietà, il destino e tutto quanto determina il tempo di residenza in atmosfera e il tasso di deposizione al suolo o nel tratto respiratorio del particolato atmosferico sono funzione delle dimensioni delle particelle che lo costituiscono.

La velocità di deposizione dipende dalle dimensioni e dalla densità delle particelle.

Per particelle sferiche, maggiori approssimativamente di 1 μm di diametro, si definisce :

legge di Stokes

$$v = \frac{2g d^2 (\rho_1 - \rho_2)}{9 \eta}$$

dove: v = velocità di deposizione (cm/s)

g = accelerazione di gravità (cm/s²)

ρ_1 = densità della particella (g/cm³)

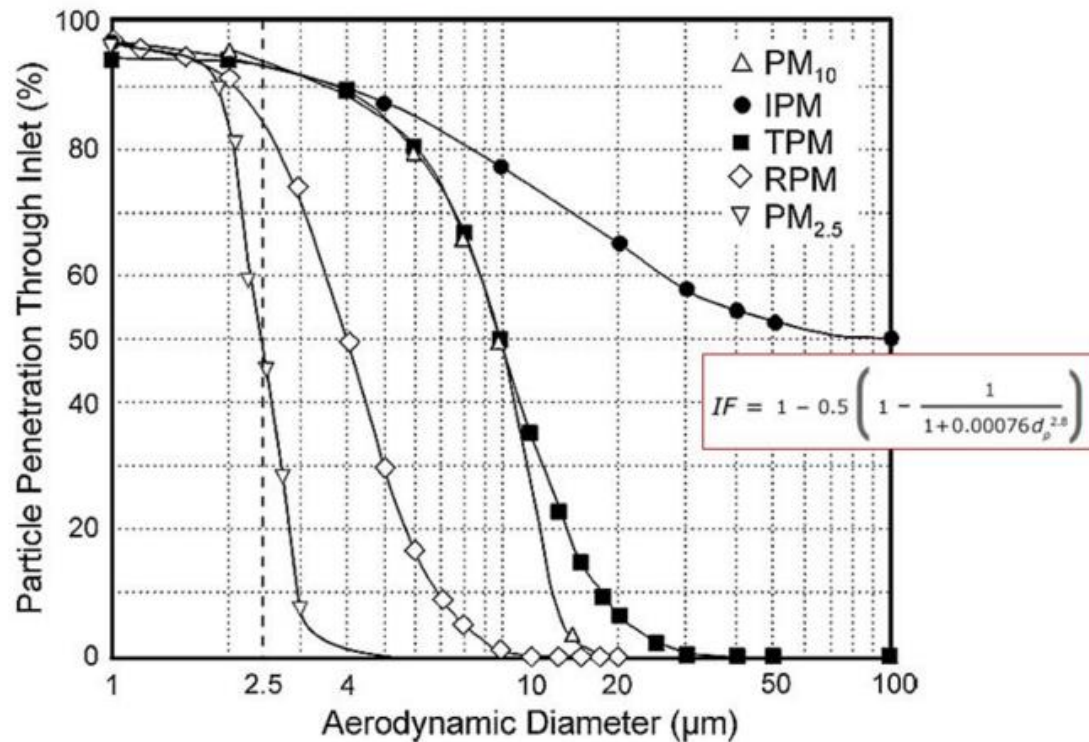
ρ_2 = densità dell'aria (g/cm³)

η = viscosità dell'aria (poise) (g x cm/ sec)

<http://server1.fisica.unige.it/~biologia/RRsedimentazione.pdf>

d = raggio della sfera

Classificazione Cut Point



IPM: Inhalable particle fraction (fraction inhaled through nose and mouth)

TPM: Thoracic particle fraction (fraction passing the larynx)

RPM: Respirable particle fraction (fraction reaching the alveoli)

PM₁₀: operativamente si intende per PM₁₀ la frazione di materiale particolato prelevata dall'atmosfera mediante un sistema di separazione a impatto inerziale la cui efficienza di campionamento, per una particella con diametro aerodinamico di 10 µm, risulti pari al 50%. Il metodo di riferimento definisce l'insieme delle specifiche costruttive e operative dei sistemi di campionamento della frazione PM₁₀ e i protocolli della fase di misura di massa del materiale particellare. *EN 12341: 2014*

Misure di PM₁₀

Norma tecnica di riferimento: UNI EN 12341:2014 “Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM₁₀ o PM_{2,5}”.

Principio di misura: gravimetria, assorbimento radiazione β

Modalità di funzionamento: il metodo di riferimento per la determinazione del materiale particolato PM₁₀ si basa sulla raccolta della “frazione PM₁₀” su apposito filtro e successiva determinazione della sua massa per via gravimetrica, in laboratorio, dopo che è avvenuto il condizionamento del filtro in condizioni controllate di temperatura ($20^\circ \text{C} \pm 1$) e di umidità ($50 \pm 5\%$). Oltre al metodo di riferimento, ci sono i metodi equivalenti per la misura del PM₁₀ (ad esempio strumentazione automatica che sfrutta il principio dell’assorbimento della radiazione β da parte della polvere campionata). La determinazione del particolato fine in atmosfera (PM₁₀) viene eseguito mediante diversi tipi di strumenti, campionatori e analizzatori.

Campionatori di PM₁₀

Questi strumenti sono costituiti da una pompa che aspira l'aria ambiente attraverso una testa di prelievo, la cui geometria è stata normata a livello internazionale ed è in grado di selezionare polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10 µm con una efficienza del 50%. La componente del particolato selezionata dalla testa viene quindi fatta passare attraverso una membrana filtrante di opportuna porosità e costituita da diversi materiali (quarzo, fibra di vetro, teflon, esteri di cellulosa, ecc.) dipendentemente dal tipo di analisi richiesta sul filtro. La membrana viene poi pesata in laboratorio e per differenza con la tara (filtro bianco) si ha la massa del particolato..

Il campionatore contiene anche un contatore volumetrico in grado di registrare il volume di aria aspirata, corretto in modo continuo mediante vari sensori di temperatura e pressione interni ed esterni, per ricondurlo alle condizioni ambientali. Dalla conoscenza quindi del volume di aria campionata e della massa del particolato si calcola la concentrazione di PM₁₀ in µg/m₃.

Analizzatori di PM₁₀

Questi strumenti, analogamente ai campionatori, registrano un volume di aria passato attraverso una membrana filtrante. Sono però anche in grado di determinare la massa del particolato, sfruttando il principio dell'attenuazione dei raggi beta emessi da una piccola sorgente radioattiva. Questi analizzatori possono avere un sistema di campionamento basato su filtri singoli (come i campionatori) oppure avere un nastro che scorre ad intervalli di tempo selezionabili e regolari, sui cui "tratti" viene depositato il particolato. Unendo i dati di volume e quelli di massa, tali strumenti forniscono direttamente il valore di concentrazione di PM₁₀

2 x Hydra dual sampler di FAI Instruments
PM₁₀ & PM_{2.5} (o 2 x PM₁₀)

Il campionamento del particolato atmosferico

2 x Echo HiVol di TCR Tecora
con Testa Digitel PM₁₀



2x Echo PUF di TCR Tecora
(su PTS, ISO 12884:2000)

Optical Particle Counters

<https://aerosol.ees.ufl.edu/opc/section03.html> (conta di particelle in x classi dimensionali nell'intervallo es. 0,3- >10 micrometri, con metodi ottici (*dispersione ottica*))



Pergamon

Prog. Energy Combust. Sci. Vol. 22, pp. 267-306, 1996
Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd
Printed in Great Britain. All rights reserved
0360-1285/96 \$29.00

PII: S0360-1285(96)00008-1

LASER-BASED TECHNIQUES FOR PARTICLE-SIZE MEASUREMENT: A REVIEW OF SIZING METHODS AND THEIR INDUSTRIAL APPLICATIONS

David Lee Black,* Mardson Queiroz McQuay,† and Michel P. Bonin‡

*Department of Mechanical Engineering, Brigham Young University, 242 CB, Provo, Utah, 84602, U.S.A.

†Department of Mechanical Engineering, Brigham Young University, 242 CB, Provo, Utah 84602, U.S.A.

‡Research and Development, Insitac Measurement Systems, San Ramon, California, 94583, U.S.A.

Abstract—Laser-based techniques for particle-size measurement have become increasingly important in combustion research and many other disciplines. Instruments are continually being developed and improved to meet the demanding geometric, accuracy and other requirements associated with current research and industrial applications. This paper reviews some of the many techniques now used, including those marketed as commercial instruments and those ideas still in the research stage. Two distinct classes of methods are identified: amplitude dependent and amplitude independent. The operating principles of particle-size instrumentation using laser-based techniques, as well as difficulties associated with applying these methods, are discussed. Applications of some techniques in research and industrial situations are also reviewed. The paper provides a comprehensive review for those who are beginning studies in, or starting to apply, any particle-sizing method based on laser illumination. Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd.

Keywords: particle, size, measurement, combustion, laser, applications, review.

Es.

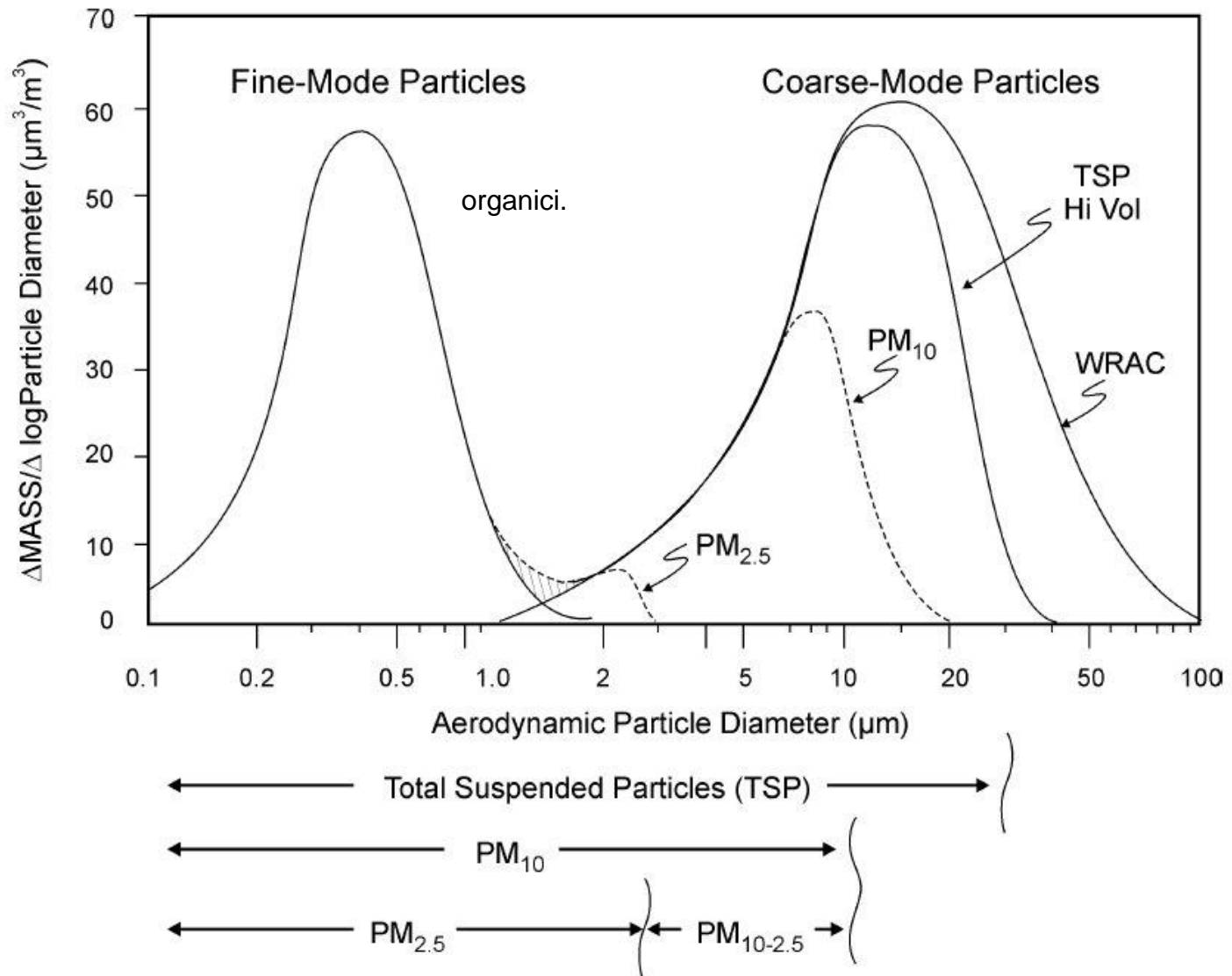
<http://mail.metone.com/particulate-Aero212.htm>

Per una conta nel range dimensionale inferiore (scala nanometrica) si usano altri strumenti (es. FMPSTM, ELPITM, CPCTM) Ida Teresia Kero and Rikke Bramming Jørgensen «Comparison of Three Real-Time Measurement Methods for Airborne Ultrafine Particles in the Silicon Alloy Industry» *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Sep; 13(9): 871.

22

doi: 10.3390/ijerph13090871

Distribuzione di massa delle particelle



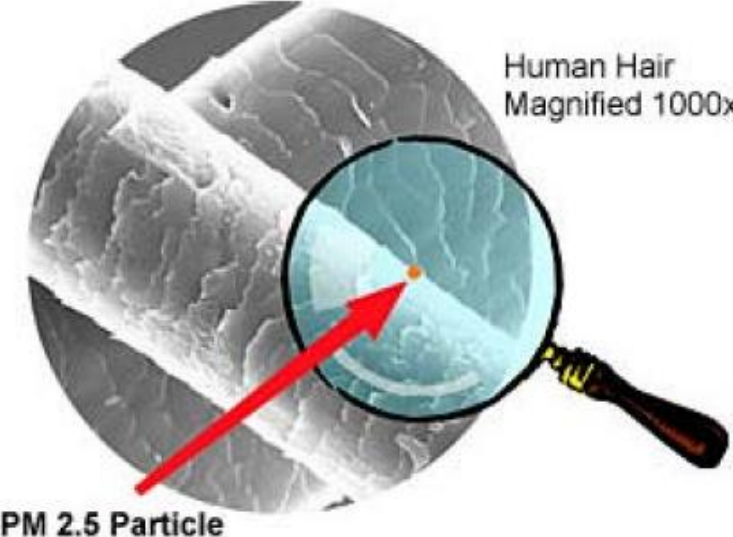
Particolato atmosferico



PM10

Size of PM_{2.5} Particle Compared to a Human Hair

PM2.5





No Smog attacca su Aia e Ferriera

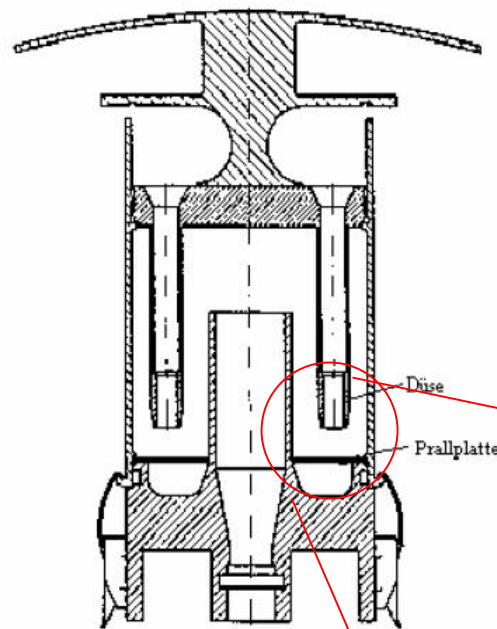
L'accusa dall'associazione: «Muro burocratico della Regione». Nuovo esposto

26 marzo 2017



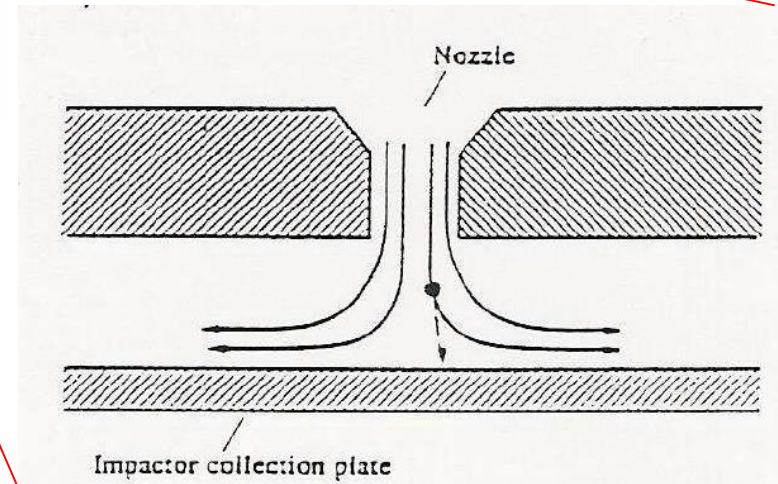
...Lo scorso venerdì inoltre, è stato annunciato, No smog ha presentato un altro esposto alla Polizia giudiziaria per «**polveri sempre più sottili**». Durante l'assemblea sono state proiettate anche alcune immagini immortalate dai cittadini residenti in varie giornate e orari, «in cui - è la denuncia - si vede chiaramente la presenza di copiose emissioni non convogliate che escono da più siti all'interno dello stabilimento, dirette verso aree abitate». E ancora: «Negli ultimi tempi, a fronte di una diminuzione della ricaduta di polveri grossolane, è aumentata la concentrazione del cancerogeno benzo(a)pirene». ...

Testa per il prelievo di PM10 EN 12341 (portata 2,3 m³/h)



Impattatore monostadio

Importante : mantenere costante il flusso



Particelle sedimentabili campionamento

Fase 1



Fase 2

Deposimetri esposti,
mediamente,
per 30 giorni.



Fase 3

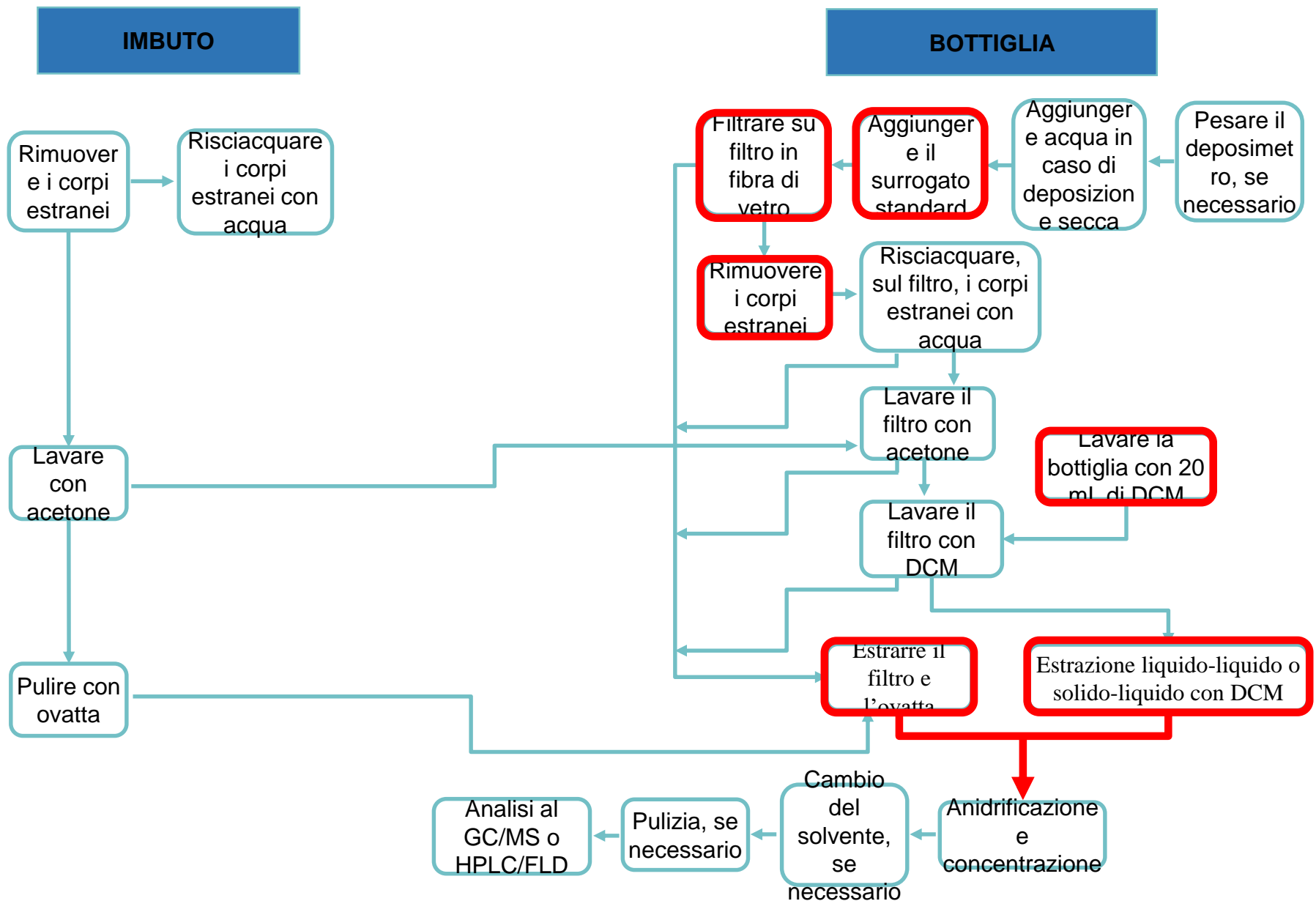
Filtrazione delle deposizioni.
I filtri sono stati
Condizionati in muffola
per 5 ore a 400°C:

Trattamento.

Analisi tramite GC-MS.

Campionatore tipo "Bulk" in vetro pyrex
con diametro 22 cm e capacità 10 litri.

Procedura per analisi IPA prevista dalla Norma UNI EN 15980 del 2011



Interazione del particolato con l'uomo

La valutazione del rischio, indotto dall'inalazione di aria contenente materiale particolato in sospensione, viene condotta utilizzando, come criterio principale, la possibilità di ogni singola particella di raggiungere e depositarsi nelle diverse regioni dell'apparato respiratorio.

Il danno può essere:

diretto:

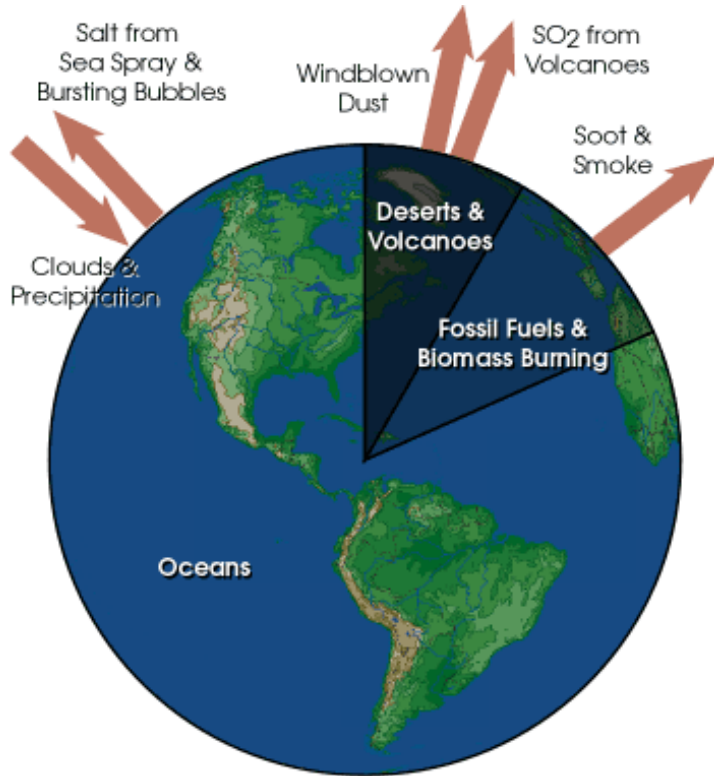
inalazione delle
particelle

indiretto:

dipende dalla composizione chimica delle particelle (es. presenza di sostanze nocive nel particolato, veicolate all'interno dell'organismo).

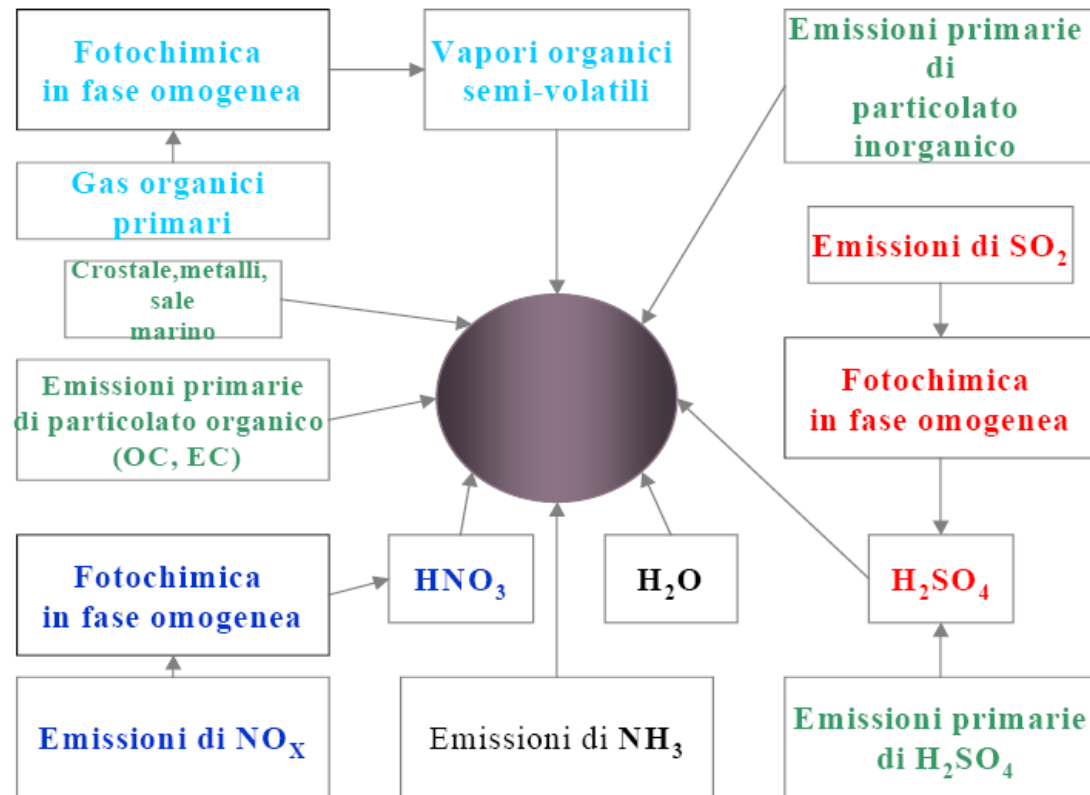
RISCHIO PER LA SALUTE LEGATO AD EPISODI DI INQUINAMENTO ACUTI (esposizione ad elevate concentrazioni per un breve periodo) E CRONICI (sul lungo periodo)

Composizione chimica



<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Aerosols>

La composizione chimica è funzione delle sorgenti e quindi delle dimensioni del particolato.



Composizione chimica

La composizione media del particolato varia con la dimensione delle particelle, la stagione e la collocazione geografica.

Le particelle grossolane sono costituite da polveri risospese da suoli, strade ecc., ceneri volanti, ossidi di elementi cristallini, spray marini, frammenti animali e vegetali ecc.

Derivano perlopiù da solidi e liquidi attraverso processi meccanici come erosione, attriti, urti, abrasione tra superfici, evaporazione di spray. NaCl, Silicati sono tra i composti più abbondanti.

Il particolato fine ($PM_{2.5}$) è costituito generalmente da prodotti dei processi di combustione o particolato secondario. Quindi sono costituiti principalmente di solfati, nitrati, composti organici, carbonio elementare (soot), sali di ammonio e metalli in tracce.