



Il monitoraggio aerobiologico per la tutela della salute

Alessandro Di Menno di Bucchianico

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



ISPRA

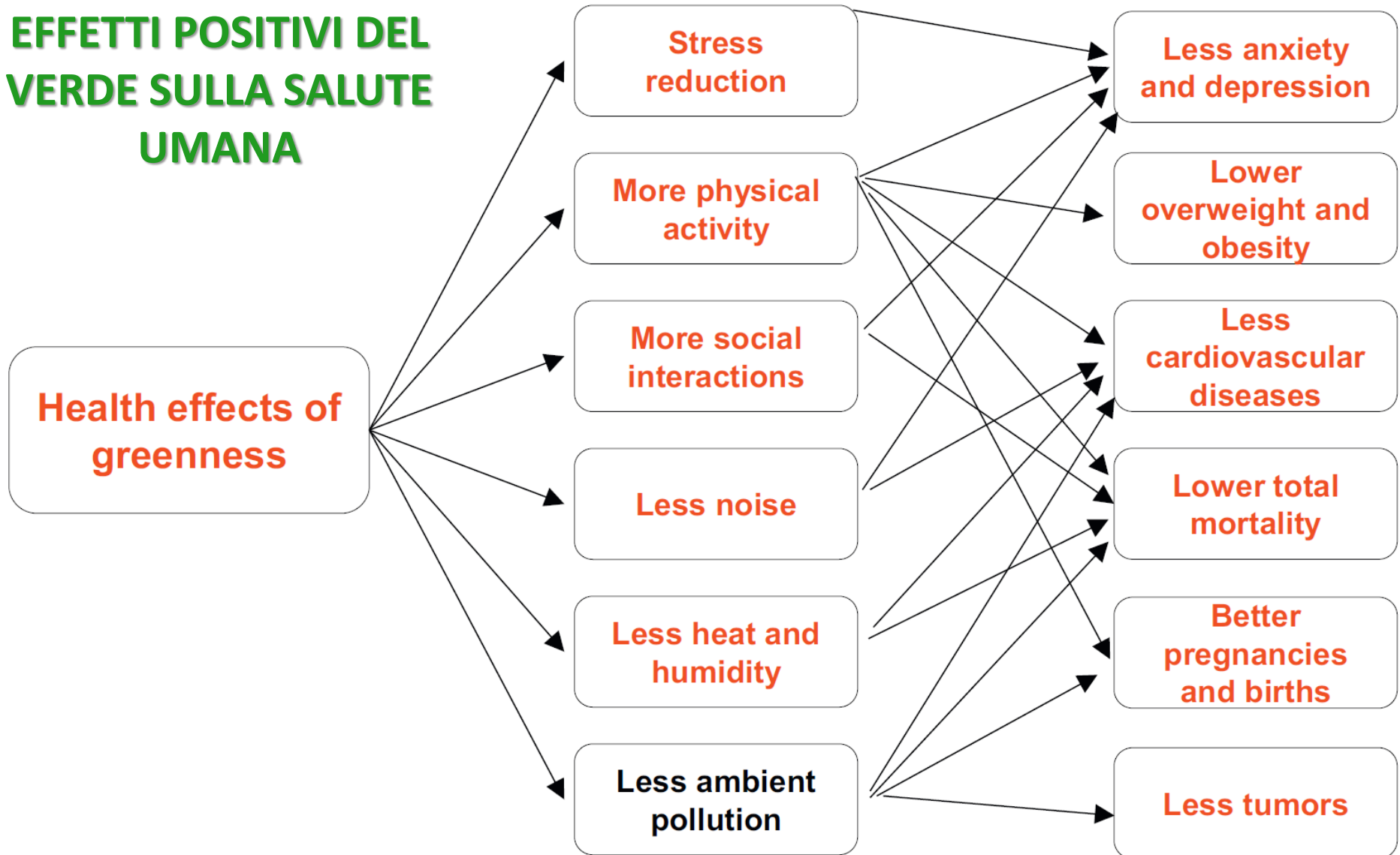
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



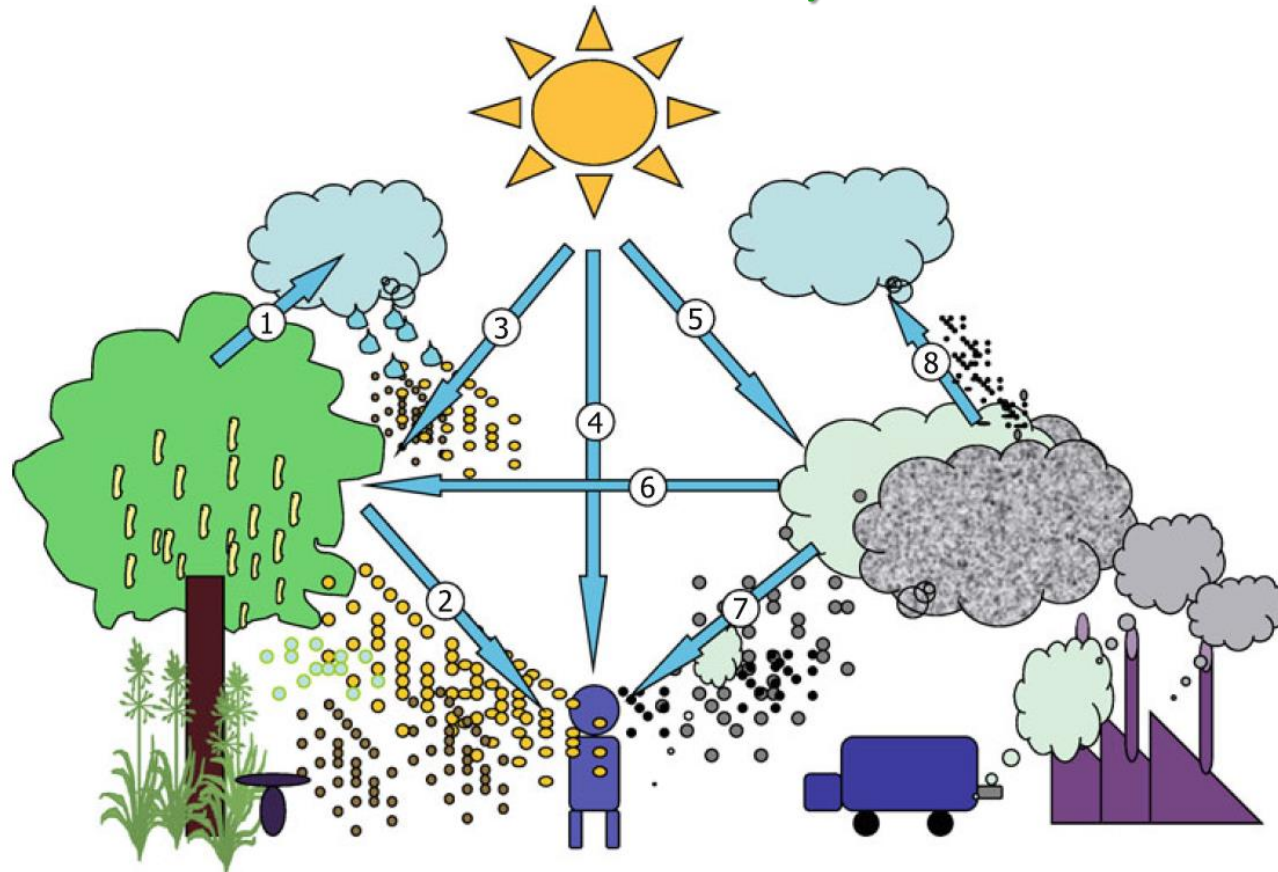
Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



EFFETTI POSITIVI DEL VERDE SULLA SALUTE UMANA



INTERAZIONI TRA AGENTI FISICI, CHIMICI E BIOLOGICI



- 1 Le piante emettono gas nell'atmosfera che influenzano la qualità dell'aria e possono causare particolato e formazione di nubi.
- 2 Le piante e i funghi producono pollini e spore che possono influire sulla salute umana.
- 3 Il calore e la luce del sole influenzano la produzione di polline. La pioggia e l'umidità causano il rilascio di particelle subpolliniche. Il clima influenza la dispersione e la trasformazione di entrambi gli inquinanti chimici e biologici.
- 4 Onde di calore o di freddo insieme ad alte concentrazioni di inquinanti possono avere effetti sinergici sulla salute umana.
- 5 L'ozono troposferico è formato da ossidi di azoto e idrocarburi, quest'ultimo ha in parte origini biogeniche attraverso reazioni fotochimiche.
- 6 Gli inquinanti gassosi possono influenzare le piante e il polline e aumentare gli effetti allergenici.
- 7 Gli inquinanti chimici e biologici influenzano congiuntamente la salute degli esseri umani, gli inquinanti chimici possono agire come adiuvanti e incrementare le reazioni allergiche.
- 8 Le particelle da inquinamento chimico e bioaerosol possono causare formazione di nubi e influenzare la meteorologia.

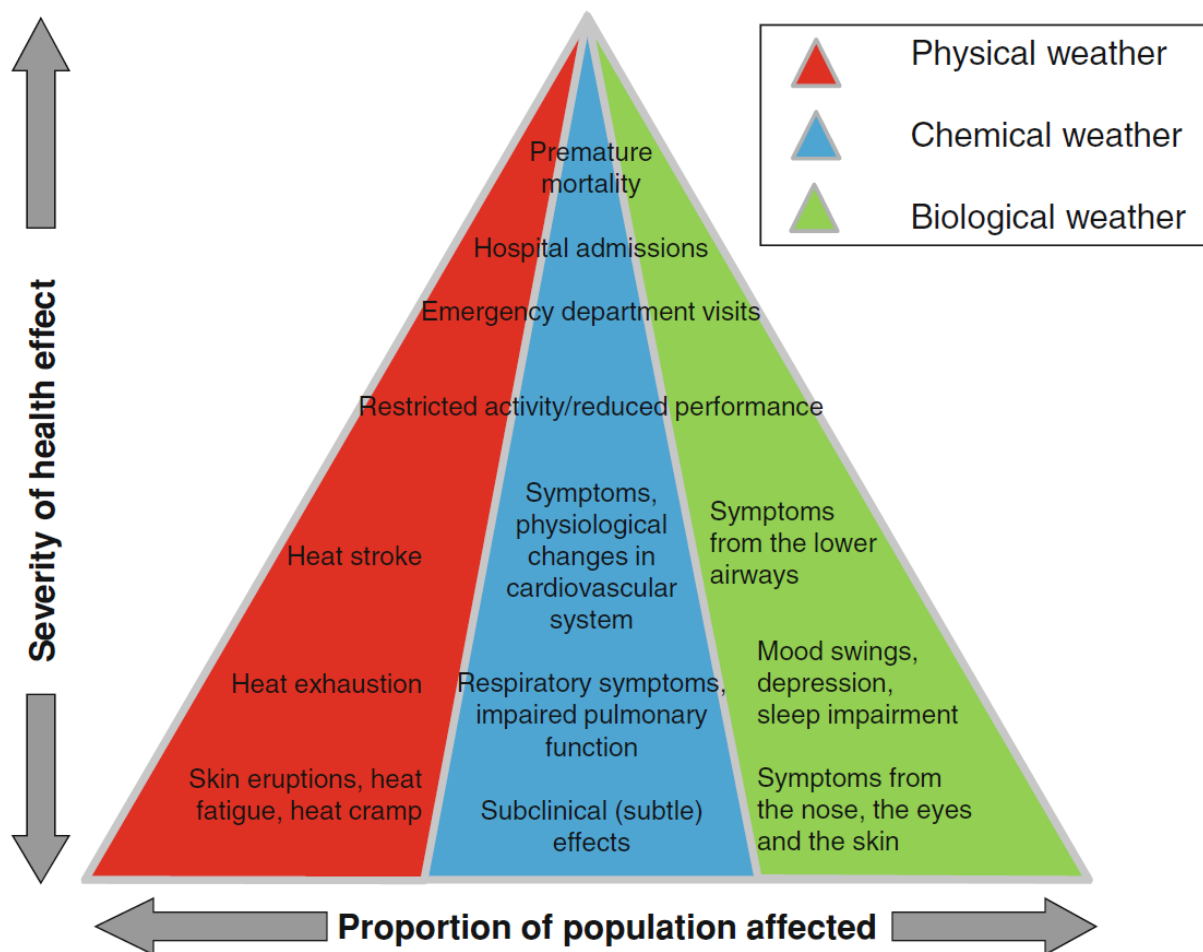


IMPATTO COMBINATO SULLA SALUTE UMANA DI AGENTI FISICI, CHIMICI E BIOLOGICI

Interazioni e sinergie tra questi agenti atmosferici possono portare all'anticipazione o al peggioramento di alcuni effetti o sintomi e ad aumentare il numero di persone che può esserne colpito rispetto all'impatto sulla salute del singolo agente.

Variazione a breve termine dell'atmosfera possono essere dovute a:

- **Agenti fisici** come radiazione solare, temperatura, umidità, pressione, velocità e direzione del vento.
- **Sostanze chimiche** che alterano la composizione chimica atmosfera.
- **Agenti biologici** che aumentano le concentrazioni di bioaerosol come i pollini allergenici e le spore fungine



- **Dimensioni** variabili su 5 ordini di grandezza (da circa **0,002** a **100 μm**).
- Diversità di **forma** e **composizione**.
- Variabilità del **tempo** trascorso **dal** momento del **rilascio alla deposizione**.
- Le particelle di aerosol **possono trasformarsi** sia immediatamente dopo l'emissione, sia durante la loro vita in sospensione, con profonde modificazioni della struttura fisica e chimica originaria.

L'AEROSOL BIOLOGICO E ABIOLÓGICO

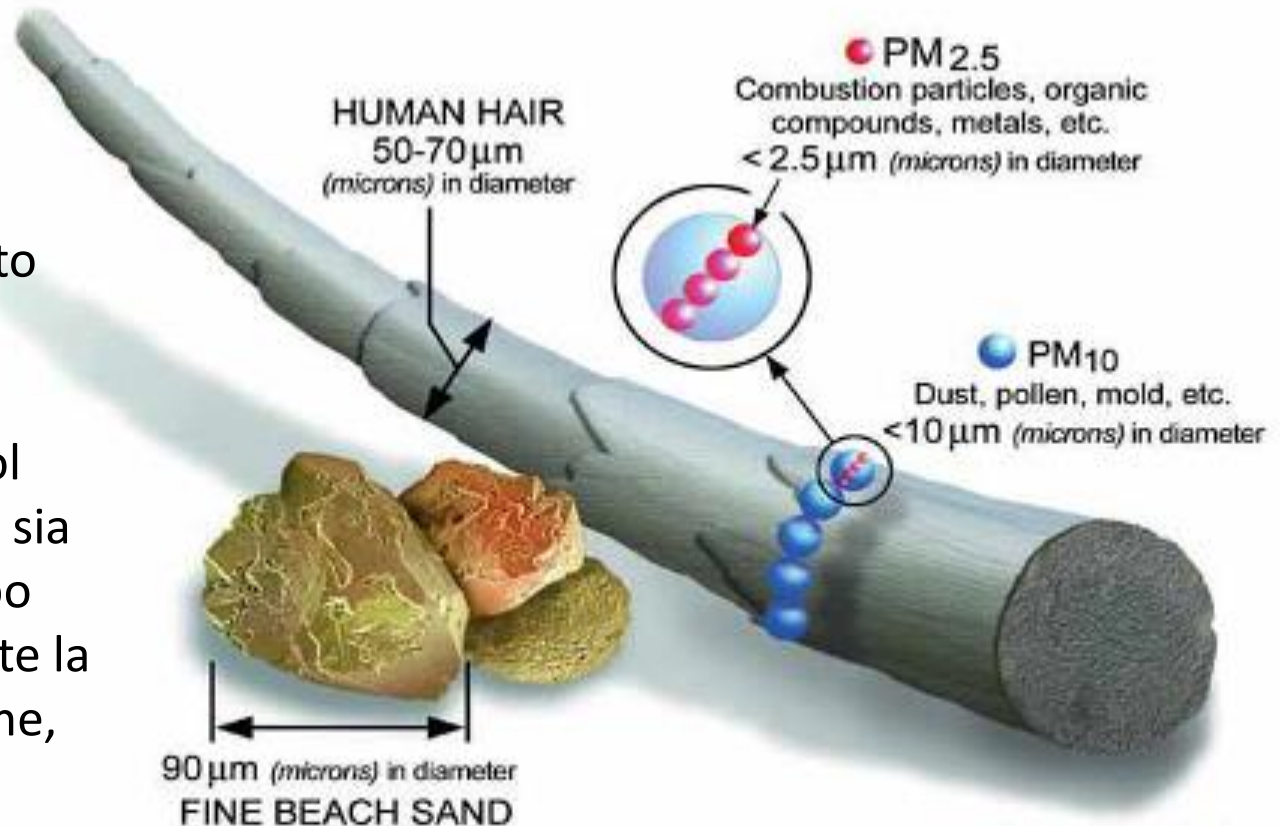


Image courtesy of the U.S. EPA



VeBS

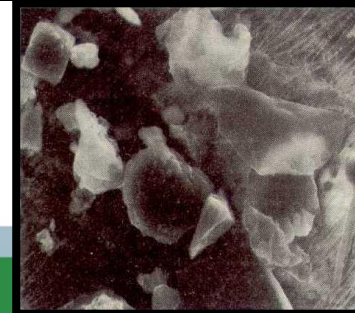
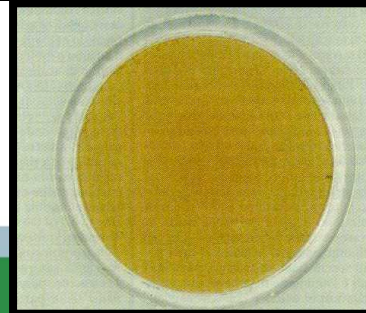
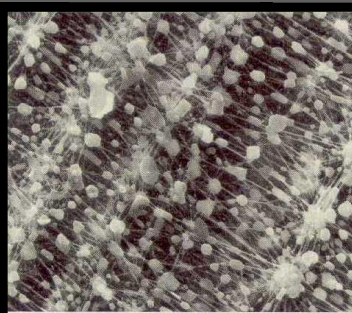
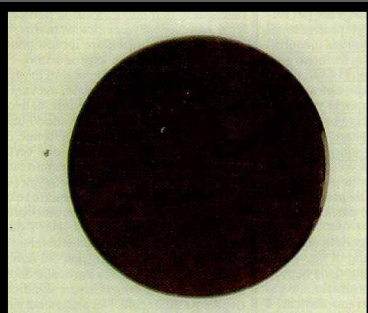
Il buon uso degli spazi Verdi e Blu per la promozione della Salute e del benessere



Ministero della salute

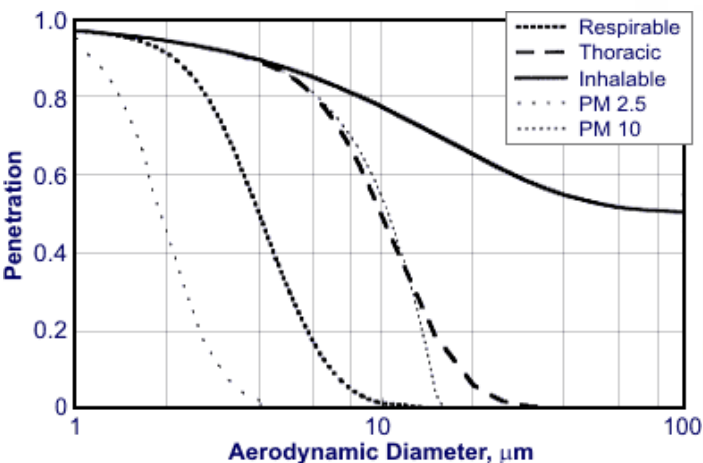
CONSTITUENTS OF ATMOSPHERIC FINE PARTICLES (<2.5 µm)				
PRIMARY SOURCES			SECONDARY SOURCES	
Species	Natural	Anthropogenic	Natural	Anthropogenic
SO ₄ ²⁻	Sea spray	Fossil fuel combustion	Oxidation of SO ₂ and H ₂ S emitted by volcanism and forest fire	Oxidation of SO ₂ and H ₂ S emitted from fossil fuel combustion
NO ₃ ⁻	---	Motor vehicle exhaust	Oxidation of NO _x produced by soils, forest fire and lighting	Oxidation of NO _x emitted from fossil fuel combustion
Minerals	Erosion re-entrainment	Fugitive dust; paved, unpaved roads; agriculture and forestry	---	---
NH ₄ ⁺	---	Motor vehicle exhaust	Emission of NH ₃ from wild animals, undisturbed soil	Emission of NH ₃ from animal husbandry, sewage, fertilized land
Organic carbon (OC)	Wild fires	Open burning, wood burning, cooking, motor vehicle exhaust, tire wear	Oxidation of hydrocarbons emitted by vegetation (terpenes, waxes), wild fires	Oxidation of hydrocarbons emitted by motor vehicles, open burning, wood burning
Elemental carbon	Wild fires	Motor vehicle exhaust, wood burning, cooking	---	---
Metals	---	Fossil fuel combustion, smelting, brake wear	---	---
Bioaerosols	Viruses, bacteria	---	---	---

CONSTITUENTS OF ATMOSPHERIC COARSE PARTICLES (>2.5 µm)				
PRIMARY SOURCES			SECONDARY SOURCES	
Species	Natural	Anthropogenic	Natural	Anthropogenic
Minerals	Erosion re-entrainment	Fugitive dust, paved, unpaved road dust, agriculture and forestry	---	---
Metals	Erosion re-entrainment, organic debris	---	---	---
Ions	Sea spray	Road salting	---	---
Organic carbon	---	tire and asphalt wear	---	---
Organic debris	Plant, insect fragments	---	---	---
Bioaerosols	Pollen, fungal, spores, bacteria agglomerates	---	---	---



L'AEROSOL BIOLOGICO E ABIOLÓGICO

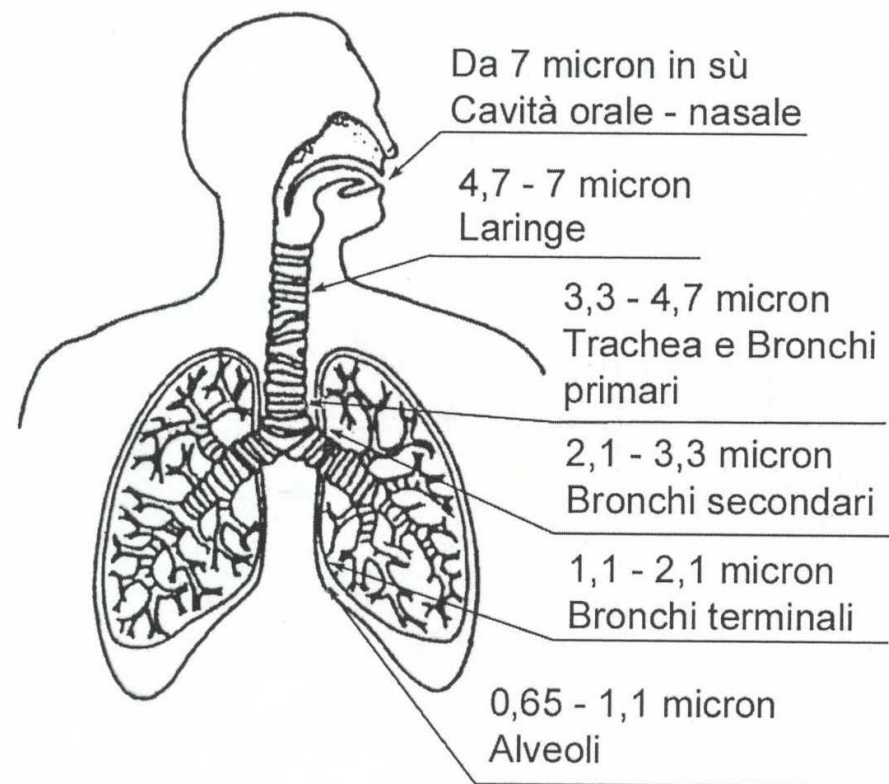
Livello di penetrazione delle diverse granulometrie di particolato nell'apparato respiratorio umano



Inalabile →

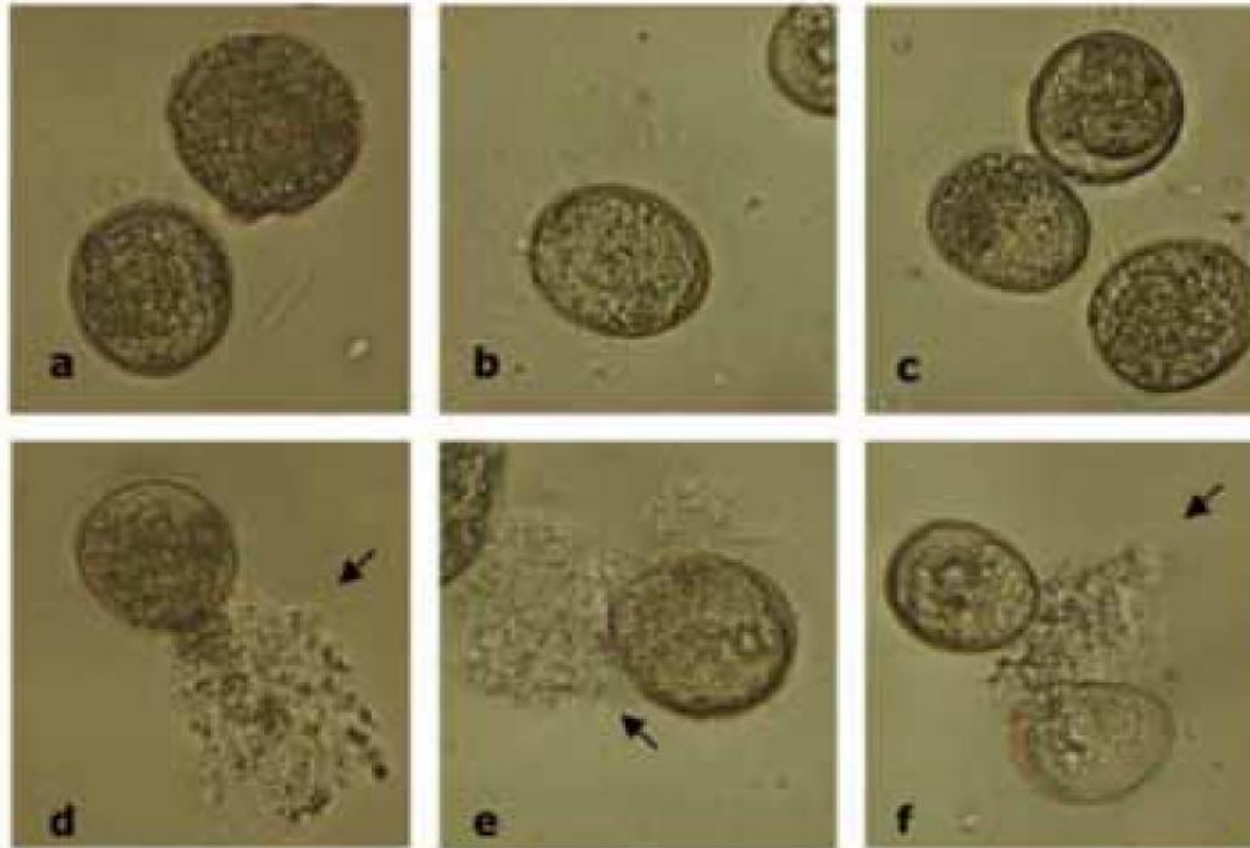
Toracica →

Respirabile →

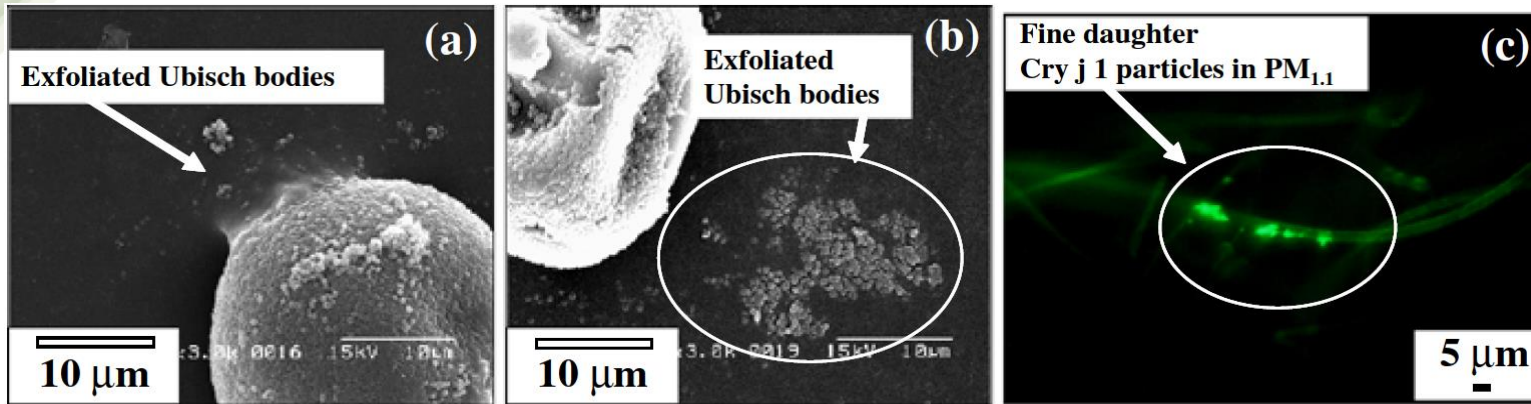


DANNEGGIAMENTO DEI GRANULI POLLINICI PER ESPOSIZIONE A NO₂ E O₃

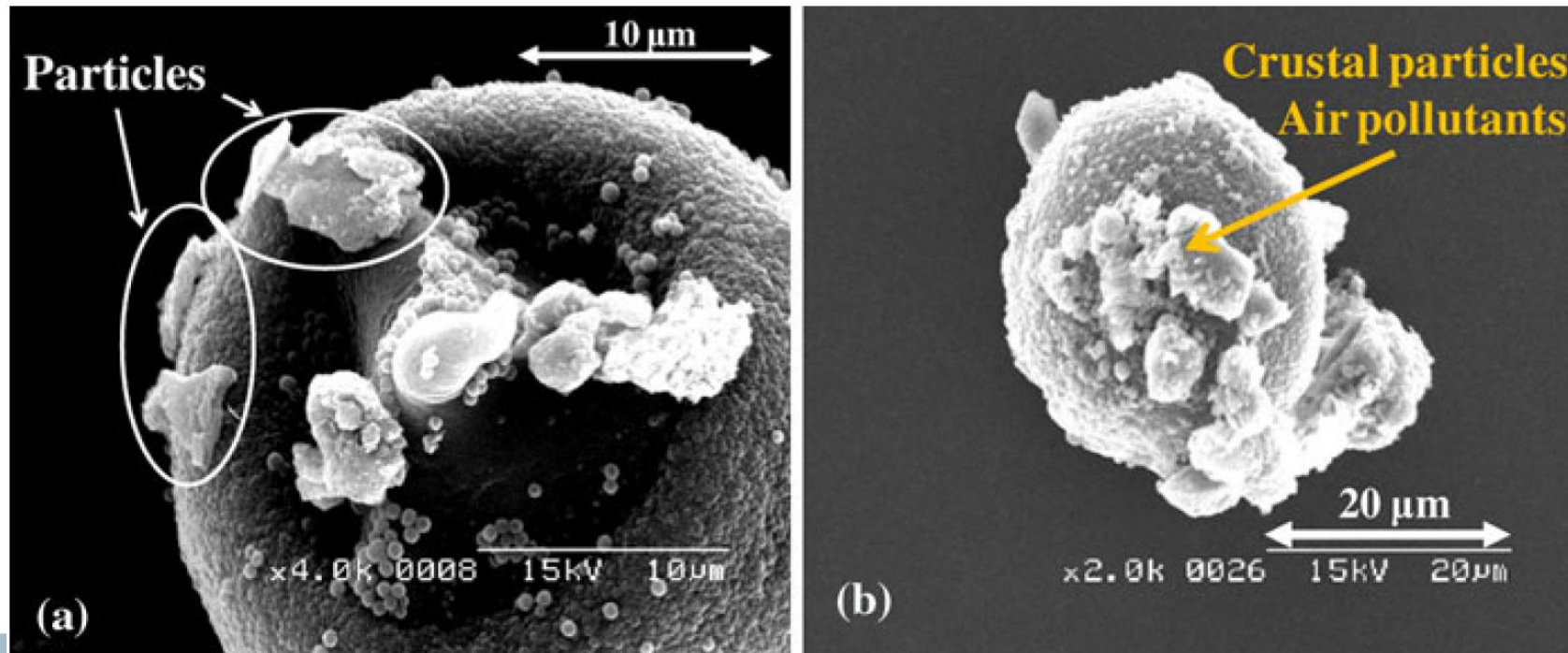
Granuli di polline di *Poa pratensis* L. trattati con biossido di azoto



Particelle allergeniche figlie fini osservate al SEM, Scanning Electron Micrograph, (a) e (b) e con immunofluorescenza (c)



Immagini SEM di granuli pollini con particolato agglomerato sulla superficie esposta agli inquinanti atmosferici





INTERRELAZIONE TRA INQUINANTI ATMOSFERICI E POLLINI ALLERGENICI NELL'INDURRE ALLERGIA RESPIRATORIA

1. L'inquinamento atmosferico può interagire con i pollini, portando ad un aumento nel rilascio di antigeni con allergenicità modificata.
2. L'inquinamento atmosferico può interagire con le particelle che trasportano allergeni delle piante. Queste particelle sono in grado di raggiungere le vie aeree periferiche con l'aria inalata e indurre l'asma nei soggetti sensibili.
3. Gli inquinanti atmosferici, in particolare l'ozono, il materiale particolato e il biossido di zolfo, hanno un effetto infiammatorio sulle vie aeree dei soggetti sensibili, provocando un aumento della permeabilità, una più facile penetrazione degli allergeni pollinici nelle mucose e una maggiore interazione con le cellule del sistema immunitario.
4. Studi scientifici mostrano che soggetti predisposti presentano un'umentata reattività delle vie respiratorie indotta dall'inquinamento atmosferico e una maggiore reattività bronchiale agli allergeni pollinici inalati.
5. Alcuni inquinanti atmosferici sembrano avere un effetto immunologico adiuvante sulla sintesi delle immunoglobuline E (IgE) in soggetti atopici. In particolare le particelle originate dai motori diesel che possono interagire in atmosfera con i pollini.

Meccanismi di aumento della risposta a allergeni pollinici dovuti a inquinanti atmosferici

1. Aumento della permeabilità epiteliale.
2. Infiammazione delle vie aeree indotta da inquinanti atmosferici che innesci la successiva risposte agli allergeni.
3. Accresciuto stress ossidativo nelle vie aeree di soggetti sensibili.

IL MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO IN ITALIA

- Aceraceae
 - Acer negundo
 - Acer saccharinum
 - Amaranthaceae
 - Anacardiaceae
 - Araliaceae
 - Betulaceae
 - Alnus
 - Betula
 - Buxaceae
 - Cannabaceae
 - Cannabis
 - Humulus
 - Caprifoliaceae
 - Sambucus
 - Compositae
 - Ambrosia
 - Artemisia
 - Corylaceae
 - Carpinus
 - Corylus
 - Ostrya carpinifolia
 - Cupressaceae/Taxaceae
 - Cyperaceae
 - Ericaceae
 - Euphorbiaceae
 - Fabaceae
 - Fagaceae
 - Castanea sativa
 - Fagus sylvatica
 - Quercus
 - Ginkgoaceae
 - Gramineae
 - Hippocastanaceae
 - Juglandaceae
 - Juncaceae
 - Lauraceae
 - Mimosaceae
 - Moraceae
 - Broussonetia
 - Moraceae
 - Myrtaceae
 - Oleaceae
 - Fraxinus
 - Fraxinus excelsior
 - Fraxinus ornus
 - Ligustrum
 - Olea
 - Palmae
 - Papaveraceae
 - Pinaceae
 - Abies
 - Cedrus
 - Larix
 - Picea
 - Pinus
 - Plantaginaceae
 - Platanaceae
 - Polygonaceae
 - Ranunculaceae
 - Rosaceae
 - Rubiaceae
 - Salicaceae
 - Papaveraceae
 - Salix
 - Urticaceae
 - Simaroubaceae
 - Tiliaceae
 - Urticaceae
 - Celtis
 - Ulmaceae
 - Umbelliferae
 - Urticaceae
 - Parietaria / Urticaceae
 - Urtica membranacea
 - Vitaceae
 - Parthenocissus
 - Vitis

Totale potenziale: **2.500.000** di dati aerobiologici all'anno





LA RETE POLLnet

FINALITÀ

- **Ambientale:** monitoraggio biodiversità, valutazione d'impatto dei cambiamenti climatici, valutazioni in ambito agronomico, tutela dei beni artistici
- **Sanitaria:** supporto alla diagnosi e alla terapia delle allergie da pollini o spore

LA QUALITÀ

- **Linee guida POLLnet** (in conformità con **UNI EN 16868:2019**);
- **Formazione e aggiornamento operatori**
- **Confronti periodici interlaboratorio.**



Il sito <https://pollnet.isprambiente.it/>

Bollettini pollinici

Mapa del sito Accessibilità Contatti Area riservata

 **ISPRA**
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

 **POLLnet**
Rete Italiana di Monitoraggio Aerobiologico

Cerca

Home Chi siamo Nella tua zona Valori di riferimento Schede botaniche News Eventi Pubblicazioni Link Openda



foto Edith Bucher di APPA Bolzano

Chi siamo Nella tua zona Schede botaniche Pubblicazioni

[Home](#) / [Nella tua zona](#) / [mappa bollettini](#) / Bollettino settimanale dei pollini

BOLLETTINO SETTIMANALE DEI POLLINI

REGIONE : Veneto

PROVINCIA : Vicenza

STAZIONE : Vicenza

Concentrazione assente-molto bassa	Concentrazione bassa	Concentrazione media	Concentrazione alta	Dato non rilevato				
	Mon 29/04/2024	Tue 30/04/2024	Wed 01/05/2024	Thu 02/05/2024	Fri 03/05/2024	Sat 04/05/2024	Sun 05/05/2024	Tendenza
Polline								
Aceraceae	3	2	2	0	0	1	1	↔
Altri pollini	30	43	35	1	4	19	30	↔
Amaranthaceae	0	0	0	0	0	0	0	↔
Betulaceae	0	0	0	0	0	0	0	
Alnus	0	0	0	0	0	0	0	↔
Betula	0	2	2	0	0	0	0	↔
Compositae	0	0	0	0	0	0	0	
Altri	0	0	1	0	0	0	0	↔
Ambrosia	0	0	0	0	0	0	0	↔



VALORI DI RIFERIMENTO

Le tabelle dei bollettini settimanali e i calendari pollinici (elaborati su dati pluriennali) riassumono le informazioni sul volo pollinico delle famiglie o generi botanici di maggior interesse allergologico. Tabelle e calendari pollinici riportano **quattro classi di concentrazione** associate rispettivamente a **quattro colori**. Di fianco sono elencati per ogni famiglia o genere i valori (intervalli) stabiliti per le quattro classi di concentrazione. Queste classi **non corrispondono ai livelli di rischio allergia**. La valutazione fa riferimento alla concentrazione media di polline nell'aria e non fornisce indicazioni sulle concentrazioni polliniche soglia scatenanti una reazione allergica.

	assente/ molto basso	basso	medio	alto	
POLLINI					
Aceracee	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Aceraceae
Amarantacee	0 - 0,1	>0,1 - 5	>5 - 25	>25	Amaranthaceae*
Betulacee	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Betulaceae*
Ontano	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Alnus
Betula	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Betula
Compositae	0 - 0,1	>0,1 - 5	>5 - 25	>25	Compositae
Ambrosia	0 - 0,1	>0,1 - 5	>5 - 25	>25	Ambrosia
Assenzio	0 - 0,1	>0,1 - 5	>5 - 25	>25	Artemisia
Corylacee	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Corylaceae*
Carpino bianco/orientale	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Carpinus
Nocciolo	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Corylus avellana
Carpino nero	0 - 0,5	>0,5 - 16	>16 - 50	>50	Ostrya carpinifolia
Cupressacee/Taxacee	0 - 4	>4 - 30	>30 - 90	>90	Cupressaceae/Taxaceae
Fagacee	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Fagaceae
Castagno	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Castanea sativa
Faggio	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Fagus sylvatica
Quercia	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Quercus
Gramineae	0 - 0,5	>0,5 - 10	>10 - 30	>30	Gramineae
Moracee	0 - 2	>2 - 20	>20 - 70	>70	Moraceae
Gelso da carta	0 - 2	>2 - 20	>20 - 70	>70	Broussonetia
Gelso	0 - 2	>2 - 20	>20 - 70	>70	Morus
Oleacee	0 - 0,5	>0,5 - 5	>5 - 25	>25	Oleaceae
Frassino	0 - 0,5	>0,5 - 5	>5 - 25	>25	Fraxinus
Frassino comune	0 - 0,5	>0,5 - 5	>5 - 25	>25	Fraxinus excelsior
Orniello	0 - 0,5	>0,5 - 5	>5 - 25	>25	Fraxinus ornus
Olivo	0 - 0,5	>0,5 - 5	>5 - 25	>25	Olea
Pinacee	0 - 1	>1 - 15	>15 - 50	>50	Pinaceae
Plantaginaceae	0 - 0,1	>0,1 - 0,4	>0,4 - 2	>2	Plantaginaceae
Platanacee	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Platanaceae
Polygonacee	0 - 1	>1 - 5	>5 - 10	>10	Polygonaceae
Salicaceae	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Salicaceae
Pioppo	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Populus
Salice	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Salix
Ulmacee	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Ulmaceae
Olmo	0 - 1	>1 - 20	>20 - 40	>40	Ulmus
Urticacee	0 - 2	>2 - 20	>20 - 70	>70	Urticaceae
SPORE FUNGINE					
Alternaria	0 - 1	>1 - 10	>10 - 100	>100	Alternaria

[illegible]

FAMIGLIE BOTANICHE MONITORATE

POLLnet		Report SNPA	Calendario fiorale (fonte ARPAE)												Esempi
Pollini	Grado allergenicità (fonte ARPAE)		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
7 Fagacee	polline Castagno	No						XX	XXX						Quercus robur L. (Farnia)
	MODERATO														Quercus pubescens Willd. (Roverella)
	polline Faggio					XX	XXX								Quercus petraea (Matt.) Liebl (Rovere)
	MODERATO														Quercus ilex (Leccio)
	polline Quercia					XX	XXX	XX							Fagus sylvatica L. (Faggio)
	BASSO MODERATO														Castanea sativa Miller (Castagno)
8 Gramineae	polline Graminacee	Sì													Avena fatua (Avena selvatica) [A. BASSA]
	BASSO ELEVATO				X	XX	XXX	XX	XX	X	X	X			Hordeum marinum L. (Orzo selvatico) [A. MODERATA]
															Alopecurus pratensis (Coda di volpe) [A. ELEVATA]
															Cynodon (Gramignia o erba canina) [A. ELEVATA]
															Phleum pratense (Coda di topo) [A. ELEVATA]
9 Moracee	Polline Gelso da carta	No													Broussonetia (Gelso da carta)
	ALTO														Morus (Gelso)
	Polline Gelso														
	ALTO														
10 Oleacee	Polline Frassino	Sì													Fraxinus excelsior L. (Frassino maggiore/ comune)
															Fraxinus ornus L. (Orniello)
	Polline Frassino comune														Olea europea L. (Olivio)
	MODERATO ELEVATO			XX	XXX										
	Polline Orniello					XX	XXX	X							
	MODERATO ELEVATO														
	Polline Olivo					XX	XXX	XX							
11 Pinacee	ELEVATO	No													
	polline Pino					XX	XXX	XX	X						Pinoideae (Pino)
	BASSO														Laricoideae (Larice e Cedro)
	polline Larice					XX	XX								Abietoideae (Abete)
	BASSO														
	polline Cedro											XX	XXX		
	BASSO														
12 Plantaginaceae	polline Piantaggine	No													Plantago lanceolata (Piantaggine minore)
	BASSO					X	XX	XXX	XXX	XX	X				Plantago major (Piantaggine maggiore)
															Plantago media (Piantaggine pelosa/media)



FAMIGLIE BOTANICHE MONITORATE

POLLnet			Report SNPA	Calendario fiorale (fonte ARPAE)													Esempi
	Pollini	Grado allergenicità (fonte ARPAE)		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D		
13	Platanacee	polline Platano	No													Platanus hybrida / acerifolia / hispanica (Platano comune)	
		BASSO				X	XXX	X									
14	Poligonacee	polline Romice	No													Fagopyrum esculentum (grano saraceno)	
		BASSO					X	XXX	XX	X						Rheum officinalis (rabarbaro)	
																Rumex acetosa (acetosa/erba brusca)	
15	Salicaceae	polline Pioppo	No													Populus nigra L. (Pioppo nero)	
		BASSO				XX	XXX	XX							Populus alba L. (Pioppo bianco)		
		polline Salice													Salix bianca L. (Salice bianco)		
		BASSO					XX	XXX							Salix babylonica (Salice piangente)		
16	Ulmacee	polline Olmo	No													Ulmus minor M. (Olmo minore)	
		BASSO					XX	XXX									
17	Urticacee	polline Parietaria	Si													Parietaria (Erba muraiola)	
		ELEVATO					X	XXX	XXX	XX	XX	XXX	XXX	X		Urtica (Ortica)	
		polline Ortica															
		BASSO					X	XX	XXX	XX	XX	XX	XX	X			
	Spore fungine	Grado allergenicità (fonte ARPAE)	Report SNPA	Calendario diffusione spore (fonte ARPAE)													
18	Alternaria	spore di alternaria	Si														
		ELEVATO							X	XX	XX	XXX	XXX	XX	X		



MITIGAZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Classificazione delle specie vegetali in base alla loro capacità di rimozione dell'inquinamento dell'aria ambiente

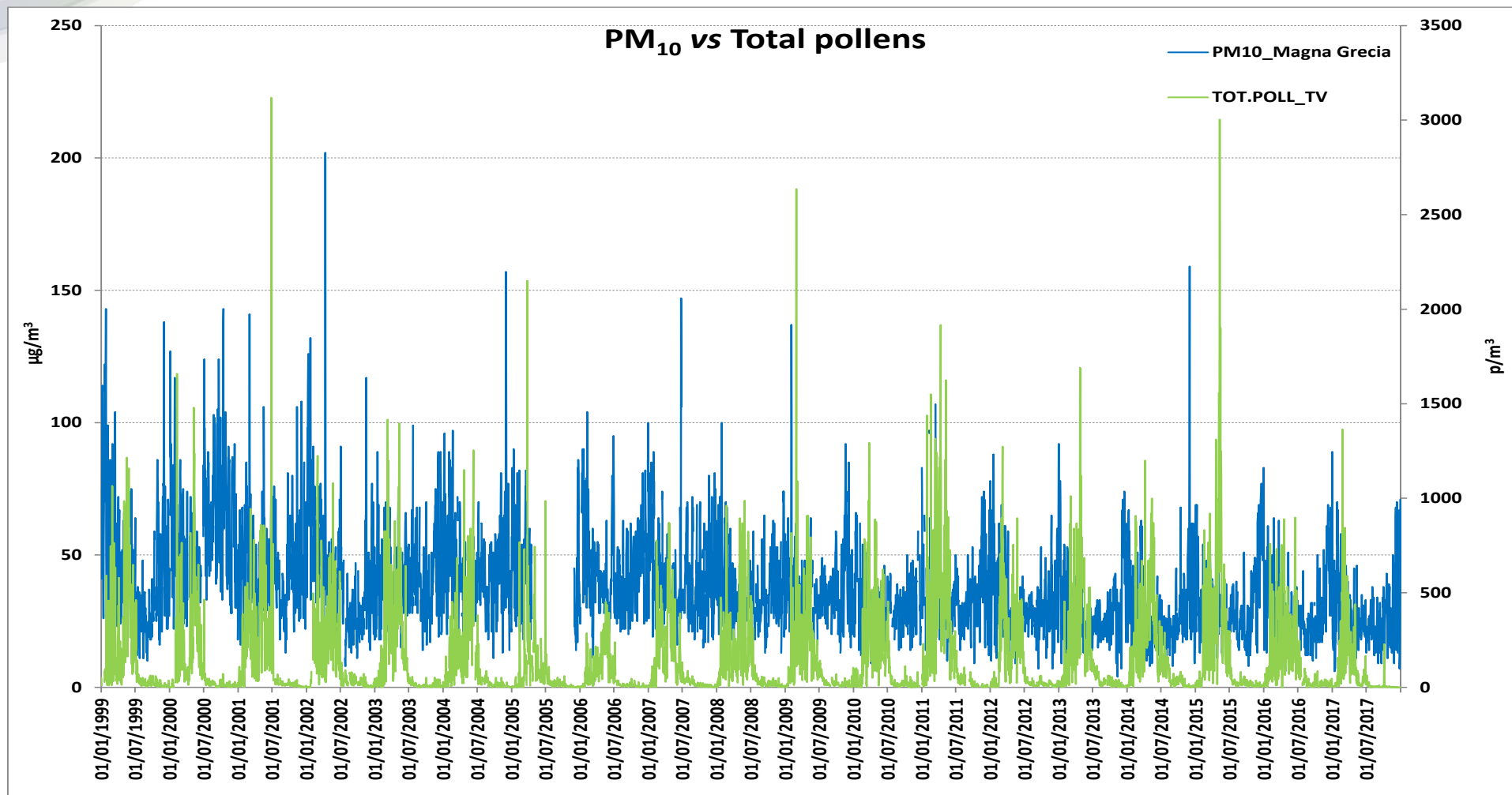
Effetto di mitigazione ^a	Specie
Eccellente	Olmo, frassino comune, tiglio selvatico, betulla verrucosa, acero riccio, mirtillo rosso
Buono	Carpino bianco, acero campestre, ciliegio, liriodendro, alloro, biancospino, melo
Medio	Sambuco, gelso bianco, albero di Giuda

From: <http://www.es.lancs.ac.uk/cnhgroup/iso-emissions.pdf>

^a Calculated considering the effect on remove air pollutants removal and ozone generation.

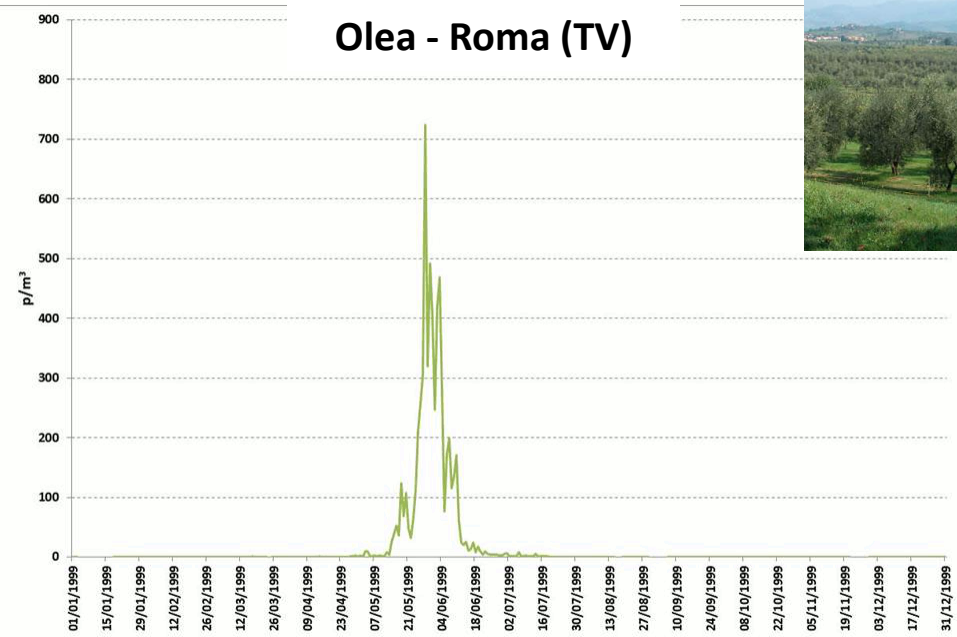
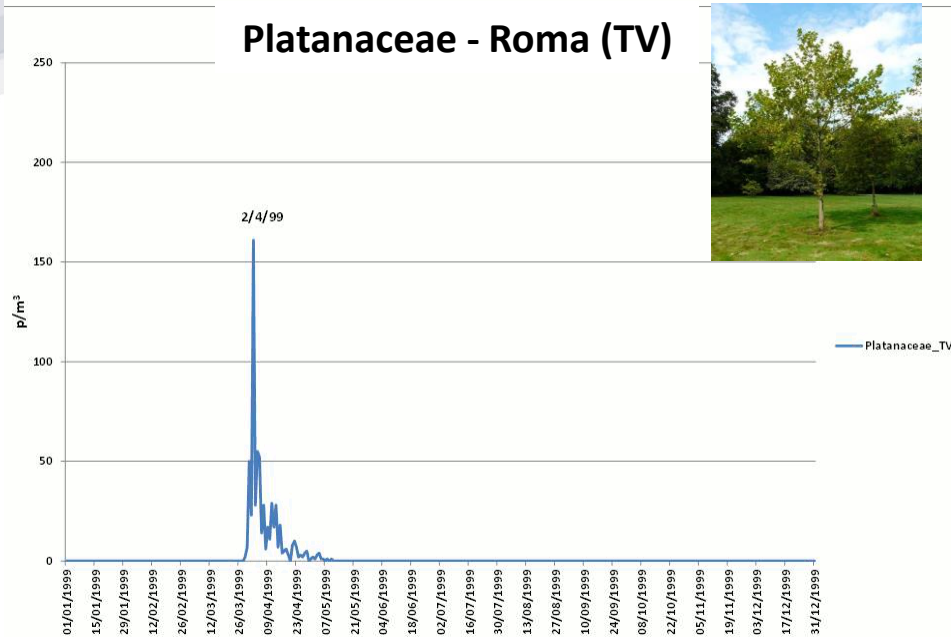
Grado allergenicità						
polline Olmo	Polline Frassino comune		polline Tiglio	polline Betulla	polline Acero	polline Ericacee
BASSO	MODERATO	ELEVATO	MODERATO	ELEVATO	BASSO	BASSO
polline Carpino bianco	polline Ciliegio		polline Liriodendro	polline Alloro	polline Biancospino	polline Melo
MODERATO	MODERATO		MODERATO	MODERATO	MODERATO	MODERATO
polline Sambuco	polline Gelso		polline Albero di Giuda			
BASSO	ALTO		MODERATO			

PM₁₀ E POLLINI A ROMA: ANDAMENTI A CONFRONTO

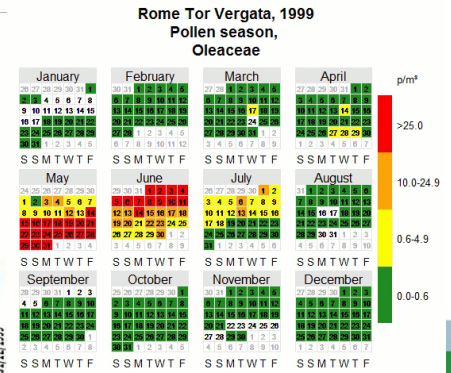
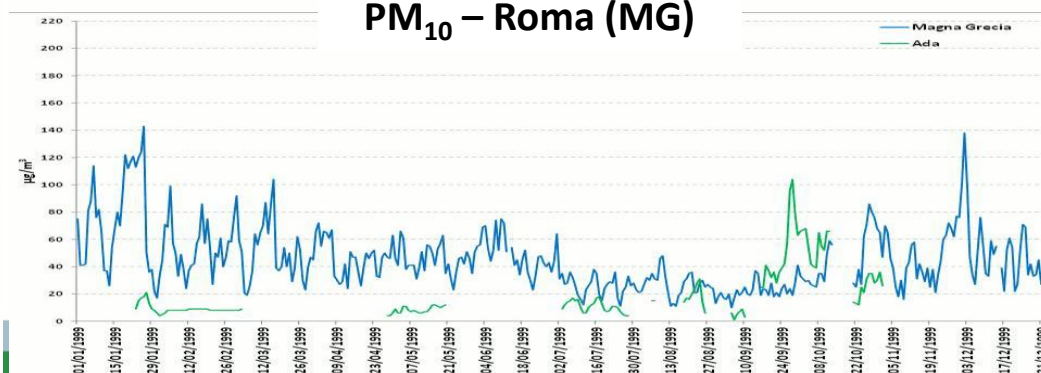
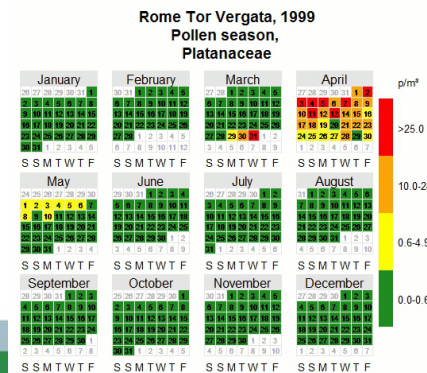


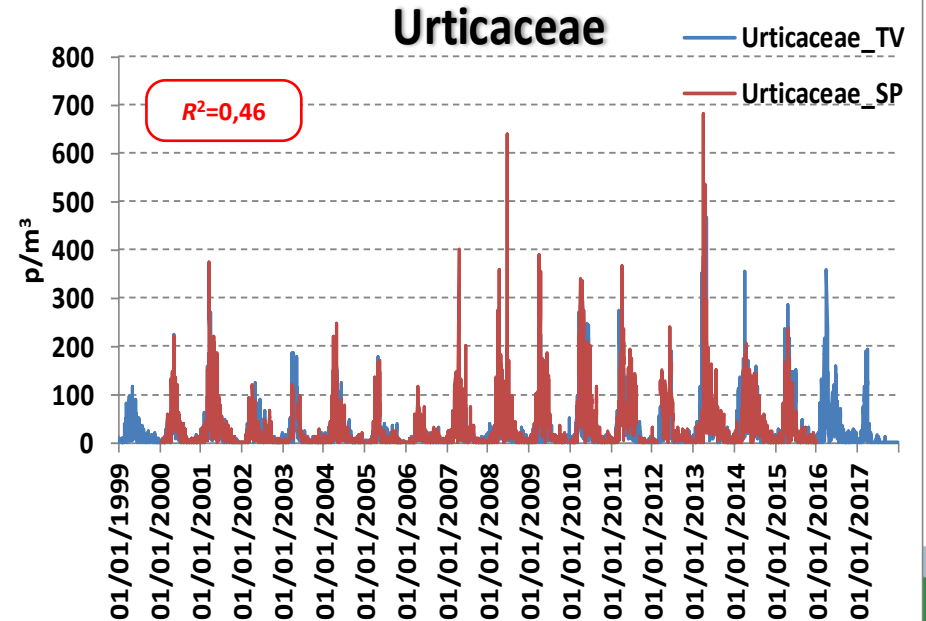
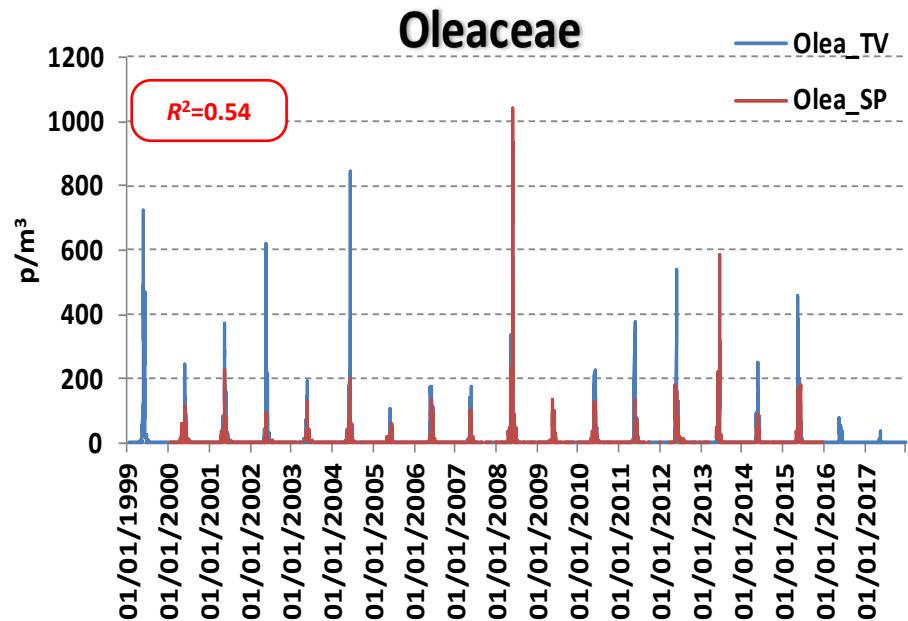
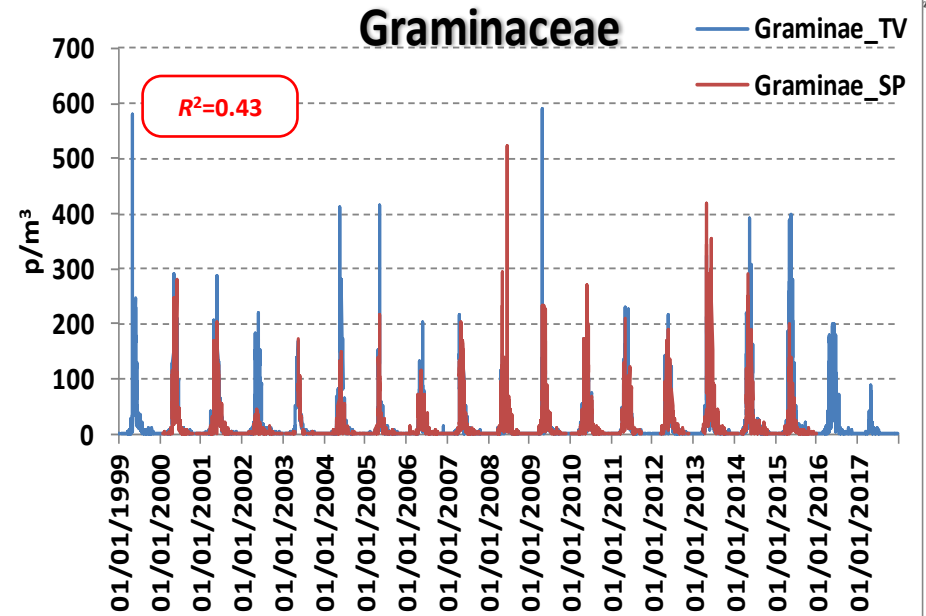
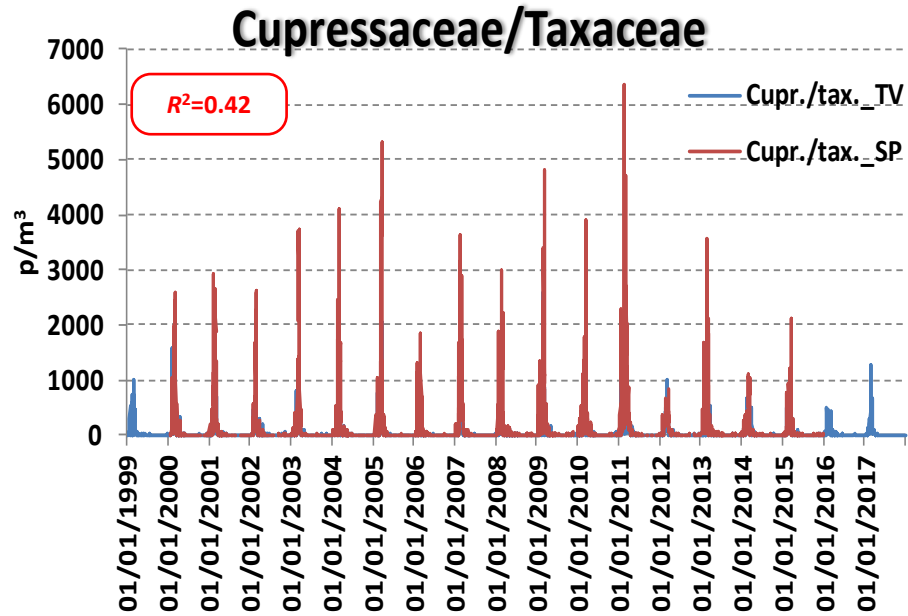


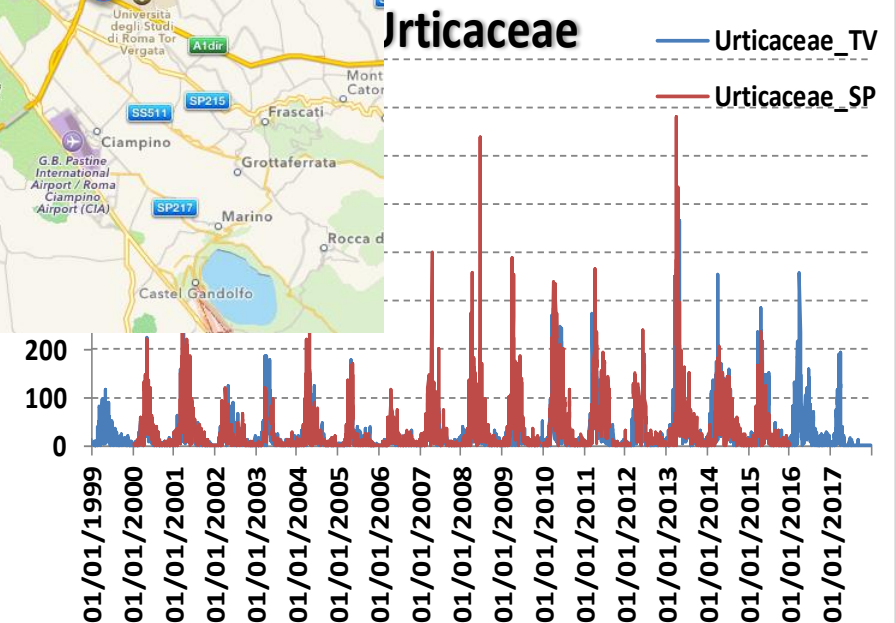
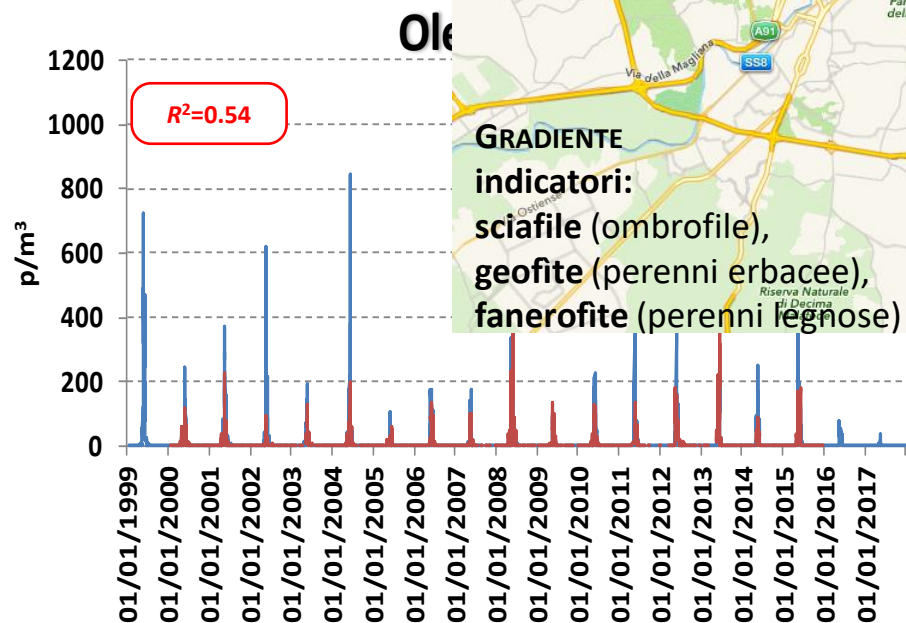
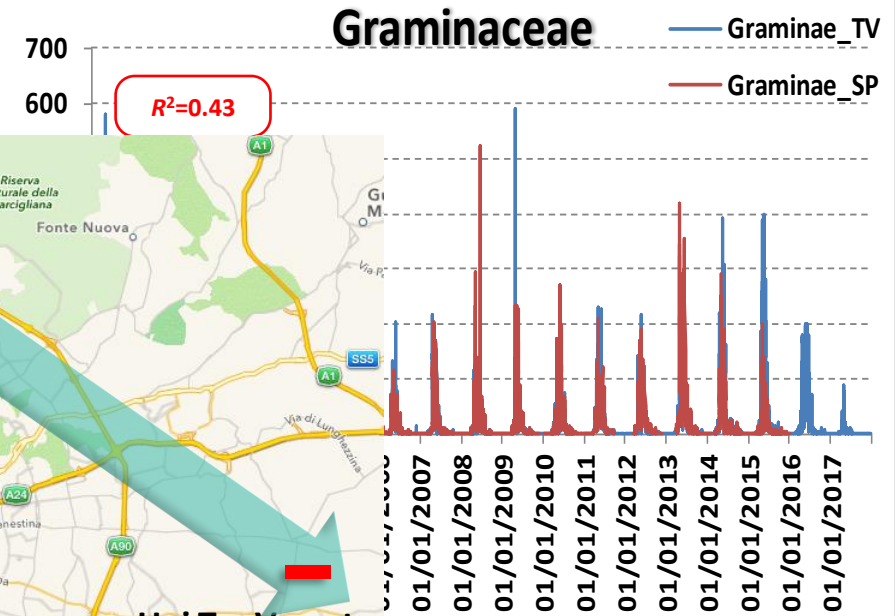
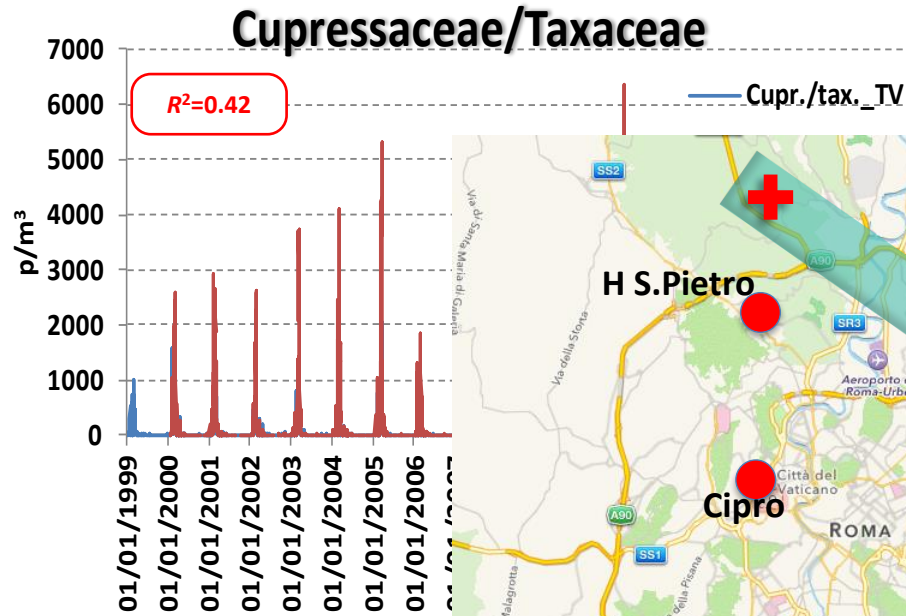
TREND E PERIODI DI MASSIMA COPRESENZA



Pollen calendar													Pollen calendar												
Platanaceae Platanus	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Oleaceae Olive	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
			●	●●●	●													●●	●●●	●●					

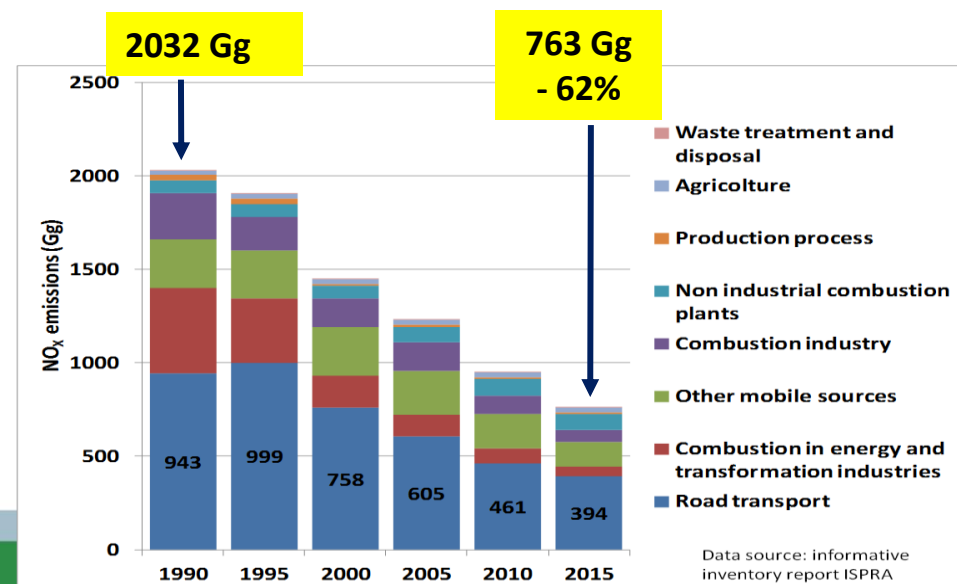
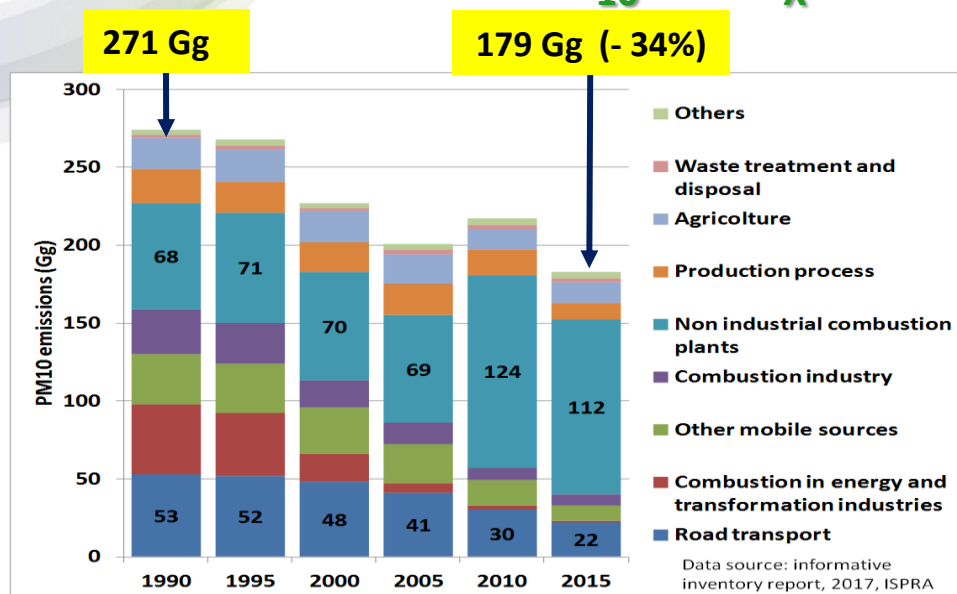




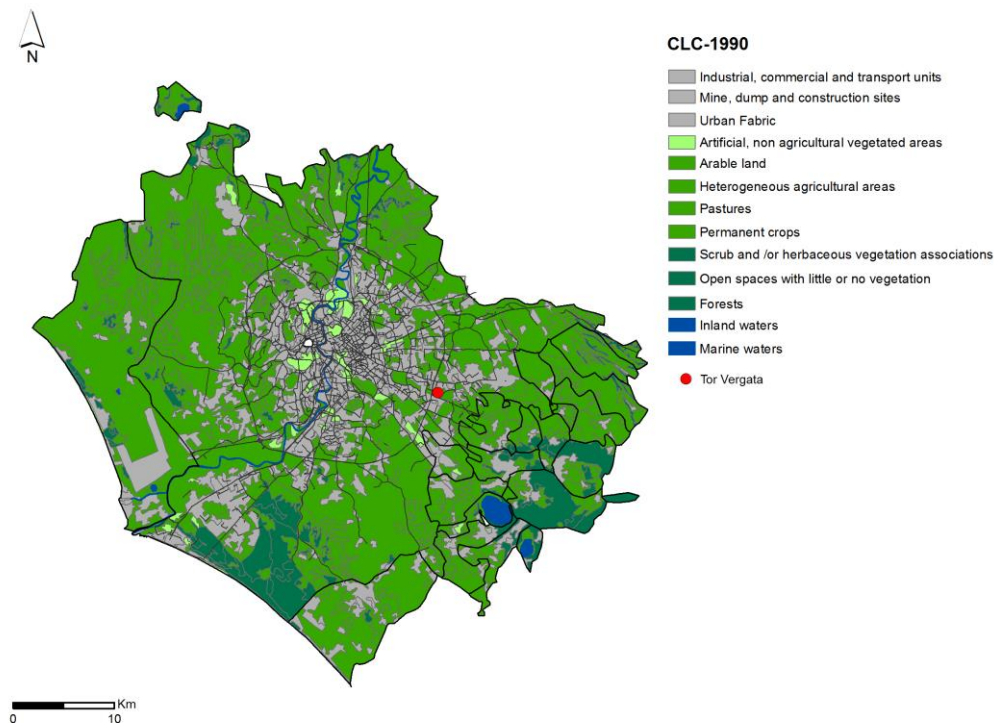




Emissioni di PM₁₀ e NO_x



Consumo di suolo



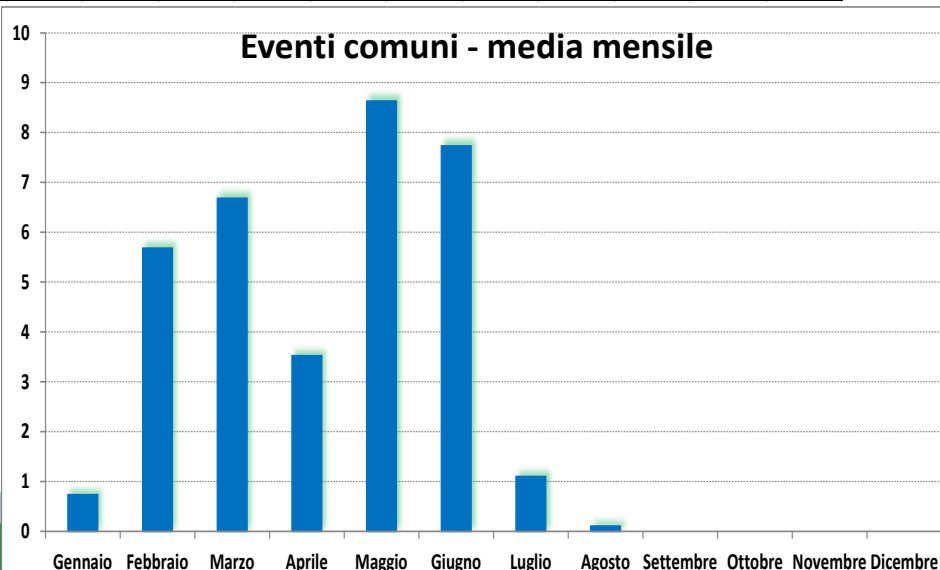
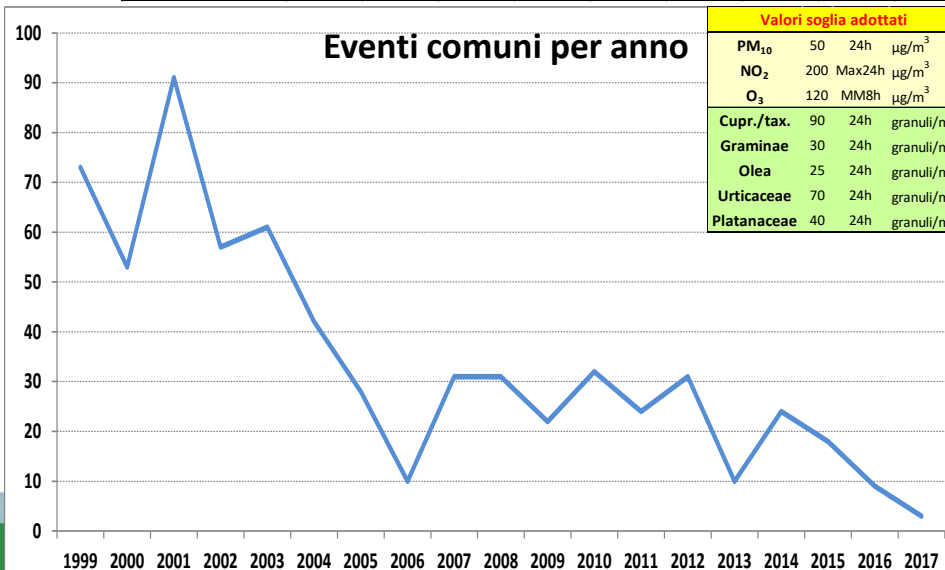
Consumo di suolo a Roma e comuni limitrofi dal 1990 a 2012	
Superfici artificiali	+65.62 km ²
Verde urbano e aree sportive	-2.27 km ²
Aree agricole	-74.17 km ²
Foreste	+10.82 km ²

Roma: Corine Land Cover (CLC)
1990-2012



MONITORAGGIO DEGLI EVENTI COMUNI

Mese/anno	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Tot
Gennaio	3	0	3	0	1	0	0	0	0	4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	14
Febbraio	10	5	18	13	9	11	1	2	5	9	6	1	7	5	2	2	1	0	1	108
Marzo	13	7	8	14	16	9	16	1	10	1	5	7	4	5	2	6	2	1	0	127
Aprile	7	7	12	7	7	4	4	1	8	0	3	3	0	1	0	1	0	0	2	67
Maggio	23	22	26	9	20	10	4	2	8	6	6	7	6	11	0	1	0	3	0	164
Giugno	15	12	24	14	8	8	3	4	0	9	2	8	6	9	4	7	10	4	0	147
Luglio	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0	0	1	4	5	1	0	21
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Settembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ottobre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot	73	53	91	57	61	42	28	10	31	31	22	32	24	31	10	24	18	9	3	650





CONCLUSIONI

Una valutazione accurata della qualità dell'aria in un'area urbana deve considerare l'effetto combinato di agenti fisici, chimici e biologici e presuppone che siano disponibili **metodi di interpretazione**:

- 1) fondati su solidi argomenti di fisica, chimica e biologia dell'atmosfera;**
- 2) applicabili nelle più generali condizioni ambientali;**
- 3) basati su dati di concentrazione rappresentativi nello spazio e nel tempo;**
- 4) descrivibili mediante linguaggio matematico con variabili riconducibili a parametri misurati con elevata accuratezza;**
- 5) convalidabili attraverso serie di misure indipendenti.**