



In collaborazione con  
ARSIA e Laboratorio congiunto Università Impresa GEMMA VERDE

## Verde urbano e sostenibilità

**Maggio 2010**



**Giovedì 27** Firenze Limonaia di Villa Strozzi - Via Pisana, 77



**Venerdì 28** Firenze Fortezza da Basso – Manifestazione Terra Futura Padiglione Spadolini

Con il contributo:

Regione Toscana  
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità



Atti pubblicati da  
**ILVERDE**  
EDITORIALE  
[www.ilverdeeditoriale.com](http://www.ilverdeeditoriale.com)



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

# **PM10 ed elementi in tracce nell'atmosfera urbana: il ruolo della vegetazione**

**CRISTINA NALI<sup>1</sup>, STEFANO LOPPI<sup>2</sup>, LEONARDO TOGNOTTI<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> DIP.TO COLTIVAZIONE E DIFESA DELLE SPECIE LEGNOSE "G. SCARAMUZZI" - UNIVERSITÀ DI PISA

<sup>2</sup> DIP.TO SCIENZE AMBIENTALI "G. SARFATTI" - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA

<sup>3</sup> DIP.TO INGEGNERIA CHIMICA, CHIMICA INDUSTRIALE E SCIENZA DEI MATERIALI - UNIVERSITÀ DI PISA

**[cristina.nali@agr.unipi.it](mailto:cristina.nali@agr.unipi.it)**

Firenze, 27 maggio 2010

The background of the slide is a grayscale satellite-style image of Earth's atmosphere, showing cloud patterns and the curvature of the planet. A large, semi-transparent yellow-green rectangular box is centered over the image, containing the main text. The text is in a bold, black, sans-serif font, arranged in seven lines. The overall composition is clean and informative, typical of a scientific or educational presentation.

**L'ATMOSFERA CONTIENE PARTICELLE -  
EMESSE DA FONTI NATURALI  
E ANTROPICHE, CHE VARIANO  
PER DIMENSIONI DALL'AEROSOL  
SUBMICROMETRICO A GRANULI  
DI POLVERE E SABBIA - IDENTIFICATE  
COME RESPONSABILI DI VARI EFFETTI  
DANNOSI SULLA SALUTE UMANA**

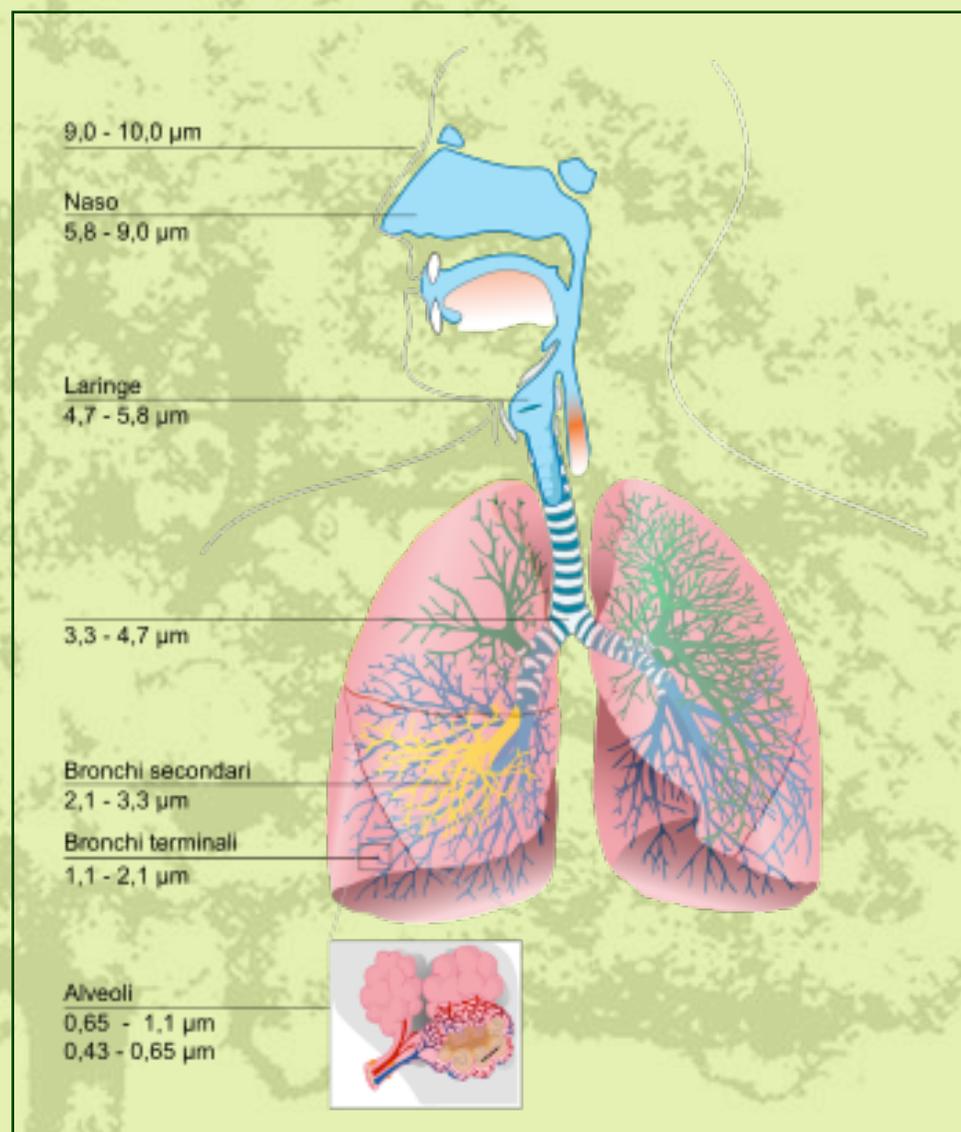
**NUMEROSI STUDI EPIDEMIOLOGICI HANNO RIVELATO  
UN FORTE LEGAME TRA CONCENTRAZIONE DI  
PARTICOLATO FINE NELL'ATMOSFERA E AUMENTO  
DELLA MORTALITÀ E DELLE MALATTIE NELL'UOMO**



UNIVERSITÀ DI PISA

SE IL DIAMETRO LO CONSENTE,  
LE POLVERI FINI POSSONO  
ARRIVARE FINO AGLI ALVEOLI  
E ENTRARE PER DIFFUSIONE  
NEL CIRCOLO SANGUIGNO,  
RAGGIUNGENDO IN TAL MODO  
TUTTI GLI ORGANI

Verde urbano e sostenibilità



**PM10 = inalabili** (dal naso alla laringe)

**PM2,5 = respirabili** (dalla trachea sino agli alveoli polmonari)

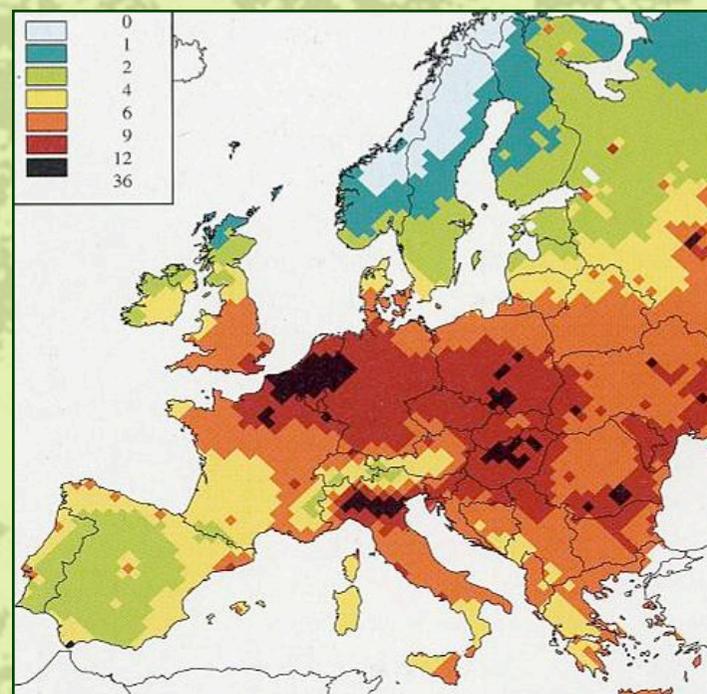
Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

**RIDUZIONE  
DELL'ASPETTATIVA DI  
VITA (IN MESI) A CAUSA  
DI PM<sub>2,5</sub> DI ORIGINE  
ANTROPOGENICA**



Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

I valori-limite imposti dall'UE (**Direttiva 2008/50CE**) sono:

- ✓ soglia media massima di 50  $\mu\text{g}$  di particolato (PM10) per metro cubo di aria per un periodo di 24 ore, che non può essere oltrepassato per più di 35 giorni nel corso dell'anno
- ✓ 40  $\mu\text{g m}^{-3}$  per la concentrazione media annuale

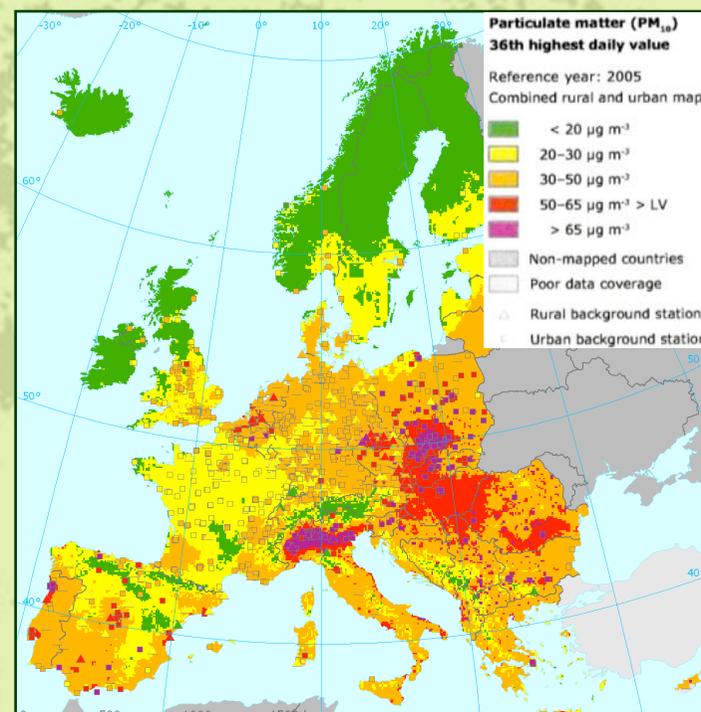
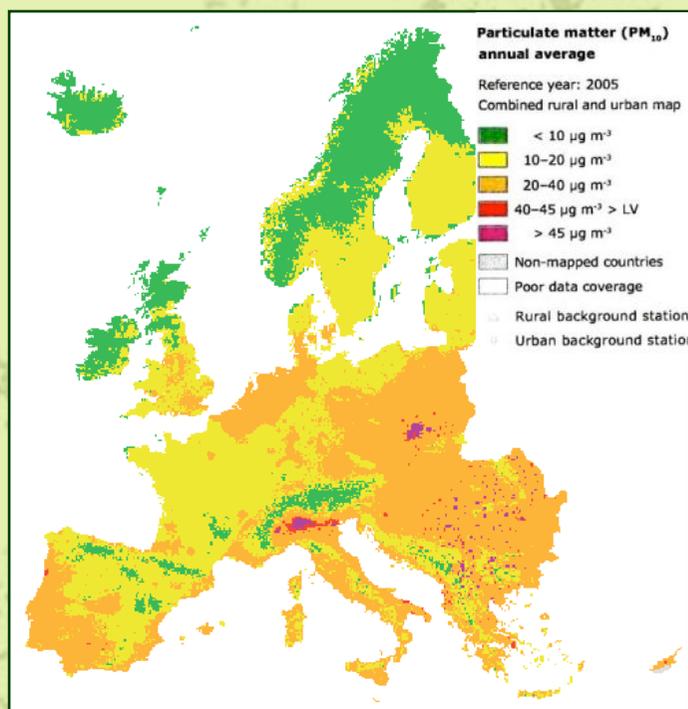
PER IL PM2,5 NON ESISTE UNA SOGLIA  
IDENTIFICABILE AL DI SOTTO DELLA QUALE QUESTO  
INQUINANTE NON RAPPRESENTI UN RISCHIO

Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità



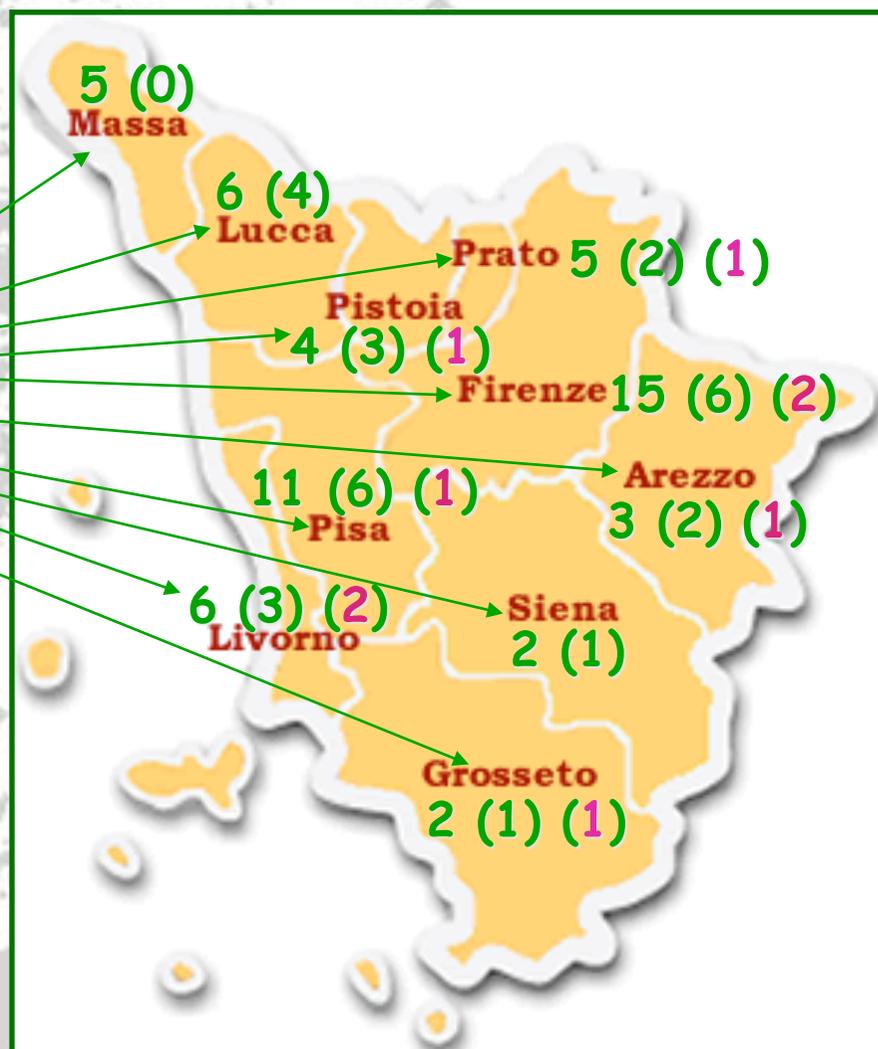
PER IL 2005, IL NUMERO DI MORTI PREMATURE È STATO STIMATO NELL'ORDINE 830 CASI PER MILIONE DI ABITANTI

# Analizzatori automatici PM10 e PM2,5 in Toscana

Oggi, in Toscana (287 comuni), gli analizzatori operano quotidianamente solo in 36 comuni (12,5%)

Numero di analizzatori automatici per provincia

Solo una piccola parte di queste aree è monitorata da lungo tempo e le informazioni fornite sono, comunque, frammentarie e non raccolte in *database* storici

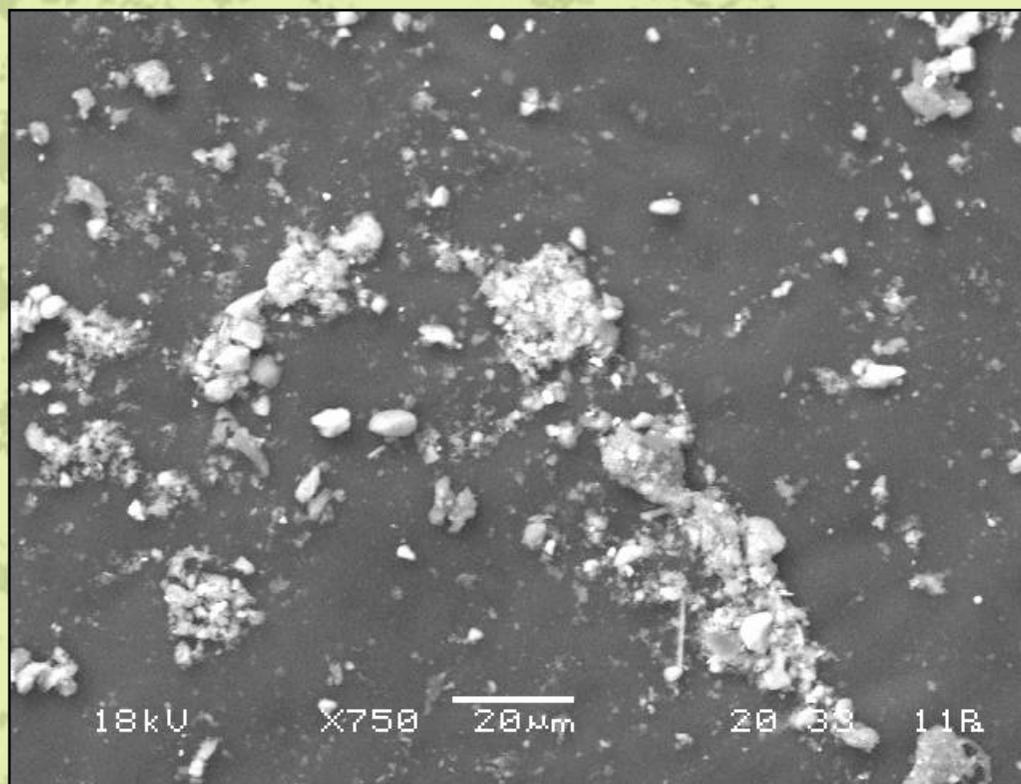




UNIVERSITÀ DI PISA

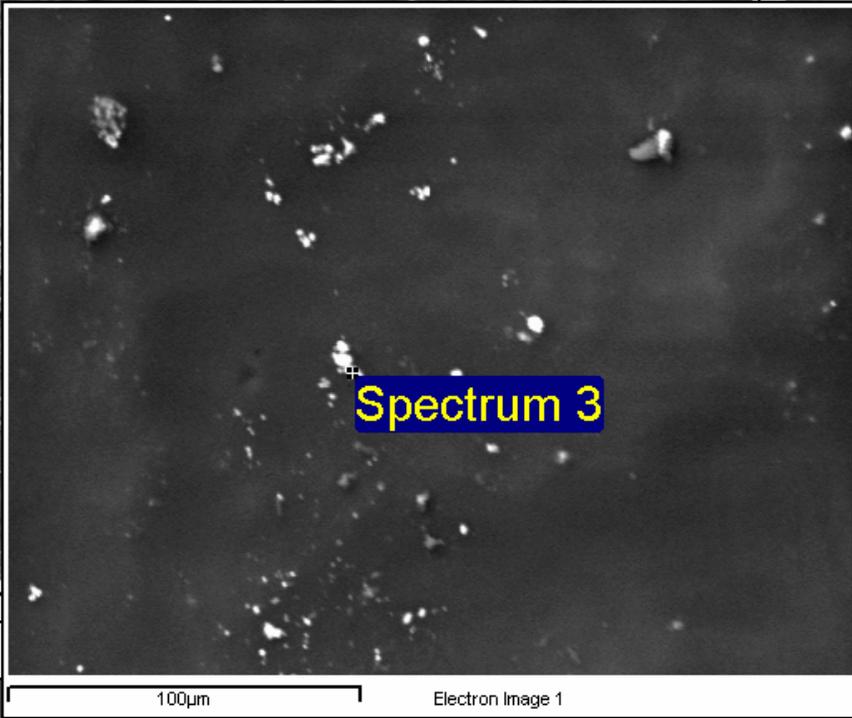
Verde urbano e sostenibilità

Gli effetti del particolato sono ancor più deleteri a causa del fatto che ad esso si trovano legati gli elementi in tracce, che presentano un'elevata affinità con le frazioni fini e ultrafini dell'aerosol



**IL PM 10 PUÒ RIMANERE IN SOSPENSIONE NELL'ARIA PER CIRCA 12 ORE,  
MENTRE IL PARTICOLATO AVENTE DIAMETRO PARI A 1 µM RIMANE  
IN CIRCOLAZIONE UN MESE**

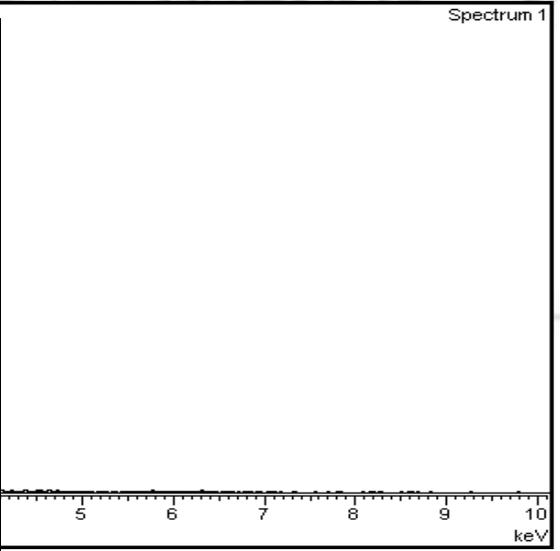
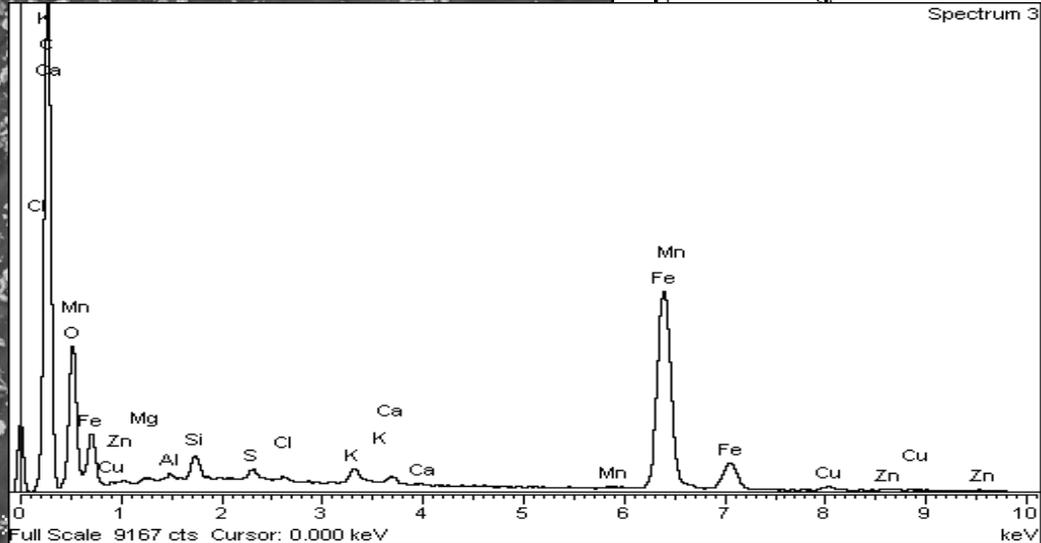
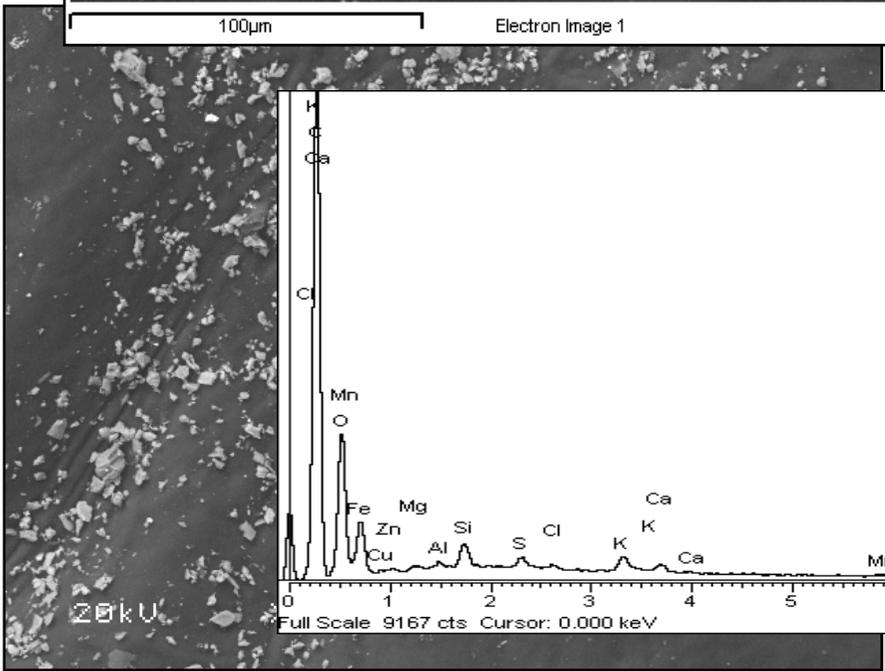
Firenze, 27 maggio 2010



Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Conn.		Sigma	
C	402.31	0.8365	<b>53.68</b>	1.80	69.21
O	102.45	0.4479	<b>25.53</b>	1.99	24.71
Mg	0.62	0.5835	<b>0.12</b>	0.17	0.07
Al	0.68	0.7044	<b>0.11</b>	0.14	0.06
Si	3.79	0.8100	<b>0.52</b>	0.15	0.29
S	1.65	0.9192	<b>0.20</b>	0.13	0.10
Cl	0.57	0.8130	<b>0.08</b>	0.13	0.03
K	3.30	1.0689	<b>0.34</b>	0.15	0.14
Zn	1,85	0.7595	<b>0,27</b>	0,58	0,06
Cu	3,66	0.7596	<b>0,54</b>	0,51	0,13
Fe	134.11	0.8195	<b>18.27</b>	1,07	5,07
Mn	0.76	0.8068	<b>0.11</b>	0.25	0.03
Ca	2.12	1.0159	<b>0.23</b>	0.15	0.09

Spectrum 1

10  
keV





UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

## La vegetazione è un'ottima "spia" della qualità complessiva dell'aria

LE PIANTE SI SONO  
EVOLUTE IN MODO TALE  
DA MASSIMIZZARE  
L'INTERCETTAZIONE DELLA  
LUCE E DELLA CO<sub>2</sub>

COME CONSEGUENZA,  
SONO CONSIDERATE  
RECETTORI DI INQUINANTI  
AERODISPERSI MOLTO  
EFFICIENTI



Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

## SCOPO DEL LAVORO

**COMPRENDERE IL RUOLO DEI VEGETALI  
NEL DESCRIVERE LA DISTRIBUZIONE DEGLI  
ELEMENTI TOSSICI E LA NATURA DEL PM10**

Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

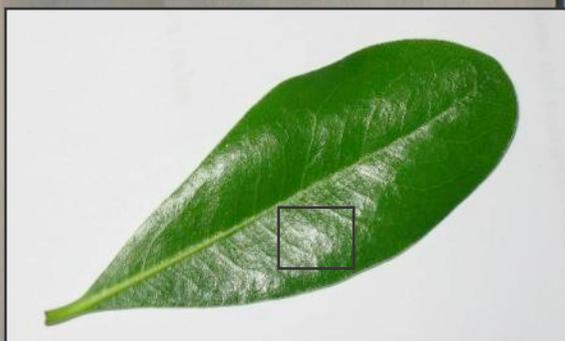
Verde urbano e sostenibilità

## ROSIGNANO MARITTIMO

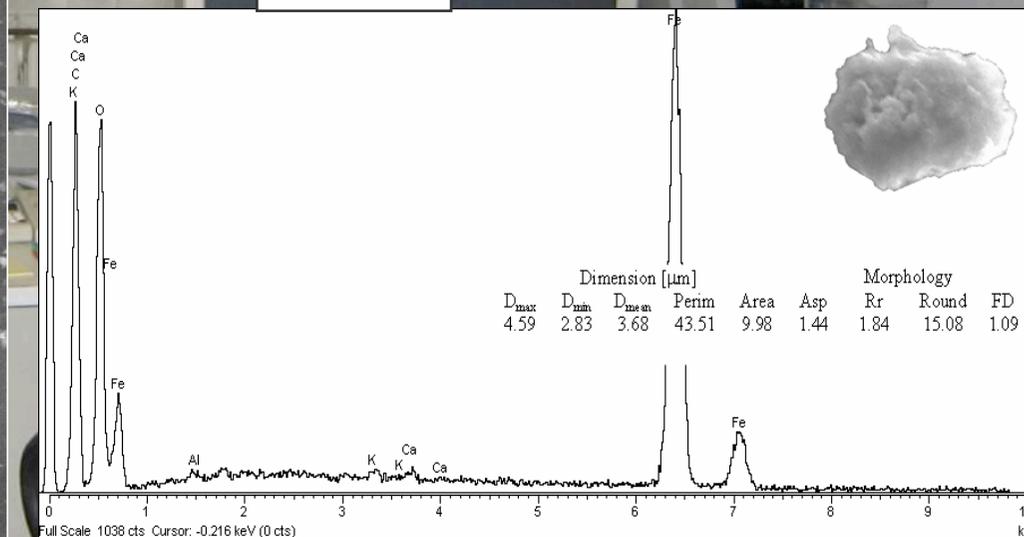
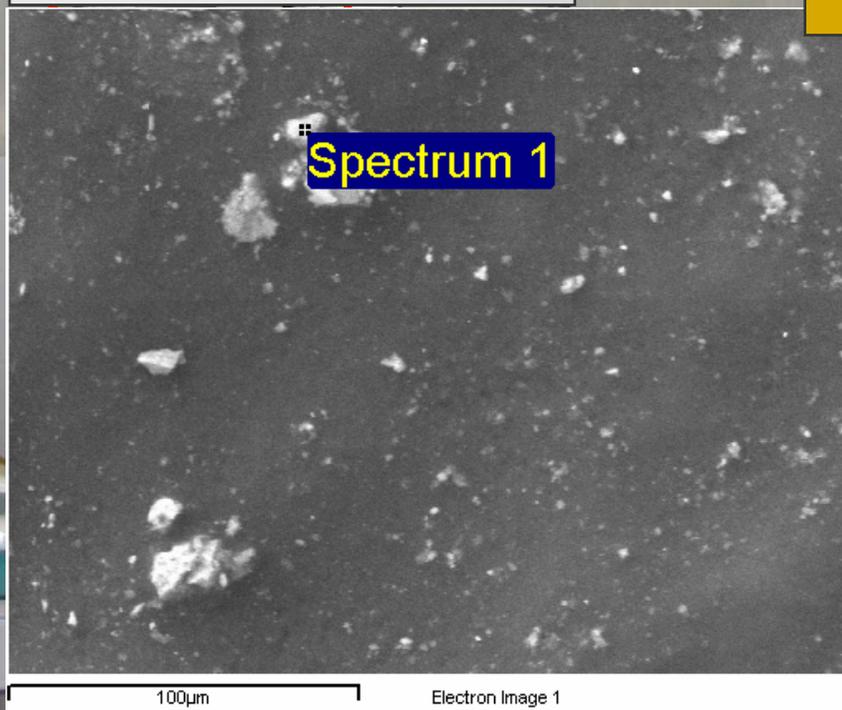
- ✓ CIRCA 30.000 ABITANTI
- ✓ TRAFFICO VEICOLARE INTENSO
- ✓ RILEVANTE ATTIVITÀ INDUSTRIALE
- ✓ PRESENZA DI CENTRALI TERMOELETTRICHE

PORZIONI VEGETALI DI 0,5 x 0,5 CM SONO STATE POSTE SU SUPPORTI DI ALLUMINIO E SOTTOPOSTE ALL'OSSERVAZIONE AL SEM (JOEL 5600LVS)

SU QUESTA SUPERFICIE SONO STATE "FOTOGRAFATE", IN MODO CASUALE, IN MEDIA 2-3 AREE E SU DI ESSE È STATA EFFETTUATA L'ANALISI DELLA COMPOSIZIONE CHIMICA DI UNA MEDIA DI CIRCA 15-20 PARTICELLE, IL CUI DIAMETRO RISULTASSE INFERIORE A 10 μM



Lo strumento è associato ad un sistema di microanalisi EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer), che permette di stimare la composizione elementare media del PM<sub>10</sub>.





UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

## ANALISI FATTORIALE

I DATI OTTENUTI SONO STATI SOGGETTI AD ANALISI FATTORIALE (FA), UN TRATTAMENTO STATISTICO MULTIVARIATO FREQUENTEMENTE UTILIZZATO PER OTTENERE INFORMAZIONI SULLE SORGENTI DEGLI INQUINANTI

LA FA SEPARA GLI ELEMENTI IN GRUPPI BASATI SULLA LORO COMUNE VARIANZA, IN MODO CHE OGNI ASSOCIAZIONE DI SPECIE CHIMICA TROVATA NELLA FA SIA RELAZIONATA AD UN TIPO DI SORGENTE IDENTIFICABILE, CONOSCIUTA IN PRECEDENZA

Firenze, 27 maggio 2010

Il fattore 1 è caratterizzato da componenti cristallini tipici

Il fattore 2 è legato al sale marino

TRE FATTORI  
RAPPRESENTANO L'87,4%  
DELLA VARIANZA TOTALE

Il fattore 3 è solamente composto da Mg  
e dovrebbe essere collegato a sorgenti  
di tipo industriale

<i>Parametro</i>	<i>Fattore 1</i>	<i>Fattore 2</i>	<i>Fattore 3</i>
Ca	0,87		
Si	-0,75		
Al	-0,74		
K	-0,49		
Cl		-0,95	
Na		-0,94	
Mg			0,72
<i>Autovalori</i>	2,33	2,11	0,74
% total var.	39,3	35,6	12,5
<b>Tipo di sorgente</b>	<b>Suolo</b>	<b>Mare</b>	<b>Mg</b>

QUESTI RISULTATI NON SONO INASPETTATI: LA POLVERE MINERALE E L'AEROSOL MARINO COSTITUISCONO IL MAGGIORE CONTRIBUTO AL PM10 NEI SITI VICINI ALLA STRADA IN TUTTA EUROPA



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità



## CARRARA

- ✓ CIRCA 65.000 ABITANTI
- ✓ TRAFFICO VEICOLARE PESANTE INTENSO
- ✓ RILEVANTE ATTIVITÀ DI LAVORAZIONE DEL MARMO



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

*LOLIUM MULTIFLORUM:*

- ✓ DENSITÀ DELLA *CANOPY*
- ✓ CAPACITÀ DI ACCUMULARE METALLI PESANTI  
SENZA MOSTRARE SINTOMI
- ✓ TRATTANDOSI DI UNA PIANTA DA FORAGGIO,  
ESSA PUÒ ESSERE UTILIZZATA PER LA  
STIMA DELLA BIOMAGNIFICAZIONE  
POTENZIALE DEI CONTAMINANTI  
NELLA CATENA ALIMENTARE



Firenze, 27 maggio 2010



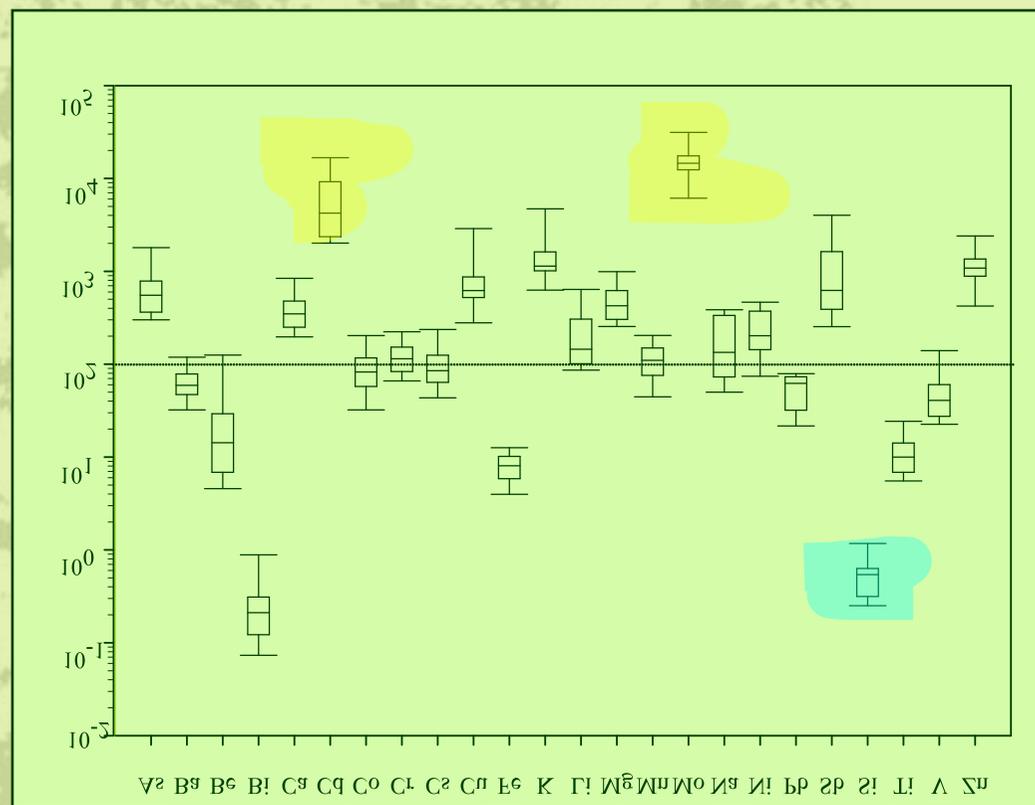
UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

➤ **CD** e **Mo** MOSTRANO I VALORI MAGGIORI DI EF

➤ CIÒ INDICA DOMINANZA DI SORGENTI DI ORIGINE NON CROSTALE

➤ **SI** MOSTRA VALORI VICINO ALL'UNITÀ, LEGATI ALLA SUA ORIGINE CROSTALE



L'arricchimento di elementi nelle foglie è dovuto a:

- ✓ assorbimento dal suolo tramite radici
- ✓ deposizione aerea (**elementi non essenziali**)

Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

## Verde urbano e sostenibilità

TRE FATTORI  
RAPPRESENTANO  
L'92,4% DELLA  
VARIANZA TOTALE

<i>Parameter</i>	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Communalities</i>
Cr	-0.88			0.866
Fe	-0.79			0.637
Zn	-0.80			0.869
Pb	-0.62			0.715
Cd	-0.48		-0.60	0.615
Si		-0.61		0.402
Cu		0.77		0.634
Mn		-0.88		0.792
Br		-0.61		0.528
Na			0.48	0.253
Cl			-0.55	0.396
Ca			-0.72	0.534
V			-0.67	0.601
Co			0.72	0.625
Mo			-0.59	0.553
Ba			-0.71	0.710
Eigenvalues	3.44	3.07	3.59	
% Total var.	31.47	28.08	32.88	
Source	Anthropogenic	Crustal	Sea aerosol	

TRAFFICO VEICOLARE

Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

## CARATTERIZZAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE

- ✓ Forte componente naturale del PM10
- ✓ Componente antropica legata a sorgenti di contaminazione locale
- ✓ Notevole arricchimento di elementi (non essenziali) nelle foglie (Cd e Mo)

## UN PASSO AVANTI ... DETOSSIFICAZIONE!

- ✓ “Cattura” del particolato da parte della vegetazione  
(moti browniani, intercettazione diretta e impatto, sedimentazione per gravità)
- ✓ Rilascio del particolato da parte della vegetazione
- ✓ Fitotossicità (in dipendenza anche della reattività chimica del particolato)

Specie vegetale, età della foglia e velocità del vento

Inserimento sostanze tossiche nella catena alimentare

Firenze, 27 maggio 2010



UNIVERSITÀ DI PISA

Verde urbano e sostenibilità

LA RIMOZIONE DELL'INQUINAMENTO DA PARTICOLATO DA PARTE DELLA VEGETAZIONE URBANA È UN ARGOMENTO STRATEGICO, CHE MERITA ATTENZIONE DA PARTE DEGLI AMMINISTRATORI PUBBLICI: CON ULTERIORI STUDI, LA QUALITÀ DELL'ARIA POTREBBE ESSERE SIGNIFICATIVAMENTE MIGLIORATA ATTRAVERSO L'USO DI FILTRI/DEPOSIMETRI BIOLOGICI

STIME RELATIVE ALL'IMPORTANZA DELLA VEGETAZIONE URBANA ESEGUITE NELLA CITTÀ DI CHICAGO (USA) INDICANO CHE CIRCA 6.000 TONNELLATE DI INQUINANTI SONO STATE ASPORTATE DALL'ATMOSFERA NELL'ARCO DI UN ANNO, CORRISPONDENDO UN BENEFICIO PER LA CITTADINANZA SUPERIORE A 9 MILIONI DI DOLLARI  
A PECHINO, INTERCETTAZIONE ANNUALE DI PM10 = 772 TONNELLATE

Firenze, 27 maggio 2010