



NAPOLI PM 2026

XII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico

BOOK OF ABSTRACTS

Un evento a cura di

SOCIETÀ ITALIANA
DI AEROSOL
IAS
ITALIAN AEROSOL
SOCIETY



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli





ISBN 978-88-942135-6-0



Con il patrocinio di



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli

Con il supporto di

Catalytic Instruments[®]
hot technologies · clean solutions



Aerospec



AMS[®]
Analitica
Air Monitoring Systems

orion



Caro Partecipante,

benvenuto a Napoli e al XII Convegno Nazionale sull'Aerosol Atmosferico — PM2026 — promosso dall'Associazione Italiana Aerosol (IAS).

PM2026 rappresenta il principale momento di incontro della comunità scientifica riunita nell'Associazione Italiana Aerosol, che dal 2008 promuove questo appuntamento con cadenza biennale. Un percorso iniziato nel 2004 a Milano e proseguito attraverso Firenze, Bari, Venezia, Perugia, Genova, Roma, Matera, Lecce, Bologna e Torino, fino ad approdare oggi a Napoli, nel cuore del Mediterraneo.

Tra le città più antiche e affascinanti del Mediterraneo, Napoli custodisce un patrimonio storico, artistico e culturale unico, di cui il Complesso Monumentale di Santa Maria la Nova, sede del convegno, rappresenta una straordinaria espressione. Ma Napoli è anche un laboratorio naturale di grande rilevanza per lo studio dell'aerosol atmosferico: crocevia di contributi emissivi di origine naturale e antropica e contesto privilegiato per approfondire le dinamiche della qualità dell'aria nel bacino mediterraneo.

Nel corso delle prossime giornate, oltre 90 presentazioni orali e 60 contributi poster offriranno occasioni di confronto tra ricercatori, tecnologi, enti regolatori, decisori pubblici e imprese sui temi più attuali e urgenti legati al particolato atmosferico: dalla composizione chimica ai processi di trasformazione e trasporto, dalle tecniche di monitoraggio ai modelli di dispersione, dalle strategie di mitigazione agli impatti sulla salute e sull'ambiente.

PM2026 avrà inoltre l'onore di ospitare tre plenary speakers di eccezione:

Filippo Giorgi, con un intervento dedicato alle “Interazioni fra clima e aerosol atmosferici, dalla scala globale a quella regionale”;

Ulrike Dusek, che presenterà “From Source to Climate: Tracing the Origin and Evolution of Atmospheric Aerosols Using Advanced Isotopic Techniques and Their Implications for Air Quality and Climate Change”;

e **Grisa Močnik**, che aprirà la giornata conclusiva con una relazione su “Optical Properties of Atmospheric Particulate Matter and Characterization Methodologies”.

PM2026 si propone non soltanto come il principale appuntamento scientifico nazionale dedicato all'aerosol atmosferico, ma anche come uno spazio aperto al confronto interdisciplinare tra tutti gli attori coinvolti nella gestione e nella mitigazione dell'inquinamento atmosferico: enti normativi, amministrazioni pubbliche, imprese tecnologiche e operatori della comunicazione ambientale.

In questo contesto, l'edizione 2026 ospiterà anche una tavola rotonda dal titolo “**Dal monitoraggio alle politiche: la governance multilivello della qualità dell'aria in Campania e in Italia**”, occasione di dialogo tra rappresentanti delle istituzioni, del mondo politico e degli enti regolatori nazionali e regionali.

Con l'auspicio che PM2026 possa rappresentare un'importante occasione di confronto scientifico, collaborazione e ispirazione per tutti i partecipanti, vi auguriamo un proficuo lavoro e un piacevole soggiorno a Napoli.

Buon PM2026!

Il Comitato Organizzatore

Comitato Scientifico

Daniela Cesari (ISAC-CNR)
Claudia Carotenuto (Univ. Vanvitelli, Caserta)
Elena Chianese (Univ. Parthenope, Napoli)
Francesco Di Natale (Univ. Federico II, Napoli)
Angelo Riccio (Univ. Parthenope, Napoli)
Eleonora Cuccia (ARPA Lombardia)
Maria Chiara Bove (ARPA Liguria)
Luca Ferrero (Univ. Milano Bicocca)
Lorenzo Massimi (Univ. La sapienza Roma)
Daniele Contini (ISAC-CNR, Presidente IAS)
Andrea Gambaro (ISP-CNR Venezia)
Dario Massabò (INFN, Genova)
Silvia Canepari (Univ. La sapienza Roma)
Adriana Pietrodangelo (IIA CNR, Roma)
Cristina Colombi (ARPA Lombardia)
Elena Barbaro (ISP-CNR Venezia)
Stefano Decesari (CNR-ISAC, Bologna)

Comitato Organizzatore

Claudia Carotenuto (Univ. Vanvitelli, Caserta)
Elena Chianese (Univ. Parthenope, Napoli)
Francesco Di Natale (Univ. Federico II, Napoli)
Angelo Riccio (Univ. Parthenope, Napoli)
Arianna Parisi (Univ. Federico II, Napoli)
Elvira Esposito (Univ. Federico II, Napoli)
Raffaella Griffo (Univ. Vanvitelli, Caserta)
Miriam Alessio (Univ. Vanvitelli, Caserta)
Giovanni Falco (Univ. Vanvitelli, Caserta)
Carole Lecerf (IAS)

Sede del Convegno

Complesso Monumentale S.M. La Nova, Piazza S. Maria la Nova 44, 80134 Napoli, Italia

PROGRAMMA DETTAGLIATO

Martedì 26 Maggio 2026

14:00	Registrazione dei partecipanti
14:30	Apertura del Convegno e Saluti Istituzionali
15:30	Tavola Rotonda Dal monitoraggio alle politiche: la governance multilivello della qualità dell'aria in Campania e in Italia <i>Intervengono:</i> Dott. Stefano Sorvino, Dott. Piero Cau, Dott.ssa Maria Rosaria Della Rocca, Dott.ssa Cristina Leonardi, Dott. Emanuele Negrenti
17:00	Presentazione del Sito Museale di Santa Maria la Nova <i>Intervengono:</i> Prof. Giuseppe Reale, Dott. Alessio Cuccaro, Prof.ssa Maria Rosaria Vigorito
17:30	Aperitivo di benvenuto
18:30	Conclusione

Mercoledì 27 Maggio 2026

8:00	Registrazione partecipanti			
8:50	Apertura dei Lavori e Comunicazioni			
9:00	Discussione Plenaria: Filippo Giorgi Interazioni fra clima e aerosol atmosferici, dalla scala globale a quella regionale <i>Moderatore: Stefano Decesari</i>			
	<i>Sala plenaria - Chiesa</i>		<i>Sala Lama Caputo</i>	
10:00	Caratterizzazione Chimico-Fisica e Proprietà Ottiche degli Aerosol <i>Moderatore: Marianna Conte</i>		Emissioni: Caratterizzazione modellazione e strategie di controllo <i>Moderatore: Cristina Colombi</i>	
10:00	Elena Casagrande	Speciazione chimica e proprietà ottiche delle deposizioni nevose nel Centro Italia	Arianna Parisi	Wet Electrostatic Scrubbing: una tecnologia elettro-idrodinamica per la rimozione del particolato fine e l'interpretazione dei processi di deposizione ad umido degli aerosol atmosferici
10:15	Lorenzo Caponi	Caratterizzazione delle proprietà ottiche di emissioni da combustibili diesel mediante esperimenti in camera di simulazione atmosferica	Elisa Caracci	Emissione di particelle ultrafini indotta da vernici e film fotocatalitici indoor a base di TiO ₂ : misure sperimentali e simulazione dell'esposizione in uffici
10:30	Marco Rapuano	Caratterizzazione delle sorgenti di Aerosol Organico in due siti urbani (Bologna e Milano) in Pianura Padana: confronto annuale nell'ambito del progetto RI-URBANS	Francesco Di Natale	Il sistema Wet Electrostatic Scrubbing dal laboratorio agli impianti industriali
10:45	Stefano Rimoldi	Clustering gerarchico delle proprietà ottiche del PM a Milano: una nuova metodologia per aerosol typing	Umberto Dal Santo	Composizione chimica e sorgenti del PM ₁₀ nel distretto lombardo dei mobilifici caratterizzato da elevate concentrazioni di benzo(a)pirene
11:00	Poster session Coffee break			

		Source Apportionment mediante modelli source-receptor-oriented <i>Moderatore: Daniela Cesari</i>	Qualità dell'aria nelle aree urbane industriali e rurali <i>Moderatore: Adriana Pietrodangelo</i>	
11:30	Caterina Busillo	Analisi del contributo emissivo del settore riscaldamento alla qualità dell'aria in Toscana tramite source apportionment modellistico CAMx-PSAT	Eleonora Cuccia	Lo studio delle sorgenti di PM ₁₀ attraverso la rappresentatività spaziale delle campagne temporanee coniugata con la continuità temporale dei siti fissi nel complesso contesto lombardo
11:45	Cristina Colombi	Caratterizzazione chimico-fisica del particolato a Milano: il ruolo delle diverse sorgenti primarie e secondarie	Nicole Mastromatteo	Integrazione di remote sensing e misurazioni in situ per l'analisi delle concentrazioni di PM per la qualità dell'aria nella città di Torino
12:00	Eleonora Favaro	Source apportionment e dinamiche di trasporto dell'aerosol lungo gradienti altitudinali nelle Alpi Occidentali mediante Positive Matrix Factorization (PMF) multisito	Luca Tofful	Studio e caratterizzazione chimica del particolato atmosferico mediante campionamenti ad elevata risoluzione spaziale
12:15	Laura Cadeo	Source apportionment dell'aerosol organico a Firenze nell'ambito del progetto europeo MI-TRAP	Fabio Giardi	Identificazione delle sorgenti dell'aerosol in prossimità di un importante sito siderurgico
12:30	Mauro Rubino	Un caso studio dei punti di forza e dei limiti nell'uso della composizione isotopica del Carbonio ($\delta^{13}C$) e dell'Azoto ($\delta^{15}N$) per l'individuazione delle fonti di particolato atmosferico a Napoli	Marianna Conte	Flussi turbolenti e sorgenti di particelle ultrafini in ambiente urbano-vegetato
12:45	Vera Bernardoni	Coefficiente di assorbimento degli aerosol a Milano: evoluzione del ruolo della combustione di combustibili liquidi e solidi (2019-2025)	Francesca Marcovecchio	Valutazione della qualità dell'aria all'interno di una fonderia e del suo impatto sull'area circostante
13:00	Poster session Light lunch			
13:50	Foto di Gruppo			
		Metodi statistici e modelli di Intelligenza Artificiale applicati alla qualità dell'aria & Modellistica ed osservazioni del trasporto di aerosol: dust incendi eventi vulcanici <i>Moderatore: Francesco di Natale</i>	Tossicità ed effetti sulla salute <i>Moderatore: Silvia Canepari</i>	
14:00	Andrea Bisignano	Integrazione di tecniche di Machine Learning in un sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria	Caterina Tiraboschi	Variabilità intra-giornaliera delle caratteristiche chimico-fisiche del PM ₁₀ e del suo potenziale ossidativo a Santiago del Cile
14:15	Angelo Riccio	Strumenti avanzati per la qualità dell'aria: simulazione, intelligenza artificiale e osservazione satellitare a supporto delle strategie di tutela ambientale e salute	Cinzia Perrino	Caratterizzazione chimica del PM ed impiego dell'organismo-modello D. melanogaster per lo studio degli effetti sulla salute dei lavoratori impiegati nella produzione di ceramiche artistiche
14:30	Karam Mansour	Mappatura spaziotemporale ad alta risoluzione dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2023) tramite Machine Learning	Daniele Contini	Source apportionment del PM _{2.5} e del suo potenziale ossidativo in due siti di misura nel sud Italia
14:45	Marco De Sanctis	Tre approcci statistici per l'analisi funzionale di PM ₁₀ nel Nord Italia	Lorenzo Massimi	Potenzialità di Drosophila melanogaster per la valutazione degli effetti del PM sulla salute umana
15:00	Marica De Lucia	Machine Learning per la predizione del particolato atmosferico a scala intra-urbana: approcci sito-specifici	Fiorentina Roviezzo	Valutazione integrata dell'impatto dell'inquinamento atmosferico indoor e outdoor sulla salute respiratoria

		e generalizzabili nelle città di Bari e Taranto		pediatrica: evidenze epidemiologiche e cellulari in tre siti della Campania
15:15	Meeting WG2, WG4, WG5			
15:45	Poster session Coffee break			
	Effetti degli aerosol su meteorologia e clima <i>Moderatore: Henri Diemoz</i>		Bioaerosol <i>Moderatore: Claudia Carotenuto</i>	
16:45	Andrea Doldi	Monitoraggio di particolato atmosferico per la preservazione del patrimonio culturale: il caso del complesso museale "Grande Brera" di Milano	Roberto Albertini	Tecnologie avanzate di intelligenza artificiale per il rilevamento in tempo reale di spore fungine e pollini allergenici nel monitoraggio della qualità dell'aria e nella sorveglianza della salute pubblica
17:00	Luca Ferrero	Midlatitudes Absorbing Aerosol pushes the Arctic Amplification	Salvatore Romano	Composizione biologica e proprietà fisiche degli aerosol atmosferici: risultati dalle campagne di monitoraggio del progetto BIO-MASTER
17:15	Stefano Decesari	Interazioni aerosol-nebbia in Val Padana in un'indagine retrospettiva		
17:30	Assemblea dei soci			
18:30	Conclusione dei lavori			

Giovedì 28 Maggio 2026

8:00	Registrazione partecipanti			
9:00	Discussione Plenaria: Ulrike Dusek From Source to Climate: Tracing the Origin and Evolution of Atmospheric Aerosols Using Advanced Isotopic Techniques and Their Implications for Air Quality and Climate Change Moderatore: Angelo Riccio			
	<i>Sala plenaria - Chiesa</i>		<i>Sala Lama Caputo</i>	
	Strumentazioni Sensori e Metodi di Misura Moderatore: Dario Massabò		Qualità dell'aria nelle aree portuali e costiere Moderatore: Maria Chiara Bove	
10:00	Raffaella Griffo	Da problema a risorsa: recupero e valorizzazione di particolato carbonioso per la produzione di sensori	Andrea Pastore	Monitoraggio ad elevata risoluzione spaziale dell'inquinamento da particolato atmosferico nella città portuale di Civitavecchia
10:15	Giuseppe Deluca	Caratterizzazione elementare del PM10: confronto tra misure ED-XRF online e offline	Domenico Toscano	Approccio integrato per la valutazione di scenari di mobilità e qualità dell'aria in contesti portuali: applicazione al porto di Napoli
10:30	Mara Galletti	Monitoraggio dei metalli nel particolato atmosferico: confronto tra le tecniche analitiche EDXRF in continuo e ICP-MS	Miriam Sileno	Evoluzione stagionale della composizione chimica del PM nella città di Ancona
10:45	Daniela Cesari	Misure ad alta risoluzione temporale di black carbon in un sito di fondo urbano del sud Italia	Silvia Becagli	Nuove evidenze sull'impatto delle emissioni navali nel Mediterraneo centrale conseguenti alla riduzione delle concentrazioni di Zolfo negli oli combustibili pesanti
11:00	Poster session Coffee break			
	Qualità dell'aria nelle aree urbane industriali e rurali Moderatore: Lorenzo Massimi		Inquinanti Emergenti Moderatore: Andrea Gambaro	
11:30	Maximilian Dollner	Measuring Urban Aerosol Volatility Fractions with a Catalytic Stripper at an ACTRIS Aerosol Observatory: Characterization and Implementation	Arianna Peron	Progetto Interreg Italia Austria Breathing: analisi delle emissioni di particolato ultrafine nel sito di Treviso
11:45	Gianluca Di Iulio	Potenziale ossidativo dell'aerosol atmosferico a concentrazioni di PM2.5 inferiori agli standard normativi: evidenze da un esperimento urbano a Roma	Adriana Pietrodangelo	Il Progetto INAIL BRiC CELLOPHAN - Caratterizzazione delle Emissioni in Luoghi di Lavoro di microPlasticHe Aerodisperse e Nanoplastiche
12:00	Guido Pirovano	SIMBAD: una famiglia di modelli a supporto della pianificazione di politiche di qualità dell'aria multiscala	Alice Angeli	Contributo atmosferico all'inquinamento da PFAS in Umbria
12:15	Paola Romagnoli	Nature-Based Solutions e qualità dell'aria urbana: risultati dal progetto DivAirCity	Giorgia Trevisanato	A new analytical method for quantifying cVMS in indoor and outdoor air
12:30	Silvia Illuminati	Bioaerosol e metallo resistenza: un'analisi ambientale e microbiologica del particolato urbano della città di Ancona	Giovanni Falco	Micro- e nanoplastiche nel sistema vascolare umano e loro associazione con l'esposizione ambientale al PM2.5
12:45	Myriam Agro'	New particle formation a Milano: caratteristiche e condizioni favorevoli	Monica Passananti	Studio della degradazione di micro e nanoplastiche all'interfaccia acqua-aria
13:00	Poster session Light lunch			

	Qualità dell'aria nelle aree urbane industriali e rurali <i>Moderatore: Eleonora Cuccia</i>		Caratterizzazione Chimico-Fisica e Proprietà Ottiche degli Aerosol <i>Moderatore: Luca Ferrero</i>	
14:00	Aleandro Diana	Valutazione di filtri di campionamento e miscele di digestione per la quantificazione multi-elementare del PM derivante dall'usura dei freni 10	Antonio Pennetta	Composizione e solubilità del PM2.5: caratterizzazione chimica e traccianti nel progetto TOX-IN-AIR
14:15	Arianna Trentini	Le sorgenti di particelle nell'area urbana di Bologna con tecniche di source apportionment	Eleonora Marchetti	Monitoraggio Online ad Alta Risoluzione Temporale in un Contesto Urbano e Industriale
14:30	Silvia Moroni	Pedonalizzazioni nei pressi di istituti scolastici e qualità dell'aria: misure di particolato statiche e dinamiche nelle 'Strade scolastiche' Corridoni-Savaré-Respighi a Milano	Paola Semeraro	Studio metodologico per la caratterizzazione chimico-fisica di campioni di PM2.5 mediante spettroscopia ATR-FTIR
14:45	Silvia Nava	Progetto AIRCAMPUS: studio della composizione e delle sorgenti del PM10 nell'area della piana Firenze-Prato	Asta Gregorič	Characterisation of aerosol types using the Aethalometer AE36s and 2D AAE approach
15:00	Meeting WG1		Meeting WG3	
15:30	Poster session Coffee break			
	Aree naturali remote e polari <i>Moderatore: Elena Barbaro</i>		Metodi statistici e modelli di Intelligenza Artificiale applicati alla qualità dell'aria & Modellistica ed osservazioni del trasporto di aerosol: dust incendi eventi vulcanici <i>Moderatore: Daniele Contini</i>	
16:00	Elisa Cerri	Studio del particolato atmosferico che raggiunge il plateau Antartico mediante analisi isotopica	Greta Palombella	L'impronta chimica del PM10: pattern città-specifici e stagionali rivelati dal non-targeted screening
16:15	Lorenzo Massi	Chemical characterization of size-segregated atmospheric aerosols in Antarctica	Senem Ozgen	Modello di sensore virtuale per Black Carbon atmosferico
16:30	Marco Paglione	Sorgenti e distribuzione dell'aerosol organico nell'Oceano Antartico: evidenze da osservazioni ¹ H-NMR multi-sito e multi-stagione	Francesca Barnaba	Stime e verifiche dell'impatto delle polveri desertiche sui valori di particolato in Italia attraverso l'integrazione di dati modellistici CAMS con misure della rete nazionale di monitoraggio della qualità dell'aria: risultati preliminari dal progetto CAMS-NCP e rilevanza nella nuova Direttiva Europea 2881/2024
16:45	Rita Traversi	Chimica atmosferica a Dome C (Antartide Orientale): 18 anni di storia e realizzazione di un Nuovo Osservatorio	Henri Diemmoz	Un episodio record di avvezione di fumo sulle Alpi: attribuzione, caratteristiche fisico-chimiche e potenziale ossidativo
17:00	Stefano Crocchianti	Confronto tra gli scambi Stratosfera-Troposfera in Antartide determinati utilizzando i due principali database meteorologici globali ad alta risoluzione	Matteo Picchiani	Physics-informed Neural Networks for Volcanic Emission Monitoring by means of Satellite Multispectral Radiometers
17:15	Conclusione dei lavori e visita guidata			

20:15	Cena Sociale presso "La Bersagliera"
-------	--------------------------------------

Venerdì 29 Maggio 2026

8:00	Registrazione partecipanti			
9:00	Discussione Plenaria: Grisa Mocnik Optical Properties of Atmospheric Particulate Matter and Characterization Methodologies Moderatore: Luca Ferrero			
	<i>Sala plenaria - Chiesa</i>		<i>Sala Lama Caputo</i>	
	Caratterizzazione Chimico-Fisica e Proprietà Ottiche degli Aerosol Moderatore: Angelo Riccio		Strumentazioni Sensori e Metodi di Misura Moderatore: Antonio Pennetta	
10:00	Dario Massabò	Caratterizzazione ottica di aerosol desertici mediante misure di assorbimento ad alta risoluzione	Cosimo Fratticcioli	Verso una procedura di calibrazione per Xact 625i: confronto con tecniche analitiche di riferimento e tra strumenti diversi
10:15	Luca D'Angelo	The effect of ammonia exposure on light absorption and molecular composition of organic aerosol	Virginia Vernocchi	Overview di applicazioni della facility ChAMBRé
10:30	Irene Gini	Un approccio modellistico per la prevenzione del rischio di flashover sugli isolatori della rete elettrica	Davide Gallione	Reti di sensori low-cost per la qualità dell'aria: monitoraggio di PM e NO ₂ nell'area urbana di Torino
10:45	Poster session Coffee break			
	Qualità dell'aria indoor Moderatore: Cinzia Perrino		Aree naturali remote e polari Moderatore: Matteo Feltracco	
11:15	Elisa Magli	Caratterizzazione del particolato atmosferico (PM _{2.5}) in scuole della regione Campania e valutazione di impatto sulla salute	Elena Barbaro	Studio delle sorgenti di aerosol atmosferico in Artico: confronto integrato tra due stazioni a diversa altitudine presso Ny-Ålesund
11:30	Fabio Candiano	Caratterizzazione chimica del PM ₁₀ in ambienti indoor e outdoor di un cantiere nautico con reparto veleria	Diego Fellin	Variazioni nella composizione dell'aerosol nell'Oceano Artico durante l'inizio della fusione del ghiaccio marino (ARTofMELT 2023)
11:45	Geremia Avellini	Qualità dell'aria indoor e destinazione d'uso degli ambienti: un anno di monitoraggio con sensori low-cost in un quartiere di Bologna	Azzurra Spagnesi	Contaminanti emergenti durante eventi di Rain-On-Snow artici: risultati dalla campagna 2023-24 a Ny-Ålesund
12:00	Matteo Rinaldi	Proprietà chimico-fisiche e processi di formazione del particolato sub-micrometrico in ambienti indoor: evidenze da spettrometria di massa online in tre casi studio italiani	Giulia Calzolai	Caratterizzazione ad alta risoluzione spaziale dei parametri chimici e fisici climaticamente rilevanti dell'aerosol Artico fino a 90°N
12:15	Sara Astolfi	TGA-FTIR e μ -FTIR per lo studio di microplastiche nel particolato atmosferico	Marcus Acton-Bond	Determinazione del Parametro di Scattering Multiplo per due Aethalometri nell'Artico
12:30	Tommaso Rossi	Caratteristiche dimensionali ed elementali del PM ₁₀ aerodisperso in ambienti di lavoro dove si impiegano plastiche: risultati dal progetto CELLOPHAN	Niccolò Losi	Variabilità chimica dell'aerosol dall'Europa all'Artico durante la campagna AREX2024 – GAIA
12:45	Premio IAS per la migliore Tesi di Dottorato Premiazione per il miglior poster			
13:15	Cerimonia di chiusura			

POSTER SESSION

I poster saranno esposti per l'intera durata del convegno e consultabili negli orari indicati nel programma. Al fine di agevolare la discussione e l'interazione con i partecipanti, si richiede ai relatori di garantire la propria presenza presso il poster nella giornata assegnata. I poster con numero dispari saranno presentati mercoledì 27 maggio, mentre i poster con numero pari saranno presentati giovedì 28 maggio.

Mercoledì 27 Maggio 2026

#	Aree naturali remote e polari	
1	Francisco Ardini	Distribuzione elementare e isotopica nelle precipitazioni secche e umide durante eventi di pioggia su neve alle Svalbard
3	Matteo Rinaldi	Caratterizzazione delle particelle nucleanti ghiaccio (INP) a Ny-Ålesund mediante Dynamic Filter Processing Chamber (DPFC)
5	Stefano Bertinetti	APECS ITALIA: Plasmare il futuro della ricerca polare
	Caratterizzazione Chimico-Fisica e Proprietà Ottiche Aerosol	
7	Alfred Micallef	Optical properties of atmospheric aerosols over Gozo: Comparative analysis of ground-based measurements and satellite data
9	Ettore Petralia	Emissioni e composti secondari del riscaldamento residenziale a biomassa: caratterizzazione fisico-chimica e risposta tossicologica nell'esperimento MIND-BB dentro la camera di simulazione atmosferica EUPHORE
11	Stefano Rimoldi	Fenomenologia delle proprietà ottiche di assorbimento e scattering a Milano
	Effetti degli aerosol su meteorologia e clima	
13	Marco Paglione	Chimica delle nubi nel Mediterraneo: risultati della campagna CHOPIN al Monte Helmos e confronto con il Monte Cimone
	Emissioni: Caratterizzazione modellazione e strategie di controllo	
15	Francesco Di Natale	Nuovi combustibili e nuove tecnologie per il greening del trasporto navale: tra decarbonizzazione e riduzione delle emissioni
	Inquinanti Emergenti	
17	Fabiana Scotto	L'analisi delle microplastiche sul particolato atmosferico: sperimentazione di una procedura in Arpa Emilia-Romagna
19	Marina Rosato	Determinazione dei livelli di PFASs nella frazione PM10 in aria ambiente nell'ambito del Progetto inSINergia in Toscana
	Metodi statistici e modelli di Intelligenza Artificiale applicati alla qualità dell'aria	
21	Raffaele Morelli	Valutazione comparativa della performance di modelli data driven per la stima dell'esposizione a inquinanti atmosferici in Italia
	Modellistica ed osservazioni del trasporto di aerosol: dust incendi eventi vulcanici	
23	Fancesca Calastrini	Il trasporto long-range di aerosol da incendi canadesi: analisi dell'episodio di giugno 2025
#	Qualità dell'aria indoor	
25	Piera Ielpo	Qualità dell'aria indoor nelle scuole elementari ed effetti sulla salute: risultati preliminari del progetto MISSION
	Qualità dell'aria nelle aree portuali e costiere	
27	Roberto Cresta	Impatti sulla qualità dell'aria delle navi da crociera nell'area urbana della Spezia
	Qualità dell'aria nelle aree urbane industriali e rurali	
29	Alessandro Bigi	Formazione di nuove particelle in condizioni di fondo urbano a Bologna
31	Alfonso Valerio Ragazzo	Correlazione tra composizione elementare del PM10 e del suolo: implicazioni sulla qualità dell'aria
33	Beatrice Biffi	Distribuzione dimensionale dell'aerosol atmosferico in un sito rurale e un sito urbano della Pianura Padana
35	Elvira Esposito	Profili temporali degli IPA nel PM _{2.5} da aree urbane: il caso studio di Pomigliano d'Arco (Napoli)
37	Fiammetta Dini	Black Carbon in Toscana: risultati dei primi tre anni di monitoraggio
39	Maria Luisa Feo	Mitigazione dell'inquinamento atmosferico legato al traffico mediante arbusti sempreverdi in microambienti urbani: un caso studio a Bergamo Italia
41	Marco Rapuano	Caratterizzazione chimica e Potenziale Ossidativo del particolato fine in siti rurali urbani e industriali in Sicilia nell'ambito del progetto NOSE 2

43	Maria Rosaria Calvello	La campagna multiparametrica APINA (Aerosol Properties by Integrated measurements in Naples Area): focus sulle emissioni durante il periodo di Capodanno
45	Marta Radaelli	Verso una città più pulita: sorgenti di inquinamento atmosferico a San Donà (Venezia)
47	Paola Fermo	Investigation of PFAS Contamination in Airborne Particulate Matter in Milan
49	Roberta Zangrando	Sostanze poli- e perfluoroalchiliche nel particolato atmosferico di Porto Marghera.
Source Apportionment mediante modelli source- e receptor-oriented		
51	Chiara Collaveri	Speciazione e caratterizzazione chimica del PM2.5 – strumenti di valutazione a confronto: inventario delle emissioni modellistica e tecniche analitiche
53	Milena Sacco	Caratterizzazione del BLACK CARBON e partizione delle sorgenti in siti urbani e rurali del PIEMONTE durante la STAGIONE AUTUNNALE-INVERNALE
Strumentazioni Sensori e Metodi di Misura		
55	Alessia Pepe	Nanofiltri molecolari a base di idrogel di acido folico: una scelta green per la rimozione di inquinanti da acque e particolato atmosferico
57	Francesca Barnaba	ALICENET: la rete nazionale inter-istituzionale di telerilevamento attivo del particolato a supporto di valutazioni di qualità dell'aria e degli impatti da sorgenti naturali
59	Laura Cadeo	Interconfronto tra spettrometri XRF online e offline per la determinazione della composizione elementare del PM in un sito urbano a Milano 10
61	Riccardo Rolle	Sperimentazione in campo di misura di fumi di combustione da impianti di riscaldamento alimentati a biomassa con approfondimento sulla misura delle polveri
63	Claudia Rossetti	Investigating PM2.5 valley-to-crest transport using a low-cost sensor network in Alpine site
Bioaerosol		
65	Mattia Fragola	Analisi delle comunità batteriche e fungine aerodisperse in ambienti urbani rurali e costieri mediante metabarcoding 16S e ITS

Giovedì 28 Maggio 2026

#	Aree naturali remote e polari	
2	Marco Massetti	Influenza dei protocolli di digestione acida sulla composizione elementare delle frazioni granulometriche di suoli aeolici risospesi da aree sorgente di dust minerale
4	Stefano Bertinetti	Identificazione delle sorgenti del PM ₁₀ artico: uno studio su scala annuale a Ny-Ålesund
Bioaerosol		
6	Roberto Albertini	La diffusione del polline di Ambrosia: risultati di 33 anni di monitoraggio a Parma
Caratterizzazione Chimico-Fisica e Proprietà Ottiche Aerosol		
8	Carmina Sirignano	Mass absorption cross-section e influenza sulla stima della concentrazione in massa di black carbon in un sito urbano dell'area Mediterranea.
10	Myriam Agro'	Particolato ultrafine e new particle formation sul territorio italiano: un dataset della collaborazione IAS
Effetti degli aerosol su meteorologia e clima		
12	Franziska Vogel	Caratterizzazione della formazione di ghiaccio nelle nubi in fase mista da aerosol urbano
Emissioni: Caratterizzazione modellazione e strategie di controllo		
14	Celeste Napolitano	Impianto di trattamento e smaltimento dei rifiuti: valutazione dell'impatto delle emissioni e della qualità dell'aria
Inquinanti Emergenti		
16	Claudia Roberta Calidonna	Una metodologia per identificare le microplastiche nei filtri di PM 10 campionati presso la stazione WMO/GAW Lamezia Terme: primi risultati
18	Giovanna Mazzi	Degradazione del 2-Idrossibenzotiazolo: il ruolo del Black Carbon
Metodi statistici e modelli di Intelligenza Artificiale applicati alla qualità dell'aria		

20	Henri Diémoz	Approccio integrato di source apportionment fisico e machine learning (XGBoost/SHAP) su serie oraria multiannuale di PM : dalla comprensione 10 dei fattori ambientali di influenza al supporto per politiche di risanamento
22	Teresa Lo Feudo	Caratterizzazione a lungo termine (2016–2023) dell'eBC mediante il metodo di prossimità O /NO presso la stazione WMO/GAW di Lamezia Terme
#	Qualità dell'aria indoor	
24	Antonino Fiorentino	Atmospheric particulate matter removal by biochar derived from multiplewaste feedstocks pyrolyzed at different temperatures: feedstock-dependent performance and multivariate analysis
	Qualità dell'aria nelle aree portuali e costiere	
26	Raffaele Morelli	Downscaling ad alta risoluzione spaziale delle concentrazioni di inquinanti atmosferici per la valutazione del contributo portuale nelle città di Genova Ancona Civitavecchia Bari e Brindisi
28	Samuele Marinello	Stima del contributo al particolato atmosferico derivante dalla movimentazione di rinfuse solide nel porto di Ravenna
	Qualità dell'aria nelle aree urbane industriali e rurali	
30	Alessandro Crivelli	Composizione elementare potenziale ossidativo EC/OC e brown carbon determinato con sistema termooptico del PM10 in siti caratteristici della città metropolitana di Torino: valutazione integrata dell'esposizione della popolazione a diverse sorgenti di PM
32	Angelica Mognato	Progetto Interreg Italia-Austria BREATHING: analisi di PM10 e size-segregated aerosol a Treviso e Belluno
34	Deborah Valbonetti	Analisi di serie storiche decennali di Diossine Furani e Policlorobifenili sul particolato atmosferico PM10 e PM2.5 delle stazioni industriali della qualità dell'aria di Ravenna
36	Fancesca Calastrini	Episodi di inquinamento invernale in aree vallive antropizzate: il caso della piana Firenze-Prato
38	Francesca Vichi	Valutazione della distribuzione dimensionale del particolato atmosferico presso un sito di monitoraggio semi-rurale nell'area romana: analisi di eventi dovuti a trasporto
40	Luca Tofful	Il contributo al network EMEP dei nuovi siti di monitoraggio di Montelibretti e Lampedusa
42	Marco Ravina	Analisi e previsione della concentrazione di particolato e black carbon tramite il confronto di modelli machine learning
44	Mariarosaria Calvello	Analisi di lungo termine di O3 e NOx nel Parco Nazionale del Pollino
46	Matteo Picchiani	The ASI-NASA Multi-Angle Imager for Aerosols Mission to monitor airborne particulate matter from space and study its health impacts
48	Vincenzo Capozzi	Monitoraggio delle polveri sottili in Campania tramite sensori a basso costo e analisi delle relazioni con le condizioni meteorologiche
	Source Apportionment mediante modelli source- e receptor-oriented	
50	Caterina Mapelli) Source Apportionment ad alta risoluzione temporale presso due osservatori della rete ACTRIS del sud Italia utilizzando misure fisiche dell'aerosol
52	Maria Chiara Bove	Source apportionment nel territorio italiano: analisi e variabilità spaziale del dataset IAS di speciazione chimica del PM2.5 urbano
	Strumentazioni Sensori e Metodi di Misura	
54	Florin Unga	First CIMEL CE-376 LIDAR Observations for continuous aerosol profiling and air-quality applications at the ECO-CNR Lecce ACTRIS Site
56	Gianluca Sartini	Sviluppo di un banco di calibrazione per sensori di particolato atmosferico mediante disegno sperimentale
58	Marco Brunoldi	Sistema di acquisizione e controllo della camera di simulazione atmosferica ChAMBRe per lo studio del particolato atmosferico.
60	Samir Doghmi	Performance Evaluation of Low-Cost PM Sensors for the RESPIRO Project
62	Adrian Gutierrez	Traceable calibration of ultrafine particle counters
	Effetti dell'aerosol atmosferico sui beni culturali e metodi diagnostici	
64	Alessandro De Rosa	Affreschi, particolato atmosferico e biodeterioramento: un approccio integrato chimico-fisico e biomolecolare per la Deposizione di Cristo a Santa Maria La Nova (Napoli, Italia)

ORALI

Caratterizzazione
Chimico-Fisica e
Proprietà Ottiche degli
Aerosol

Speciazione chimica e proprietà ottiche delle deposizioni nevose nel Centro Italia

Elena Casagrande^{1,2*}, F. Bruschi², M. Massetti^{1,2}, E. Marchetti², C. Petroselli², R. Selvaggi², S. Crocchianti², P. Tuccella³, E. Raparelli³, M. Pecci⁴, D. Cappelletti^{2,5}

¹ Università Ca' Foscari di Venezia; ² Università degli Studi di Perugia;

³ Università degli Studi dell'Aquila; ⁴ Presidenza del Consiglio dei Ministri; ⁵ CNR-ISP Venezia

* Corresponding author. elena.casagrande@unive.it

Keywords: OC/EC; eBC; polveri minerali; impurità assorbenti (LAPs); Appennino centrale

Introduzione: Nelle aree d'alta quota la neve agisce come archivio naturale della deposizione atmosferica di particolato carbonioso e minerale, integrando nel tempo contributi da trasporto regionale e a lunga distanza. Questo studio si concentra su siti dell'Appennino del Centro Italia, per i quali presentiamo una prima serie organica e sistematica di dati sulla composizione chimica delle deposizioni di aerosol. Un approccio multi-tecnica, applicato alla neve come matrice deposizionale, consente di caratterizzare in modo complementare le frazioni solubile e insolubile, ricostruendo firme di sorgente e dinamiche di trasporto e valutando il ruolo di deposito umido/secco e dei processi post-deposizionali nel rimodulare i carichi e il potenziale impatto radiativo sul manto nevoso.

Metodi: Tra il 2020 e il 2025 sono stati analizzati campioni di neve in quattro siti con diversa quota ed esposizione: Pietrattina (1460 m), Campofelice (1530 m), Monte Biccio (1800 m) e il circo glaciale del Calderone (2700 m, Gran Sasso). PT, CF e BB sono stati campionati dopo eventi nevosi intensi (inverno-primavera), mentre GS a fine accumulo (giugno) e fine ablazione (settembre). La neve fusa è stata aliquotata per analisi su frazione totale e solubile; il resto è stato filtrato su filtri in quarzo per la frazione insolubile. OC/EC sono stati determinati con analizzatore termo-ottico Sunset Laboratory (protocollo EUSAAR2). Il black carbon equivalente (eBC) è stato stimato tramite OT21 (ATN a 880 nm) e PSAP (ATN a 467/530/660 nm). La componente elementare sulla frazione totale è stata analizzata con ICP-QQQ-MS, mentre la composizione ionica della frazione solubile con cromatografia ionica.

Risultati: I siti mostrano differenze coerenti con un gradiente di influenza antropica e trasporto: PT tende a presentare carichi carboniosi più elevati, mentre CF si comporta come sito "intermedio", sensibile sia a contributi regionali sia a episodi di trasporto a lunga distanza. Al Calderone (GS) i profili a fine accumulo indicano una chiara stratificazione deposizionale, con arricchimento negli strati superficiali e variabilità interannuale; i processi di fusione/percolazione rielaborano il segnale, con un aumento relativo delle componenti assorbenti e del carbonio verso fine stagione. Le prime evidenze dalla chimica inorganica suggeriscono firme differenziate tra siti, compatibili con contributi crostali (polveri) e secondari/antropici, oltre a un possibile fondo marino in alcune condizioni, in attesa della completa integrazione dei dati elementari.

Conclusioni: Nel periodo 2020–2025, speciazione chimica e proprietà ottiche della neve dell'Appennino centrale risultano determinate dall'interazione tra deposizione stagionale, episodi di trasporto e processi post-deposizionali che possono amplificare o rimodulare i carichi osservati, soprattutto nei siti più alti. I risultati delineano in modo robusto l'impronta deposizionale e la variabilità spazio-temporale; la quantificazione più rigorosa dei flussi richiederà l'integrazione sistematica di parametri nivometrici e il completamento delle analisi ancora in corso.

Bibliografia

- [1] D'Orefice M et al. 2000. DOI: 10.1080/15230430.2000.12003355
- [2] Franke V et al. 2017. DOI: 10.1080/16000889.2017.1353387
- [3] Bruschi F et al. 2022. DOI: 10.1071/EN22017
- [4] Hadley OL et al. 2010. DOI: 10.5194/acp-10-7505-2010

Caratterizzazione delle proprietà ottiche di emissioni da combustibili diesel mediante esperimenti in camera di simulazione atmosferica

Lorenzo Caponi¹, Silvia G. Danelli¹, Marco Brunoldi^{2,3}, Matilde De Camillis¹, Dario Massabò^{2,3}, Federico Mazzei^{2,3}, Paolo Prati^{2,3}, Matteo Santostefano¹, Alessandro Viani⁴, Francesca Tarchino⁵, Virginia Vernocchi², Paolo Brotto^{1*}

¹PM_TEN Srl; ²INFN – Sezione di Genova; ³Dip.di Fisica – UniGE; ⁴BEES Srl, ⁵SIGE Srl,
* Corresponding author. Tel: +39 010 2922016, E-mail: paolo.brotto@pmten.it

Keywords: Aerosol carbonioso, ambienti di lavoro, proprietà ottiche, emissioni diesel

Introduzione: Gli aerosol carboniosi prodotti dalla combustione incompleta di biomassa e combustibili fossili influenzano significativamente clima e salute umana. Tra questi si distinguono le particelle di *soot*, frazione del particolato antropico emessa da traffico, riscaldamento, scarichi industriali e motori diesel, i cui gas di scarico sono classificati come cancerogeni per l'uomo. Gli obiettivi di questo studio sono stati: valutare e confrontare diversi metodi di campionamento ed analisi degli aerosol carboniosi, con particolare riferimento alla valutazione dell'esposizione sul luogo di lavoro, e caratterizzarne la variabilità delle proprietà ottiche in funzione del tipo di combustibile.

Metodi: Gli esperimenti sono stati condotti presso la camera di simulazione atmosferica ChAMBRé (INFN - Genova e UniGE) [1, 2]. Le particelle di *soot* sono state generate utilizzando un *Mini-Inverted Soot Generator* alimentato a propano e mediante un motore diesel alimentato a diesel fossile e *Hydrotreated Vegetable Oil* (HVO). Le emissioni sono state caratterizzate in termini di proprietà ottiche, distribuzione dimensionale e contenuto di carbonio elementare (EC) ed organico (OC).

Risultati [3]: Le distribuzioni dimensionali presentano un andamento mono-modale, con differenze legate al combustibile: la combustione povera in propano produce particelle con elevato EC e di diametro maggiore (200–300 nm), mentre diesel e HVO generano particelle più piccole e più abbondanti in OC. I rapporti EC/OC e il Coefficiente di Assorbimento Massico (MAC) variano significativamente con il tipo di combustibile. Le particelle generate dalla combustione di diesel risultano maggiormente assorbenti rispetto a quelle prodotte da propano e HVO, con valori di MAC misurati tra 870 e 635 nm compresi tra $6,2 \pm 0,5$ e $9,4 \pm 0,4$ m² g⁻¹ per il diesel commerciale, $5,2 \pm 0,5$ e $7,8 \pm 1,1$ m² g⁻¹ per il propano e $5,8 \pm 0,2$ e $8,4 \pm 0,6$ m² g⁻¹ per l'HVO. Infine, l'uniformità delle misure ottenute attraverso diversi metodi di campionamento e analisi conferma l'affidabilità degli strumenti attualmente impiegati per la valutazione dell'esposizione professionale ai gas di scarico dei motori diesel.

Conclusioni: I risultati evidenziano come la sorgente emissiva, la tipologia di combustibile e le condizioni di combustione influenzino fortemente le proprietà delle particelle. Poiché le proprietà ottiche hanno mostrato una significativa variabilità nei diversi processi di combustione, una caratterizzazione accurata delle sorgenti emissive è essenziale per l'applicazione di valori di MAC appropriati. Metodi e risultati saranno discussi alla conferenza.

Questa ricerca è stata realizzata nell'ambito del progetto CALIPSO, finanziato dal Programma PR FESR 2021–2027 della Regione Liguria, e di IR0000032–ITINERIS, RETURN Partnership, con il supporto dell'Unione Europea – Next Generation EU (PNRR).

Bibliografia

- [1] Massabò et al. 2018. DOI: 10.5194/amt-11-5885-2018
- [2] Vernocchi et al. 2022. DOI: 10.5194/amt-15-2159-2022
- [3] Danelli et al. 2025. DOI: 10.5194/acp-25-9387-2025

Caratterizzazione delle sorgenti di Aerosol Organico in due siti urbani (Bologna e Milano) in Pianura Padana: confronto annuale nell'ambito del progetto RI-URBANS

Marco Rapuano^{1*}, Cecilia Magnani¹, Matteo Rinaldi¹, Marco Paglione¹, Nora Zannoni¹, Laura Renzi¹, Martina Mazzini¹, Roberta Vecchi², Cristina Colombi³, Stefano Decesari¹, Myriam Agrò⁴, Federico Bianchi⁴, Angela Marinoni¹.

¹Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bologna, Italia

²Dip. di Fisica, Università degli Studi di Milano, Milan, 20133, Italia ³ARPA Lombardia, Milano, 20124, Italia

⁴Institute for Atmospheric and Earth System Research, University of Helsinki, Helsinki, 00014 Finland

* Corresponding author. Tel: +39 3279813079, email: m.rapuano@isac.cnr.it

Keywords: Aerosol Organico, Source Apportionment, Pianura Padana, ACSM, Biomass Burning

La Pianura Padana rappresenta una delle aree più critiche in Europa per l'inquinamento atmosferico, caratterizzata da elevate concentrazioni di particolato (PM) che superano frequentemente sia i limiti normativi UE che le raccomandazioni dell'OMS (1, 2). Nell'ambito di ACTRIS, il progetto RIURBANS mira ad instaurare sinergie tra le infrastrutture di ricerca avanzate e le agenzie locali per la protezione ambientale, impiegando strumenti innovativi in 13 città europee per migliorare la caratterizzazione e la gestione della qualità dell'aria urbana. Questo studio presenta un confronto annuale (2023) della composizione chimica del PM₁ non refrattario (NR-PM₁), basato su misure simultanee tramite *Aerosol Chemical Speciation Monitors* (ACSM) in due siti urbani italiani, Bologna (periurbano) e Milano (fondo urbano), con un focus sul *Source Apportionment* (SA) dell'Aerosol Organico (OA). L'analisi è stata condotta applicando protocolli avanzati di *Positive Matrix Factorization* (PMF) secondo Chen et al. (2022), ottimizzati per garantire una robusta separazione stagionale delle sorgenti. Al fine di ottenere un confronto spaziale coerente tra i due siti, particolare attenzione è stata posta nell'identificare e separare gli OA primari (POA) da quelli derivati da processi chimico-fisici in atmosfera (OA secondari o SOA), permettendo così un confronto spaziale coerente tra i due siti.

I risultati indicano concentrazioni di NR-PM₁ comparabili tra Bologna ($8.12 \pm 9.42 \mu\text{g m}^{-3}$) e Milano ($7.39 \pm 7.98 \mu\text{g m}^{-3}$), con l'OA dominante sulla frazione di massa durante l'anno (40-75%). Il protocollo di SA (*Rolling PMF*) impiegato per lo studio ha permesso di identificare con precisione fattori/sorgenti simili in entrambi i siti. La frazione di POA, che rappresenta fino al 25% della frazione organica totale in inverno, risulta composta principalmente da emissioni da traffico (*Hydrocarbon-like OA*, HOA) e da combustione di biomassa (*Biomass-Burning OA*, BBOA), quest'ultimo fattore in particolare caratterizzato da una marcata stagionalità. Di conseguenza, la frazione di SOA, costituita da *Oxydized OA* (OOA) costituisce la maggior parte (>75%) della frazione organica, con l'OA più invecchiato (*aged OA*) che contribuisce generalmente per il 46-50%, sottolineando il peso preponderante dei processi di ossidazione e invecchiamento atmosferici anche in ambienti urbani della Pianura Padana. L'analisi del SOA evidenzia come meccanismi di formazione abbiano dinamiche stagionali distinte. L'aumento delle concentrazioni di SOA invernali è risultato legato principalmente a condizioni di ristagno e accumulo, mentre l'ossidazione estiva è fortemente guidata dalla fotochimica. Infine, l'analisi dei profili chimici ha mostrato una forte relazione inversa tra lo stato di ossidazione (*f₄₄*) del SOA ed i frammenti legati alle emissioni primarie, sottolineando come i processi di ossidazione atmosferica dei POA costituiscano una via potenzialmente rilevante per la formazione di SOA.

Bibliografia

- [1] (WHO, 2021, <https://iris.who.int/handle/10665/345329>)
- [2] (EEA, 2023, doi.org/10.2800/950108)
- [3] (Chen et al., 2022, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107325>)

Clustering gerarchico delle proprietà ottiche del PM a Milano: una nuova metodologia per aerosol typing

Stefano Rimoldi^{1*}, Marcus Acton-Bond^{1,2}, Vera Bernardoni^{1,2}, Gianluigi Valli^{1,2}, Laura Cadeo^{1,2}, Cristina Colombi³, Rosario Cosenza³, Roberta Vecchi^{1,2}

¹Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano; ²INFN-Milano; ³ARPA Lombardia

* Corresponding author. E-mail: stefano.rimoldi2@studenti.unimi.it

Keywords: proprietà ottiche del PM, clustering gerarchico, assorbimento, scattering

Le particelle di aerosol atmosferico, a seconda della sorgente da cui sono emesse e dei processi chimico-fisici cui sono sottoposte, differiscono molto per dimensione, forma e composizione [1]. Questo comporta che l'interazione luce – particella sia molto variabile a seconda del tipo di aerosol coinvolto: pertanto, dallo studio delle proprietà ottiche del particolato atmosferico, come i coefficienti di assorbimento (σ_{abs}) e di scattering (σ_{sca}), è possibile identificarne le origini o le sorgenti [2].

In questo lavoro mostriamo una nuova metodologia di classificazione quasi in tempo reale degli aerosol, basata su un clustering gerarchico degli esponenti di Ångström di assorbimento e di scattering (rispettivamente AAE e SAE), che descrivono la dipendenza spettrale di σ_{abs} e σ_{sca} . La metodologia è stata applicata a un dataset della durata di circa un anno (giugno 2023 – luglio 2024) costituito da coefficienti di assorbimento e di scattering con risoluzione oraria, misurati rispettivamente mediante un Aethalometer AE33 (Magee Scientific) e un nefelometro integrato Aurora 3000 (Ecotech) nella stazione di monitoraggio “Milano Pascal” di ARPA Lombardia [3]. Inoltre, in un secondo momento, la metodologia è stata applicata a una campagna di più breve durata (dal 22 maggio al 21 giugno 2025), condotta nello stesso sito di monitoraggio, ma con risoluzione temporale più spinta (15 minuti). In questa seconda analisi l'attenzione è stata posta sugli eventi di picco, ossia sui dati con coefficienti di assorbimento o di scattering maggiori del rispettivo 95° percentile.

L'analisi del primo dataset ha portato all'identificazione di tre sorgenti locali (ovvero traffico, combustione di biomassa legnosa, polveri risospese) e di una sorgente non locale più sporadica, ovvero l'avvezione di polveri sahariane. L'applicazione al secondo dataset ha invece consentito di individuare un episodio, della durata di una settimana, durante il quale il PM_{2.5} ha raggiunto un picco di 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando i limiti imposti dall'attuale normativa europea (2024/2881/EC). Tale episodio è stato attribuito a un trasporto a lunga distanza di aerosol da incendi boschivi canadesi, come validato tramite lo studio delle retro-traiettorie delle masse d'aria.

In conclusione, effettuare un clustering gerarchico con dati di SAE e AAE si è rivelato un metodo di analisi efficace sia per l'identificazione di sorgenti locali, sia per distinguere e caratterizzare episodi di trasporto a lunga distanza. L'approccio è dunque adatto per classificare l'aerosol quasi in tempo reale, offrendo informazioni rapide e puntuali per scienziati e decisori politici.

Bibliografia

- [1] C. Tomasi, S. Fuzzi, A. Kokhanovsky, Atmospheric Aerosols: Life Cycles and Effects on Air Quality and Climate, 2006, Wiley
- [2] Valentini et al., 2020. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104799>
- [3] Rimoldi et al., 2026. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2026.108776>

Composizione e solubilità del PM_{2.5}: caratterizzazione chimica e traccianti nel progetto TOX-IN-AIR

Antonio Pennetta^{1*}, Ermelinda Bloise¹, Daniela Cesari¹, Adelaide Dinoi¹, Giuseppe Deluca¹, Paola Semeraro¹, Serena Potì^{1,2}, Pasquale Acquafredda³, Annarosa Mangone⁴, Maria Rachele Guascito^{1,5}, Daniele Contini¹

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Lecce, ² Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento, Lecce; ³ Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università degli Studi di Bari, Bari; ⁴ Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Bari, Bari; ⁵ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali (DiSTeBA), Università del Salento, Lecce

* Corresponding author. E-mail: antonio.pennetta@cnr.it

Keywords: PM_{2.5}, caratterizzazione chimica, frazione water-soluble, combustione di biomasse.

Introduzione: la frazione water-soluble del particolato fine rappresenta la componente più reattiva e direttamente coinvolta nei processi atmosferici e biologici [1]. Nell'ambito del progetto TOX-IN-AIR, condotto a Lecce (Puglia, Italia), è stata analizzata in dettaglio la componente solubile del PM_{2.5}, con l'obiettivo di definirne origine e stagionalità.

Metodi: il campionamento è stato effettuato simultaneamente in due siti distinti: urbano (MAGA) e urban background (ECO), durante campagne invernali ed estive. La caratterizzazione chimica ha incluso: elementi solubili e totali tramite rispettivamente ICP-MS ed ED-XRF [2], carbonio organico ed elementare (OC/EC) secondo il protocollo EUSAAR2, anioni, cationi e zuccheri solubili mediante HPIC, e le frazioni WSOC/WSTN misurate con analizzatore TOC [3].

Risultati: le specie misurate rappresentano circa il 71% del PM_{2.5}; tra esse, la materia organica e l'aerosol inorganico secondario risultano predominanti. La frazione solubile mostra un ottimo bilancio ionico, con comportamenti differenti tra le specie: Na, Cl e Br sono quasi completamente solubili, mentre gli elementi di origine crostale e il carbonio organico presentano valori di solubilità più contenuti. Il confronto tra i due siti evidenzia che MAGA è caratterizzato da concentrazioni più elevate di traccianti del traffico (EC, Cu e succinato), mentre a ECO risultano più abbondanti le componenti cristalline e, in particolare nel periodo invernale, gli anidrozuccheri indicativi della combustione di biomassa. Per la prima volta nell'area è stata quantificata la frazione solubile di azoto organico (WSON), pari al 15–16% del solubile totale, con valori comparabili tra i due siti e con una significativa variabilità stagionale. Le frazioni insolubili di Mg e K si sono rivelate traccianti efficaci degli episodi di trasporto di polveri desertiche, dimostrandosi più specifici del Ca insolubile. I metalli di origine crostale presentano minore solubilità rispetto ai metalli di combustione.

Conclusioni: l'analisi della frazione solubile evidenzia una composizione influenzata sia da processi secondari sia da sorgenti primarie. L'elevata solubilità di molte specie, la presenza significativa di WSON e la chiara stagionalità degli anidrozuccheri delineano un quadro chimico che riflette contributi locali e dinamiche regionali, ponendo le basi per l'integrazione con gli indicatori tossicologici del progetto TOX-IN-AIR per approfondire il ruolo della componente solubile negli effetti sulla salute.

Lavoro svolto nell'ambito del progetto TOX-IN-AIR, NextGenerationEU MUR, Bando PRIN 2022 PNRR – Progetto P2022JKP2S, e supportato dal Progetto IR0000032- ITINERIS del “Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione” – Missione 4, Istruzione e Ricerca”.

- [1] Zhan et al. DOI: 10.1016/j.jes.2021.07.011
[2] Unga F et al. 2025. DOI: 10.5194/ar-3-405-2025
[3] Pennetta A et al. 2025. DOI: 10.1016/j.microc.2025.116305

Monitoraggio Online ad Alta Risoluzione Temporale in un Contesto Urbano e Industriale

E. Marchetti^{1*}, A. Galli¹, M. Vecchiocattivi¹, C. Colombi², E. Cuccia², E. Spano³ and D. Cappelletti⁴

¹ Arpa Umbria, Servizio Rete Aria, Perugia, 06121, Italy; ² Arpa Lombardia, Direzione Generale, Milan 20124, Italy, ³ Orion srl, Veggiano, 35030, Italy, ⁴ Università di Perugia, Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Perugia, 06123, Italy

* Corresponding author. E-mail: e.marchetti@arpa.umbria.it

Keywords: online, EC/OC, metalli pesanti, frazione ionica, BC, source apportionment, PMF.

La qualità dell'aria è una delle principali preoccupazioni sanitarie in Europa (1) e il particolato atmosferico rappresenta uno dei principali inquinanti (2). Inoltre, la nuova Direttiva UE 2881/2024 (3) stabilisce limiti più severi per PM10 e PM2.5, particolarmente difficili da rispettare soprattutto nel territorio italiano. La stessa direttiva europea indica la necessità di creare supersiti per la caratterizzazione del PM, al fine di fornire informazioni più accurate e utili ai decisori politici. In questo contesto, caratterizzare la composizione chimica degli aerosol e determinarne le possibili origini rappresenta una sfida decisiva per il rispetto della normativa e la tutela della salute della popolazione. Tali studi di caratterizzazione sono complessi e richiedono molto tempo a causa delle analisi e misurazioni di laboratorio: queste vengono tipicamente effettuate su uno o più campioni giornalieri, valutando le frazioni carboniose, ioniche, i metalli pesanti e altri componenti organici. Recentemente, sono diventati disponibili sistemi di analisi *online* con una frequenza di campionamento e analisi di almeno un'ora, che permettono di caratterizzare gli aerosol direttamente presso il sito di monitoraggio. Alcuni strumenti di questo tipo sono stati installati presso la stazione di misura della qualità dell'aria *Le Grazie* nella città di Terni, una delle città più inquinate del centro Italia oggetto di numerosi studi (4) (5) (6) (7) e dove incidono sia sorgenti urbane che industriali, queste ultime dovute principalmente a un grande complesso siderurgico. Gli strumenti installati comprendono un *Cooper Xact 625i* per la determinazione dei metalli pesanti, un *Sunset Model 4 SC* per la determinazione della frazione carboniosa (EC/OC) e un *Metrohm 2060 Marga* per la determinazione della frazione ionica. È inoltre misurata la concentrazione e distribuzione dimensionale delle particelle tramite un *Palas Fidas 200* e, infine, tramite un *Magee AE33* viene determinata la concentrazione di black carbon equivalente (BCe). Questa dotazione consente di effettuare misure ad alta frequenza temporale, fornendo un quadro dettagliato e aggiornato della qualità dell'aria e delle sue sorgenti. Nella presentazione saranno riportati i risultati delle misure effettuate negli ultimi mesi e se ne mostreranno le potenzialità e i limiti.

Bibliografia

- [1] European Commission, Topics, Air – website https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en
- [2] IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, vol 109, ISBN-13 978-92-832- 0175-5
- [3] Direttiva - UE - 2024/2881 - EN - EUR-Lex
- [4] Ferrero, L., Cappelletti, D., Moroni, B., Sangiorgi, G., Perrone, M.G., Crocchianti, S., Bolzacchini, E. (2012) Wintertime aerosol dynamics and chemical composition across the mixing layer over basin valleys. *Atmos. Environ.* 56, 143–153.
- [5] Moroni, B., Cappelletti, D., Marmottini, F., Scardazza, F., Ferrero, L., Bolzacchini, E. (2012) Integrated single particle-bulk chemical approach for the characterization of local and long range sources of particulate pollutants. *Atmos. Environ.* 50, 267–277.
- [6] Tositti, L., Moroni, B., Dinelli, E., Morozzi, P., Brattich, E., Sebastiani, B., Petroselli, C., Crocchianti, S., Selvaggi, R., Goretti, E., et al. (2020) Deposition processes over complex topographies: Experimental data meets atmospheric modeling. *Sci. Total Environ.* 744, 140974.
- [7] Massimi, L., Simonetti, G., Buiarelli, F., Di Filippo, P., Pomata, D., Riccardi, C., Ristorini, M., Astolfi, M.L., Canepari, S. (2020) Spatial distribution of levoglucosan and alternative biomass burning tracers in atmospheric aerosols, in an urban and industrial hot-spot of Central Italy. *Atmos. Res.* 239, 104904

Studio metodologico per la caratterizzazione chimico-fisica di campioni di PM_{2.5} mediante spettroscopia ATR-FTIR

Paola Semeraro^{1*}, Livia Giotta², Francesco Milano³, Ylenia De Luca², Ermelinda Bloise¹, Antonio Pennetta¹, Adelaide Dinoi¹, Daniela Cesari¹, Giuseppe Deluca¹, Maria Rachele Guascito^{1,2}, Daniele Contini¹

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Lecce, ² Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali (DiSTeBA), Università del Salento, Lecce, ³ Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, ISPA-CNR, Lecce

* Corresponding author. [E-mail: paola.semeraro@cnr.it](mailto:paola.semeraro@cnr.it)

Keywords: PM_{2.5}, spettri ATR-FTIR, analisi statistica

La spettroscopia ATR-FTIR è una tecnica rapida, green e non distruttiva, che non necessita di alcuna fase di preparazione del campione [1]. È possibile acquisire un elevato numero di spettri di particolato direttamente su filtro in tempi relativamente brevi ottenendo informazioni sulla composizione chimica dell'aerosol atmosferico, soprattutto in termini di componenti maggioritarie (bulk). Lo studio della variabilità spaziale e temporale della complessa composizione dell'aerosol è utile per l'identificazione delle principali fonti di inquinamento in siti e periodi differenti. Tuttavia, per un'interpretazione efficace dei dati, risulta necessario disporre di un numero elevato di osservazioni e ricorrere a tecniche di analisi statistica avanzate. Nell'ambito del progetto TOX-IN-AIR sono stati raccolti campioni giornalieri di particolato fine (PM_{2.5}) su filtri in quarzo e in Teflon durante due campagne di misura, una invernale e una estiva, ciascuna della durata di due mesi, e in due distinti siti nell'area di Lecce. È stato dimostrato che i filtri in quarzo sono poco indicati per l'analisi ATR-FTIR, a causa dell'elevata porosità della fibra di quarzo. La maggiore dispersione del campione nel materiale di supporto comporta, infatti, la riduzione di intensità del segnale a favore del contributo spettrale del quarzo. Al contrario, il Teflon garantisce una deposizione più compatta, incrementando l'assorbanza del campione e limitando l'interferenza del supporto. Inoltre, il filtro in Teflon si è dimostrato utile nell'acquisizione di spettri in modalità *print off*. Tale approccio prevede il trasferimento del PM_{2.5} dal filtro sul cristallo ATR con un'operazione di stampa. Sebbene le intensità di segnale risultino attenuate rispetto alla modalità standard (*filter on*), la modalità *print off* permette di eliminare totalmente il contributo del supporto ed è utile per esaminare le regioni spettrali dove è presente il contributo del filtro. Tutti gli spettri di PM_{2.5}, registrati con entrambe le modalità, sono stati sottoposti ad un accurato pre-processing, che ha previsto la correzione della baseline, la normalizzazione delle intensità e la selezione delle regioni spettrali chimicamente rilevanti [2], e successivamente ad analisi statistica multivariata. I risultati conseguiti dimostrano che l'analisi ATR-FTIR, in combinazione con approcci chemometrici, rappresenta uno strumento efficace per identificare le principali sorgenti associate a differenti contributi emissivi e per classificare i campioni in gruppi chimicamente omogenei, evidenziando pattern coerenti con sorgenti primarie e secondarie del PM_{2.5} e con la variabilità spaziale e stagionale.

Ringraziamenti: TOX-IN-AIR, NextGenerationEU MUR, Bando PRIN 2022 PNRR – Progetto P2022JKP2S, e supportato dal Progetto IR0000032- ITINERIS del “Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione” – Missione 4, Istruzione e Ricerca”.

Bibliografia

- [1] Semeraro et al. 2023. DOI:org/10.1016/j.saa.2023.123031
- [2] Medeghini et al. 2016. DOI:org/10.1016/j.microc.2015.11.033

Characterisation of aerosol types using the Aethalometer AE36s and 2D AAE approach

A. Gregorič¹, M. Ivančič¹, I. J. Brecej¹, G. Lavrič¹, B. Alföldy¹, A. Muñoz², M. Ródenas², L. Ferrero³, L. D'Angelo⁴, J. David⁵, A. Vogel⁵, M. Gysel-Beer⁶, B. Brem⁶, M. Pandolfi⁷, J. Rovira⁷, A. Alastuey⁷, N. Mihalopoulos⁸, P. Kalkavouras⁸, T. Petäjä⁹, L. Ahonen⁹, T. Hammer¹⁰, K. Vasilatou¹⁰, M. Rigler¹

¹Aerosol d.o.o., Ljubljana, 1000, Slovenia, ²EUPHORE Labs., CEAM Foundation, Paterna, Valencia, 46980, Spain, ³Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Milan, 20126, Italy, ⁴ARPA Lombardia, Air Quality Operative Unit, Milan, 20124, Italy, ⁵Goethe University Frankfurt, Frankfurt am Main, 60438, Germany, ⁶PSI Center for Energy and Environmental Sciences, 5232 Villigen PSI, Switzerland, ⁷Institute of Environmental Assessment and Water Research, CSIC, Barcelona, Spain, ⁸IERSD, National Observatory of Athens, Athens, 15236, Greece, ⁹Institute for Atmospheric and Earth System Research INAR / Physics, University of Helsinki, Finland, ¹⁰Federal Institute of Metrology METAS, Bern, 3003, Switzerland

* Corresponding author. E-mail: agregoric@aerosolmageesci.com

Keywords: absorption Ångström exponent, Aethalometer AE36s, source apportionment

Aethalometers (AE33, AE36, AE36s, Aerosol Magee Scientific) are widely used instruments for measuring equivalent Black Carbon (eBC) concentration (1) and its source apportionment (SA) (2). The absorption spectral dependence is generally described by a power-law function, characterized by the absorption Ångström exponent (AAE). Studies have shown that absorption spectra exhibit distinctive spectral features across the UV and visible wavelength range, which cannot be fully explained by extrapolation using a single power-law function. These absorption features largely depend on the chemical composition of Brown Carbon (BrC), which is characterized by a broad range of AAE_{BrC} values. BrC photochemical aging and the internal mixing of BC with organic aerosol can further alter absorption characteristics. Mineral dust is another significant light absorber, contributing to variations in the absorption properties of ambient aerosol. Furthermore, interactions between particles and filter material used in Aethalometer can lead to minor variations in AAE with respect to particle size and mixing state. While these effects are often considered measurement artifacts, they can also provide valuable insights for aerosol advanced characterization.

Measurements were carried out across multiple European sites using the 9-λ Aethalometer model AE36s (340–950 nm) over different seasons from 2023 to 2024. Additionally, laboratory experiments with controlled aerosol sources were conducted to aid interpretation. The AAE was analyzed separately for the long (AAE₅₉₀₋₉₅₀; 590 – 630 – 880 - 950 nm) and the short spectral range (AAE₄₀₀₋₅₉₀; 400 – 470 – 520 - 590 nm), enabling differentiation between distinct absorption signatures.

Results revealed a clear separation of different aerosol sources in the 2D AAE space. Traffic-related BC aerosol is characterized by low AAE in both wavelength ranges, with AAE₄₀₀₋₅₉₀ and AAE₅₉₀₋₉₅₀ increasing evenly due to transparent coating and a deviation towards lower absorption at 340 nm compared to the power-law function. AAE₄₀₀₋₅₉₀ increases with BrC contribution, allowing differentiation between urban aerosol influenced by biomass burning and fresh BrC plumes based on absorption at 340 nm. In contrast, Saharan dust events were distinctly separated from other sources by a strong increase in AAE₄₀₀₋₅₉₀ and a consistently low AAE₅₉₀₋₉₅₀. This approach enhances SA in urban environments, enabling more precise pollution source identification. Additionally, it improves the detection of special events like Saharan dust intrusions and, allowing for case-specific calibrations for improved accuracy in atmospheric assessments.

Bibliography

- [1] Drinovec L et al. 2015. DOI: 10.5194/amt-8-1965-2015
- [2] Sandradewi J et al. 2008. DOI: 10.1021/es702253m

Caratterizzazione ottica di aerosol desertici mediante misure di assorbimento ad alta risoluzione

D. Massabò^{1,2*}, T. Isolabella^{1,2}, C. Baldo³, M. Brunoldi², P. Formenti⁴, F. Mazzei^{1,2}, F. Parodi², V. Vernocchi², C. Di Biagio⁴, M. Cazaunau³, E. Panguì³, B. Picquet Varrault³ and P. Prati^{1,2}

¹Department of Physics, University of Genoa, Genoa, 16146, Italy ²Division of Genoa, National Institute of Nuclear Physics (INFN), Genoa, 16146, Italy ³Univ Paris Est Creteil and Université Paris Cité, CNRS, LISA, F-94010 Créteil, France ⁴Université Paris Cité and Univ Paris Est Creteil, CNRS, LISA, F-75013 Paris, France

* Corresponding author. Tel: +39 010 3536408, [E-mail: dario.massabo@unige.it](mailto:dario.massabo@unige.it)

Keywords: mineral dust, optical absorption

Gli aerosol desertici svolgono un ruolo cruciale nel sistema climatico terrestre, modulando il bilancio radiativo attraverso l'assorbimento e la diffusione della radiazione solare. La caratterizzazione accurata delle proprietà ottiche di questi aerosol è essenziale, sia per migliorare l'affidabilità dei modelli climatici sia per le sempre più diffuse applicazioni di telerilevamento.

Presentiamo qui nuove misure di assorbimento ad alta risoluzione di aerosol di polvere desertica ottenute mediante il *Broadband Light Analyzer of Complex Aerosol* (BLAnCA), uno strumento innovativo progettato per fornire dati di assorbimento ottico ad ampio spettro con una risoluzione spettrale senza precedenti pari a 5 nm (Isolabella et al., 2025). BLAnCA impiega un design ottico originale che combina una sorgente luminosa continua con uno spettrometro ad alta sensibilità, consentendo misure di assorbimento spettrale dall'ultravioletto al vicino infrarosso (UV-NIR, 350–1000 nm), attraversando l'intero intervallo del visibile.

I campioni di polvere analizzati sono stati generati in laboratorio a partire da suoli raccolti in diversi deserti del globo, successivamente risospesi e depositati su supporti filtranti. I filtri carichi sono stati quindi analizzati con BLAnCA per la determinazione dell'assorbimento ottico e mediante fluorescenza a raggi X per la determinazione della composizione elementare.

Sono state osservate marcate differenze nelle caratteristiche di assorbimento tra campioni di PM_{2.5} provenienti da differenti aree geografiche (Figura 1). In particolare, la struttura fine degli spettri risulta significativamente diversa: la pendenza e la posizione dei punti di flesso variano tra i campioni, come determinato grazie all'elevata risoluzione di BLAnCA. Tali specificità sono riconducibili alla composizione mineralogica e alla distribuzione dimensionale di questi aerosol.

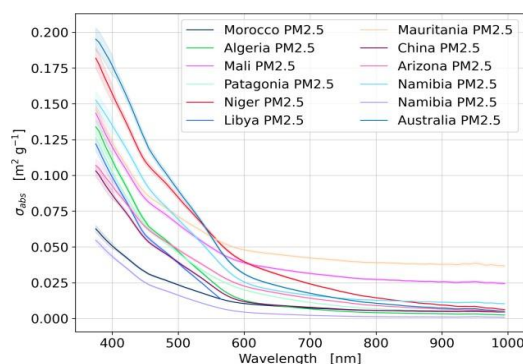


Figura 1. Coefficiente di assorbimento massico di diversi tipi di aerosol minerale (PM_{2.5}) in funzione della lunghezza d'onda.

Questo lavoro è stato supportato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) attraverso gli esperimenti CSN5- ISPIRA e HARDLIFE, dal PNRR MUR – “Multi-Risk science for resilient commUNITies undeR a changiNg climate (RETURN)”, da IR0000032–ITINERIS, Italian Integrated Environmental Research

Infrastructures System (CUP B53C22002150006), finanziato dal Next Generation EU PNRR. Il lavoro è stato inoltre parzialmente supportato dal programma “PHC GALILEE” (progetto n. 50397UA) e dal progetto “Galileo 2024 – G24-170”. La preparazione dei campioni è stata effettuata nell’ambito del Trans-national Access “ILIADÉ” (C2-A52-CESAM), finanziato dal progetto europeo ATMO-ACCESS. I campioni di suolo sono stati acquisiti grazie al progetto RED-DUST, sostenuto dal programma nazionale francese LEFE/INSU e dall’OSU-EFLUVE (Observatoire des Sciences de l’Univers – Enveloppes Fluides de la Ville à l’Exobiologie) attraverso specifici finanziamenti alla ricerca. Gli autori ringraziano il CNRS-INSU per il supporto alla camera CESAM come infrastruttura nazionale inclusa in ACTRIS- France, nonché AERIS per la gestione e la distribuzione dei dati tramite l’EUROCHAMP Data Centre.

Isobella, T., et al. (2025), *Atmospheric Environment* **358**, 121341. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2025.121341>

The effect of ammonia exposure on light absorption and molecular composition of organic aerosol

Luca D'Angelo^{1,*}, Florian Ungeheuer², Jialiang Ma³, Luca Ferrero⁴, Julia David², C. Colombi¹, U. Dal Santo¹, B. Biffi¹, and Alexander L. Vogel²

¹ARPA Lombardia, Milan, Italy; ²Institute for Atmospheric and Environmental Sciences, Goethe University Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany, ³Department of Chemistry, Aarhus University, Aarhus, Denmark,

⁴POLARIS research centres, University of Milano-Bicocca, Milano, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 3467322129, E-mail: l.dangelo@arpalombardia.it

Keywords: organic aerosol, ammonia, brown carbon, mass-spectrometry

As the dominant acid neutralizing agent in the troposphere, ammonia (NH₃) has been widely studied, especially for its role in secondary inorganic aerosol formation. In the last decades, the scientific community has renewed its interest in the reactivity of ammonia with organic aerosols, targeting its contribution in forming light-absorbing compounds [1].

In this work, we studied the reactivity of ambient organic aerosol samples in a controlled ammonia-saturated atmosphere. Several PM_{2.5} samples (collected onto quartz-fiber filters) were punched three times and exposed – in darkness and at room temperature – in a controlled laboratory air, water vapour saturated and ammonia saturated air, respectively, for 72 hours. After extraction, chromatographic separation, and absorbance measurements, the punches were molecularly characterized by high-resolution mass spectrometry in both positive and negative polarization modes and using soft ionization techniques (heated-electrospray and atmospheric pressure chemical ionization).

The extracts of the NH₃-exposed punches clearly show a consistent enhancement of light-absorbance in the near-ultraviolet – visible wavelength range (230-650 nm). Coupling absorbance behaviour and molecular characterization after the chromatographic separation, we observe that this increased absorbance is due to an increased number of highly-polar to medium-polar nitrogen-containing compounds. Comparing the unperturbed aliquots against the NH₃-exposed ones, we notice a decrease in both number and ion intensity of CHO compounds, while the CHNO molecular species increase. Further, by exploiting the ratio of double bond equivalents to the sum of carbon and nitrogen atoms to distinguish compounds potentially attributable to brown carbon (BrC) [2], we observed up to a twofold increase in light-absorbing CHNO species. The variation between the unperturbed and NH₃-exposed aliquots in ion intensity allows to isolate specific compounds that react or are produced in an NH₃ saturated air. Although such a high NH₃ concentration exposure condition is not environmentally compatible, we discern a group of compounds in a one-year non-targeted analysis database of PM_{2.5} samples collected in the Po Valley (Milan and Schivenoglia during 2021) [3] that match with our self-produced NH₃-tracer compounds.

This work confirms that gaseous NH₃ enhances organic aerosols light-absorption due to nitrogen-containing chromophore groups formation. Our results suggest that the reactivity of organic aerosol species with atmospheric ammonia accounts for about 12% of the normalized total ion counts of nitrogen-containing BrC compounds and for about 5% of the overall BrC compounds in two sites of the Po basin.

References

- [1] Laskin et al. 2025 DOI: 10.1039/d3cs00609c
- [2] Lin et al. 2018 DOI: 10.1021/acs.analchem.8b02177
- [3] D'Angelo et al. 2025 [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-5522>, 2025

Un approccio modellistico per la prevenzione del rischio di flashover sugli isolatori della rete elettrica

Irene Gini^{1*}, Guido Pirovano¹, Alessandra Balzarini¹, Mattia Borelli², Luca Ferrero³, Ezio Bolzacchini³

¹ RSE SpA – Ricerca sul Sistema Energetico, Via Rubattino 54, 20134, Milano;

² Dip. Chimica Università degli Studi di Milano, via Golgi 19, 20133, Milano;

³Dip. DISAT Università degli Studi Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126, Milano

* Corresponding author. Tel: +39 329 9545617, E-mail: irenegini.rse-web.it

Keywords: Sistema elettrico, termodinamica degli aerosol, deliquescenza

Introduzione: La deposizione di aerosol atmosferico sulla superficie degli isolatori delle linee elettriche aeree può compromettere il corretto funzionamento della rete. In condizioni di elevata umidità ambientale, i composti solubili contenuti nel deposito possono disciogliersi e formare uno strato conduttivo sulla superficie degli elementi isolanti, favorendo l'insorgere di flashover [1], che possono portare a malfunzionamenti, compresi blackout, e causare significativi danni economici. Le condizioni in cui può verificarsi la transizione di fase solido-liquido (deliquescenza), responsabile dell'aumento della conducibilità superficiale e dell'eventuale flashover, possono essere simulate per via modellistica ed essere quindi parte di un sistema modellistico di prevenzione dei danni che possono essere causati dalla contaminazione superficiale degli isolatori.

Metodi: Per studiare la transizione di fase solido-liquido del deposito, in funzione della composizione chimica, è stato utilizzato il modello termodinamico ISORROPIA [2], ampiamente impiegato nell'ambito della chimica dell'atmosfera. I depositi presenti sugli isolatori mostrano una composizione ricca in specie cristalline (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e povera in ammonio, mentre il particolato atmosferico è costituito prevalentemente da nitrati, solfati e ammonio. Dato che il modello è stato sviluppato principalmente su aerosol atmosferici, la sua applicazione a composizioni chimiche atipiche richiede opportune verifiche e validazioni con dati sperimentali. Pertanto, in questo lavoro, è stato analizzato in dettaglio il funzionamento di ISORROPIA applicato a diversi contesti chimici (es: aerosol atmosferico urbano, aerosol marino, depositi su isolatori elettrici), verificandone le performance rispetto a dataset sperimentali creati ad hoc in condizioni chimico-fisiche controllate (Aerosol Exposure Chamber).

Risultati: ISORROPIA mostra una buona risposta nei casi dominati da solfato, nitrato e ammonio, mentre compaiono criticità quando la composizione si discosta da questo schema. Il confronto tra output modellati e risultati sperimentali [3] ha permesso di individuare alcune delle condizioni in cui ISORROPIA non riproduce correttamente i punti di deliquescenza del sistema chimico modellato. L'analisi del codice ha portato all'implementazione di modifiche che ne migliorano la performance per composizioni chimiche specifiche come quella dei depositi presenti sugli isolatori.

Conclusioni: Le modifiche introdotte nel codice aumentano la capacità del modello di prevedere l'evoluzione termodinamica del deposito, contribuendo allo sviluppo di strumenti predittivi a supporto delle strategie di manutenzione delle infrastrutture elettriche. Comprendere e prevedere con precisione le condizioni in cui avviene la deliquescenza è fondamentale per mitigare i rischi associati alla contaminazione superficiale degli isolatori. L'approccio integrato, basato sul confronto tra simulazioni e osservazioni sperimentali, costituisce una novità nel panorama italiano e fornisce le fondamenta per una gestione più efficace e affidabile del sistema elettrico nazionale.

Bibliografia

- [1] S. Mohammadnabi et al., 2021. DOI: 10.1016/j.epr.2021.107083
- [2] Fountoukis, C., Nenes, A., 2007. DOI: 10.5194/acp-7-4639-2007
- [3] Gini et al., 2023. DOI: 10.3390/app132312788

Emissioni:
Caratterizzazione
modellazione e strategie
di controllo

Wet Electrostatic Scrubbing: una tecnologia elettro-idrodinamica per la rimozione del particolato fine e l'interpretazione dei processi di deposizione ad umido degli aerosol atmosferici

Arianna Parisi^{1*}, Luigi Piero Di Bonito¹, Claudia Carotenuto², Francesco Di Natale¹

¹ *Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Ingegneria Chimica dei Materiali e della Produzione Industriale*; ² *Università della Campania “L. Vanvitelli” – Dipartimento di Ingegneria*

* *Corresponding author. Tel: +39 081 7682246, E-mail: arianna.parisi@unina.it*

Keywords: *Cattura di particolato fine e ultrafine; Scrubbing elettrificato; Scavenging atmosferico*

Introduzione: Il particolato atmosferico fine e ultrafine (PM_{2.5} e UFP) è riconosciuto come uno dei principali fattori di rischio per la salute umana e per la qualità dell'aria. Le particelle submicrometriche, in particolare quelle comprese nel cosiddetto Greenfield gap (100 nm – 1 µm), sono difficilmente intercettabili dai sistemi di abbattimento convenzionali basati su meccanismi puramente idrodinamici. Analogamente, nei processi atmosferici di deposizione ad umido, l'efficienza di scavenging degli aerosol risulta fortemente influenzata da fenomeni microfisici complessi, inclusi effetti elettrostatici. In questo contesto, il Wet Electrostatic Scrubbing (WES) emerge come una tecnologia capace di colmare il divario tra controllo ingegneristico delle emissioni e comprensione dei processi di deposizione atmosferica.

Metodi: Il WES combina il lavaggio ad umido con l'applicazione di campi elettrici, mediante l'impiego di spray di gocce elettricamente cariche e/o la ionizzazione della fase gassosa. Le gocce cariche generano campi elettrici locali che favoriscono l'interazione con gli aerosol sospesi attraverso forze coulombiane e carica-dipolo, incrementando la probabilità di collisione e deposizione delle particelle. Il sistema può operare con diverse configurazioni di carica, consentendo il controllo delle interazioni elettro-idrodinamiche e dei tempi di contatto tra particelle e collettori liquidi [1].

Risultati: Studi sperimentali e modellistici mostrano che il WES può raggiungere elevate efficienze di rimozione per particolato fine e ultrafine, con perdite di carico contenute rispetto alle tecnologie tradizionali. L'effetto dei campi elettrici risulta particolarmente rilevante per particelle submicrometriche, per le quali i meccanismi inerziali e diffusivi sono meno efficaci [1]. Analogamente, il WES consente velocità superiori di assorbimento di gas acidi [2]. Le analogie fisiche tra WES e scavenging atmosferico evidenziano come l'elettificazione delle gocce e dell'aerosol possa amplificare i processi di deposizione ad umido degli aerosol, in modo simile a quanto osservato in nubi e precipitazioni elettricamente attive [3-4].

Conclusioni: Il WES rappresenta una tecnologia promettente per il controllo avanzato del particolato atmosferico, in particolare delle frazioni più fini e tossicologicamente rilevanti. Oltre alle applicazioni impiantistiche, il WES costituisce un utile modello ingegneristico per studiare ed interpretare i meccanismi di deposizione ad umido degli aerosol atmosferici in presenza di campi elettrici. L'integrazione tra ingegneria dei processi e scienza degli aerosol apre nuove opportunità, sia per rispondere alle future normative sulla qualità dell'aria, sia per approfondire la comprensione dei processi atmosferici di rimozione del particolato.

Bibliografia

- [1] Parisi A et al. 2025. DOI: 10.1016/j.elstat.2025.104133
- [2] Carotenuto et al. 2010. DOI: 10.1016/j.cej.2010.08.049
- [3] Di Natale et al. 2019 DOI: 10.1016/j.chemd.2019.04.006
- [4] Wang et al. 2010 DOI: 10.5194/acp-10-5685-2010

Emissione di particelle ultrafini indotta da vernici e film fotocatalitici indoor a base di TiO₂: misure sperimentali e simulazione dell'esposizione in uffici

Elisa Caracci^{1*}, Luigi Fappiano¹, Giorgio Buonanno^{1,2}, Luca Stabile¹

¹ Department of Civil and Mechanical Engineering, University of Cassino and Southern Lazio, Cassino, FR, Italy ² International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

* Corresponding author. Tel: +39 0776/299.3780, E-mail: elisa.caracci@unicas.it

Keywords: Indoor air quality; fotocatalisi; TiO₂; UFPs; VOCs; SOA; ratei di emissione

Introduzione: L'esposizione alle particelle ultrafini (UFPs, < 100 nm) in ambienti indoor riveste un ruolo cruciale, poiché gli individui trascorrono circa il 90% del loro tempo in ambienti confinati. Le UFPs possono derivare da diverse sorgenti domestiche e da materiali edilizi. Recentemente, vernici e film fotocatalitici a base di TiO₂ sono stati proposti per migliorare la qualità dell'aria riducendo VOCs (volatile organic compounds) e microrganismi [1]. Tuttavia, l'ossidazione dei VOCs indotta da fotocatalisi potrebbe favorire la formazione di aerosol organico secondario (SOA) e aumentare le concentrazioni di UFPs negli ambienti indoor [2]. Questo studio ha valutato la formazione di UFPs associate alla presenza di vernici e film a base di TiO₂, in condizioni realistiche di illuminazione e concentrazioni di VOCs indoor.

Metodi: Le prove sono state svolte in una camera ambientale in plexiglass (0.90×1.90×1.84 m) con ricambio d'aria (AER) pari a 0.50±0.03 h⁻¹. La concentrazione in numero e la distribuzione dimensionale delle particelle sono state misurate con CPC (TSI 3775), SMPS (6–220 nm) e FMPS (5.6–560 nm). La vernice fotocatalitica è stata applicata su un pannello di dimensioni 0.5 m², mentre la dimensione del film fotocatalitico era pari a 0.79 m². I test sono stati svolti a 1200 lux, 300 lux e in assenza di luce (0 lux), con lampada UV-Vis. I ratei di emissione (ER, part. min⁻¹ m⁻²) sono stati stimati tramite bilancio di massa.

Inoltre, è stata simulata l'esposizione in un ufficio (95 m³) variando il ricambio d'aria da 0.2 a > 2 h⁻¹ e confrontando le concentrazioni con i valori di riferimento suggeriti dall'OMS.

Risultati: I VOCs sono diminuiti da 250±98 ppb (mediana 188) a 210±45 ppb (mediana 173) dopo l'esposizione luminosa. In parallelo, si è osservato un forte incremento delle UFPs a causa del fenomeno di nucleazione di nuove particelle. A 1200 lux l'ER medio è risultato 7.2×10¹⁰ part. min⁻¹ m⁻² per i film e 2.6×10¹¹ part. min⁻¹ m⁻² per la vernice, con massimi fino a 1.2×10¹¹ e 3.8×10¹¹ part. min⁻¹ m⁻². A 300 lux le emissioni hanno mostrato una netta riduzione (film 1.4×10⁹; vernice 4.7×10⁸ part. min⁻¹ m⁻²), diventando trascurabili in assenza di luce.

La simulazione dell'esposizione in un ufficio ha mostrato concentrazioni di polveri ultrafini elevate in condizioni di scarsa ventilazione (basso AER), con possibile superamento dei valori suggeriti dall'OMS.

Conclusioni: Vernici e film fotocatalitici a base di TiO₂ possono contribuire alla riduzione dei VOCs, ma, in presenza di illuminazione, possono indurre una formazione significativa di UFPs compatibile con processi di formazione SOA. L'emissione è fortemente dipendente dall'intensità luminosa ed è maggiore per la vernice rispetto al film. In ambienti poco ventilati l'esposizione può aumentare sensibilmente. Pertanto, tali materiali dovrebbero essere valutati considerando non solo l'abbattimento dei VOCs ma anche la potenziale generazione di UFPs.

Bibliografia

- [1] S. Chirumbolo, D. Gibellini, L. Berto, C. Cirrito, A. Vella, G. Bjørklund, A. Sbarbati, P. Bernardi, U. Tirelli, TiO₂-Ag-NP adhesive photocatalytic films able to disinfect living indoor spaces with a straightforward approach, *Sci. Rep.* 13 (2023) 4200. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31464-4>.
- [2] A. Nieto-Márquez, M. de Mateo, A. Barrios, M. del M. de la F. García-Soto, A. Narros, Improving indoor air quality by using photocatalytic paints. Real scale study at the Technical University of Madrid, *Atmos. Pollut. Res.* 14 (2023) 101827. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101827>.

Il sistema Wet Electrostatic Scrubbing dal laboratorio agli impianti industriali

Francesco Di Natale^{1*}, Luigi Piero Di Bonito¹, Arianna Parisi¹, Amedeo Lancia¹, Procolo Volpe²,
Marco Bailo³

¹ Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Ingegneria Chimica dei Materiali e della Produzione Industriale; ² Vessel Technical Services s.r.l.; ³ Boldrocchi s.r.l.

* Corresponding author. Tel: +39 081 7682246, [E-mail: francesco.dinatale@unina.it](mailto:francesco.dinatale@unina.it)

Keywords: *Cattura di particolato fine e ultrafine; Scrubbing elettrificato; Impianto pilota*

Introduzione: Il Wet Electrostatic Scrubbing (WES) è una tecnologia elettro-idrodinamica per la rimozione del particolato e dei gas acidi progettata per operare nelle condizioni di processo in cui i filtri a tessuto e i precipitatori elettrostatici convenzionali non possono operare. Il processo si basa sulle interazioni elettrostatiche tra particelle e gocce cariche, che accadono naturalmente durante l'attività temporalesca [1,2]. Il WES combina il lavaggio ad umido con l'applicazione di campi elettrici, mediante l'impiego di spray di gocce elettricamente cariche e/o la ionizzazione della fase gassosa. La fisica del processo può essere studiata sia a livello teorico che in scala di laboratorio, ma l'industrializzazione del processo richiede sia lo sviluppo dei componenti necessari per l'elettrofizzazione delle gocce e la ionizzazione del gas, che un idoneo design dell'impianto e dei sistemi ausiliari.

Metodi: Boldrocchi s.r.l., insieme al partner tecnologico Vessel Technical Service s.r.l., ha sviluppato una prima unità WES per la rimozione del particolato da correnti gassose industriali. L'impianto pilota è in grado di trattare portate fino a 12 000 m³/h, con dosaggi di liquido fino a 2 kg/m³ ed è stato testato con successo su correnti contenenti concentrazioni di particolato fino a 10¹³ #/m³. L'impianto pilota è stato testato durante una campagna sperimentale articolata in due fasi. In una prima fase, si sono condotti test a banco, su correnti di aria inseminate con Aramco Test Dust; successivamente, si sono effettuati test in campo, su gas esausti emessi allo scarico di un termovalorizzatore per rifiuti solidi urbani. Le concentrazioni e la distribuzione dimensionale degli aerosol sono determinate mediante tecniche SMPS (TSI 3910) e LAS (TSI 3340) applicate a valle di una linea di campionamento con termodiluizione. L'analisi si è focalizzata sull'abbattimento del particolato nel range 10–1000 nm, comprendente la frazione ultrafine e la maggior parte del Greenfield gap, la regione più critica per i meccanismi di cattura del particolato.

Risultati: Nelle prove sperimentali condotte con una portata di gas di 5850 m³/h a 95°C e 1 bar e un consumo di acqua di 5.5 m³/h, l'impianto pilota è in grado di trattare con successo il particolato submicronico, con efficienze minime tra l'85 e il 90% per un diametro tra 120 e 150 nm, e valori superiori al 95% per diametri inferiori a 70 nm e superiori a 200 nm. L'efficienza si riduce di circa il 5% raddoppiando la portata di gas, e cresce con la portata di liquido. Le perdite di carico del sistema sono inferiori a 5 mbar e un consumo energetico per l'elettrofizzazione inferiore allo 0.1% del consumo richiesto per il pompaggio del liquido. Le performance del sistema WES sono state correttamente modellate grazie all'integrazione tra modelli CFD e modelli stocastico di cattura di particolato [1-3].

Conclusioni: Il WES rappresenta una tecnologia promettente per rimuovere le frazioni più fini e tossicologicamente rilevanti del particolato. Il processo è stato validato in condizioni rappresentative e la disponibilità di modelli robusti per la sua progettazione rende il sistema pronto per lo sviluppo industriale.

Bibliografia

- [1] Parisi A et al. 2025. DOI: 10.1016/j.elstat.2025.104133
- [2] Carotenuto et al. 2010. DOI: 10.1016/j.cej.2010.08.049
- [3] Parisi A. et al. 2025. DOI: 10.1016/j.ces.2025.121246

Qualità dell'aria nelle
aree urbane industriali e
rurali

Lo studio delle sorgenti di PM₁₀ attraverso la rappresentatività spaziale delle campagne temporanee coniugata con la continuità temporale dei siti fissi nel complesso contesto lombardo.

E. Cuccia^{1*}, C. Colombi¹, U. Dal Santo¹, B. Biffi¹, P. Carli¹, L. Carroccio¹, L. Corrente¹, L. D'Angelo¹, G. De Stefani¹, M. Franciosa¹, L. La Gaccia¹, G. Mognaschi¹, F. Petrosino¹, G. Siliprandi¹, D. Vincenzi¹, G. Lanzani¹.

¹Arpa Lombardia, Via Taramelli 26, 20124, Milano

Keywords: PM10, source apportionment, sorgenti, IPA

La Lombardia costituisce un contesto complesso per lo studio della qualità dell'aria, poiché gran parte del suo territorio ricade nella Pianura Padana, un'area caratterizzata da condizioni orografiche e meteorologiche che favoriscono l'accumulo degli inquinanti atmosferici. A questo si affianca una marcata eterogeneità territoriale, con la coesistenza di aree urbane e industriali, zone rurali, contesti vallivi e aree montane, ciascuna con specifiche dinamiche emissive e di dispersione. È quindi necessario un approccio integrato, in grado di cogliere sia i fenomeni a scala regionale sia le peculiarità locali, al fine di supportare in modo efficace le politiche di qualità dell'aria. Per poter comprendere i meccanismi di formazione e trasporto degli inquinanti in atmosfera e di individuare il contributo delle diverse sorgenti, nel 2012 nasce il progetto "Supersiti", con l'obiettivo di realizzare osservazioni dettagliate di parametri chimici e fisici dell'atmosfera attraverso l'attivazione, in stazioni già operative, di misure utili a rispondere alle nuove normative e a supportare le azioni di risanamento e la valutazione dei loro effetti nel tempo. Nell'ambito di questo progetto, nell'ultimo decennio, è stata misurata la composizione chimica del PM₁₀ nei principali capoluoghi di provincia e in altri siti ritenuti rappresentativi (Figura 1), per un totale di 12 campagne temporanee annuali. Dal 2013 la composizione chimica è stata misurata anche in due stazioni urbane della città di Milano (sito di fondo urbano e sito da traffico) e in un sito di fondo rurale nel mantovano (Schivenoglia). Inoltre, nei siti coinvolti nel progetto "Supersiti", la frazione elementare del PM₁₀ è misurata quotidianamente dal 2008 anche al di fuori delle campagne temporanee, garantendo la continuità delle informazioni.



Figura 1 : progetto "Supersiti", 12 campagne di misura annuali in Lombardia.

Tutti i siti sono stati sottoposti a studi di source apportionment mediante Positive Matrix Factorization (PMF [1]). L'analisi PMF è stata applicata sia ai singoli dataset raccolti sia a dataset armonizzati utilizzando più siti. È stata effettuata un'analisi comparativa dei diversi siti e i profili di sorgente sono stati confrontati al fine di analizzare la variabilità spaziale e l'evoluzione temporale dei contributi delle sorgenti. L'approccio metodologico è finalizzato a coniugare la rappresentatività spaziale delle campagne temporanee con la continuità temporale dei siti fissi, consentendo uno studio integrato delle sorgenti e delle loro variazioni nel tempo e nello spazio, per indagare le peculiarità locali e i contributi maggiormente legati al contesto territoriale. Particolare attenzione è stata inoltre dedicata allo studio del secondario inorganico ed alla sua distribuzione spaziale. La presenza di stazioni di fondo rurale consente inoltre sia la caratterizzazione del fondo regionale, sia lo studio di sorgenti più prevalentemente agricole. È stata inoltre condotta un'analisi mirata sulle analogie e le differenze delle sorgenti attive a scala locale, spesso ricondotte ad un generico mix antropogenico, con l'obiettivo di studiare i contributi dei diversi contesti territoriali, anche attraverso l'analisi degli andamenti

temporali degli elementi traccianti associati. È stata inoltre effettuata un'analisi del comportamento degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) all'interno del modello PMF a partire dai risultati emersi da contesti diversi dove sono molteplici le sorgenti che li emettono.

Bibliografia

- [1] P. Hopke, 2001. A Guide To Positive Matrix Factorization

Integrazione di remote sensing e misurazioni in situ per l'analisi delle concentrazioni di PM per la qualità dell'aria nella città di Torino

Nicole Mastromatteo¹, Margherita Salviato¹, Davide Gallione¹, Alessandro Bracci², Francesca Barnaba²,
Davide Poggi¹ and Marina Clerico¹

¹DIATI Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Infrastrutture, Politecnico di Torino;

²CNR-ISAC Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Roma

*Corresponding author: nicole.mastromatteo@polito.it

Keywords: qualità dell'aria, PM_{2.5}, PM₁₀, remote sensing, misure integrate.

Introduzione: La città di Torino, situata al margine occidentale della Pianura Padana, rappresenta da tempo uno dei principali hotspot di inquinamento atmosferico in Italia a causa della combinazione di fattori geografici, meteorologici e antropogenici. In questo contesto, la comprensione dei meccanismi che regolano l'accumulo e la dispersione del particolato atmosferico (PM) risulta fondamentale per supportare strategie efficaci di mitigazione e gestione della qualità dell'aria.

Il presente contributo propone un approccio integrato e multi-strumentale per l'analisi delle concentrazioni di PM a Torino, basato sulla sinergia tra misure in situ e tecniche di telerilevamento. Metodi: L'efficacia dell'approccio integrato è illustrata attraverso casi studio rappresentativi e diversi tra loro per meglio comprendere le diverse dinamiche. In particolare, vengono utilizzati i dati del contatore ottico Palas Fidas 200S, operativo dal 2019 presso il CC Green Roof Lab del Politecnico di Torino [1], in combinazione con un radiometro a microonde MTP5 per il profilo verticale di temperatura, un Lidar-Ceilometer polarimetrico (Vaisala CL61) per la caratterizzazione degli aerosol facente parte della rete italiana ALICENET [2] e un Doppler wind lidar (Wind Cube 100s) per la misura tridimensionale del vento.

Risultati: L'analisi di alcuni casi di studio evidenzia il ruolo chiave delle condizioni atmosferiche e del trasporto a lunga distanza nel determinare i livelli di PM al suolo. Durante la stagione invernale, frequenti sono forti inversioni termiche persistenti e basse velocità del vento, che favoriscono l'accumulo di aerosol di origine locale, con concentrazioni di PM_{2.5} e PM₁₀ superiori ai limiti normativi e rapporti PM_{2.5}/PM₁₀ mediamente elevati. Durante la stagione estiva, possono verificarsi episodi di intrusione di polveri desertiche individuabili attraverso tecniche di remote sensing e analisi delle masse d'aria. Infine, fenomeni di trasporto a lunga distanza, come quelli associati a incendi su scala continentale, possono determinare un incremento delle concentrazioni di particolato fine, evidenziando il ruolo rilevante delle sorgenti transfrontaliere nel condizionare la qualità dell'aria a livello locale.

Conclusioni: I risultati mostrano come l'integrazione tra dati di superficie e osservazioni verticali consenta di distinguere efficacemente tra contributi locali e apporti esterni, di interpretare correttamente i picchi di PM e di analizzare il ruolo della stabilità atmosferica e della dinamica delle masse d'aria. Lo studio dimostra il valore aggiunto delle tecniche di telerilevamento a supporto del monitoraggio tradizionale della qualità dell'aria e apre prospettive per lo sviluppo di metodologie innovative utili sia alla ricerca scientifica sia al supporto delle politiche di gestione ambientale a scala urbana.

Bibliografia

- [1] Mecca et al. 2024 <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13446>
- [2] Bellini et al. 2024 <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13446->

Studio e caratterizzazione chimica del particolato atmosferico mediante campionamenti ad elevata risoluzione spaziale

Luca Tofful^{1*}, Silvia Canepari², Marco Giusto¹, Francesca Marcovecchio¹, Lorenzo Massimi², Salvatore Pareti¹, Cinzia Perrino¹, Elena Rantica¹, Tiziana Sargolini¹, Caterina Tiraboschi³, Emanuele Vaccarella², Giulia Zazzu¹

¹ Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - Consiglio Nazionale delle Ricerche; ² Dip. di Biologia Ambientale, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"; ³ Dip. di Sanità Pubblica e Malattie Infettive, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

* Corresponding author. Tel: +39 06 90672407, E-mail: luca.tofful@cnr.it

Keywords: caratterizzazione chimica, macro-sorgenti, composizione media, variabilità spaziale

Introduzione: Il monitoraggio del particolato atmosferico (PM) ad elevata risoluzione spaziale, condotto mediante l'impiego di strumenti di campionamento a bassa portata capaci di accumulare le polveri per lunghi periodi di tempo, presenta alcuni importanti vantaggi. Tra di essi, la possibilità di valutare, su porzioni di territorio anche molto vasto e a costi relativamente contenuti, le variazioni della concentrazione e della composizione chimica delle polveri aerodisperse e l'impatto sulla qualità dell'aria di numerose sorgenti emissive, sia puntuali che diffuse.

Metodi: Lo studio qui descritto ha previsto il monitoraggio del PM su un'area di circa 50 km² situata nel territorio del Comune di Gubbio (Pg). La prima campagna di monitoraggio, della durata di 12 mesi, è stata condotta simultaneamente in 20 siti; una seconda campagna, della durata di 7 mesi, ha incluso una selezione dei 15 siti maggiormente rappresentativi. Ogni periodo di campionamento ha avuto una durata di circa 6 settimane. Per ciascun sito di misura sono stati utilizzati una coppia di campionatori a bassissima portata (0,5 l/min) equipaggiati con due membrane di campionamento, in teflon e quarzo[1]: sulla prima sono state determinate le concentrazioni in massa del PM₁₀ mediante gravimetria, degli elementi cristallini mediante ED-XRF, dei micro-elementi ed elementi in traccia mediante ICP-MS, di levoglucosano e ioni solubili mediante cromatografia ionica; sulla seconda il contenuto in carbonio organico (OC) ed elementare (EC) mediante analisi termo-ottica.

Risultati: Lo studio ha permesso di ricostruire chimicamente la massa del PM attraverso la determinazione delle macro-componenti e di individuare i contributi emissivi presenti sul territorio di studio, anche attraverso l'esame di specifici traccianti di sorgente. Tra le sorgenti che hanno avuto il maggiore impatto sulla qualità dell'aria, il riscaldamento domestico a biomasse è risultato in buona parte responsabile della variabilità stagionale osservata nelle concentrazioni medie del PM; il risollevarimento di specie cristalline, il contributo ad opera del traffico veicolare e la presenza di attività produttive locali hanno avuto, invece, un impatto significativo sulla variabilità delle concentrazioni misurate nei diversi siti. La realizzazione di mappe spaziali di concentrazione dei componenti del PM ha permesso, inoltre, di stimare l'impatto delle diverse sorgenti anche in zone non interessate dai campionamenti e di valutare la capacità di diffusione sul territorio delle specie inquinanti.

Conclusioni: La valutazione di un numero molto elevato di variabili chimiche, lungo un arco temporale molto ampio, ha permesso di caratterizzare nel dettaglio sia ciascun punto di monitoraggio che l'intera area di studio da un punto di vista sia chimico che emissivo, anche in funzione della stagionalità. Tale approccio si rivela estremamente versatile, in quanto estendibile all'indagine di ulteriori variabili chimiche, nonché applicabile come valido strumento per la valutazione del diverso grado di esposizione della popolazione ad inquinanti e sorgenti emissive di specifico interesse.

Bibliografia

[1] Catrambone et al. 2019. DOI: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.04.0195>

Identificazione delle sorgenti dell'aerosol in prossimità di un importante sito siderurgico

Franco Lucarelli^{1,2}, Fabio Giardi^{2,*}, Cosimo Fratticioli^{1,2}, Giulia Calzolai², Massimo Chiari², Silvia Nava^{1,2},

¹ *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze*, ² *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Firenze*,

* *Corresponding author. Tel: +39 055 4572625, E-mail: giardi@fi.infn.it*

Keywords: PM10, Composizione elementale, PIXE, PMF

Terni è una città dell'Italia centrale caratterizzata da criticità ambientali significative. Vi ha sede una delle più grandi acciaierie italiane ed altri impianti industriali. Il progetto si concentra sullo studio della composizione e sull'identificazione delle sorgenti del PM10 nell'area di Terni e, in particolare, sulla valutazione del contributo derivante dalle attività siderurgiche.

Il particolato è stato campionato in due siti situati in direzioni diametralmente opposte rispetto all'impianto siderurgico: uno in prossimità dello stesso (Prisciano), l'altro nel centro cittadino (Carrara) in un'area a traffico intenso. Due campionatori a basso volume (2.3 m³/h) dotati ciascuno di due ingressi paralleli, hanno raccolto il PM10 su filtri in Teflon e in fibra di quarzo del diametro di 47 mm, simultaneamente per 24 ore a giorni alterni per la durata di un anno. Diverse tecniche analitiche (PIXE, IC, ICP-AES, analisi termo-ottica) sono state impiegate per ottenere una caratterizzazione completa della composizione dell'aerosol. Per l'identificazione e la quantificazione delle sorgenti è stato utilizzato il metodo di analisi statistica multivariata PMF (*Positive Matrix Factorization*). Per periodi più brevi, sono stati raccolti campioni con risoluzione oraria mediante i cosiddetti campionatori STRAS, specificamente sviluppati per l'analisi PIXE.

A Carrara il contributo predominante è costituito dal traffico e dai nitrati secondari (anch'essi largamente dovuti al traffico); a Prisciano la lavorazione delle scorie è responsabile di quasi il 30% del PM10, mentre il contributo del traffico risulta basso. In entrambi i siti è presente un importante contributo derivante dalla combustione di biomasse per il riscaldamento domestico.

Il contributo dovuto al ciclo produttivo dell'acciaieria è inferiore al 5% in entrambi i siti. Tuttavia, tale sorgente produce la maggior parte del Ni, un elemento tossico. La sua concentrazione media è prossima ai 20 ng³, valore che rappresenta il limite di riferimento.

L'analisi PMF dei dati orari corrobora l'identificazione delle sorgenti ottenuta mediante i campioni giornalieri. Inoltre, essa rende possibile una correlazione più diretta con la direzione e la velocità del vento. Dai risultati orari della PMF è quindi possibile produrre agevolmente i grafici polari delle sorgenti (*source polar plots*), che mostrano la dipendenza delle sorgenti identificate dalla direzione e dall'intensità del vento. Tali grafici hanno confermato la localizzazione delle sorgenti identificate. Si noti che il contributo delle sorgenti correlate all'acciaieria scompare quando l'impianto non è operativo. È importante sottolineare che grazie alla risoluzione oraria è stato possibile distinguere due differenti contributi derivanti dal ciclo produttivo dell'acciaieria, dovuti alla produzione di acciai austenitici (con alto contenuto di cromo e nichel) e ferritici (con cromo ma con poco o nessun nichel); il primo è responsabile dell'emissione di Ni.

Ulteriore conferma delle sorgenti identificate è stata ottenuta dall'analisi al SEM della composizione di singole particelle.

Flussi turbolenti e sorgenti di particelle ultrafini in ambiente urbano-vegetato

Marianna Conte^{1*}, Andreas Held², Armando Pelliccioni³, Stefano Decesari⁴, Giampietro Casasanta¹, Stefania Argentini¹, Igor Petenko¹, Daniela Cesari⁵, Lorenzo Marinelli¹, Andrea Cecilia¹, Antonio Pennetta⁵ and D. Contini⁵

^{1,4,5} Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Roma, Bologna e Lecce, ITA

²Environmental Chemistry and Air Quality, Dept. of Environmental Science and Technology, Berlino, DE

³Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambiente, INAIL, Roma, ITA

* Corresponding author, [E-mail: marianna.conte@cnr.it](mailto:marianna.conte@cnr.it)

Keywords: eddy-covariance, particelle ultrafini, flussi dimensionali di particelle, Black Carbon

Le particelle ultrafini (UFP, diametro < 100 nm) rappresentano una crescente preoccupazione per gli effetti sulla salute umana e sull'ambiente [1], ma i processi che ne regolano la dinamica atmosferica e i flussi superficie-atmosfera sono ancora poco conosciuti. Per colmare queste lacune, è stata condotta una campagna sperimentale tra ottobre 2024 e febbraio 2025 in un'area urbana di Roma, presso il "Comando Generale dei Carabinieri", adiacente al parco di Villa Ada. Il sito consente di analizzare l'interazione tra sorgenti urbane e vegetazione. Gli obiettivi principali dello studio sono: (i) la caratterizzazione delle concentrazioni e dei flussi turbolenti di UFP, anche per classi dimensionali, (ii) il confronto tra i flussi di UFP e CO₂ per distinguere processi di emissione e deposizione, e (iii) la determinazione del black carbon equivalente e la raccolta di campioni PM₁ per analisi chimiche offline. I flussi sono stati misurati mediante la tecnica eddy-covariance, utilizzando strumentazione ad alta frequenza per particelle, CO₂, H₂O e variabili meteorologiche [2]. La strumentazione ha incluso un Mixed Condensation Particle Counter (MCPC), un Fast Mobility Particle Sizer (FMPS), un analizzatore per misure di concentrazione di CO₂/H₂O (LI-COR) e un anemometro ultrasonico per misurare le fluttuazioni turbolente. L'analisi delle footprint ha permesso di identificare le principali aree sorgenti, distinguendo il contributo del traffico da quello delle superfici verdi (Figura 1). I risultati contribuiranno a migliorare la comprensione delle sorgenti e dei pozzi di UFP in ambito urbano cercando di evidenziare il ruolo del parco urbano nella mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

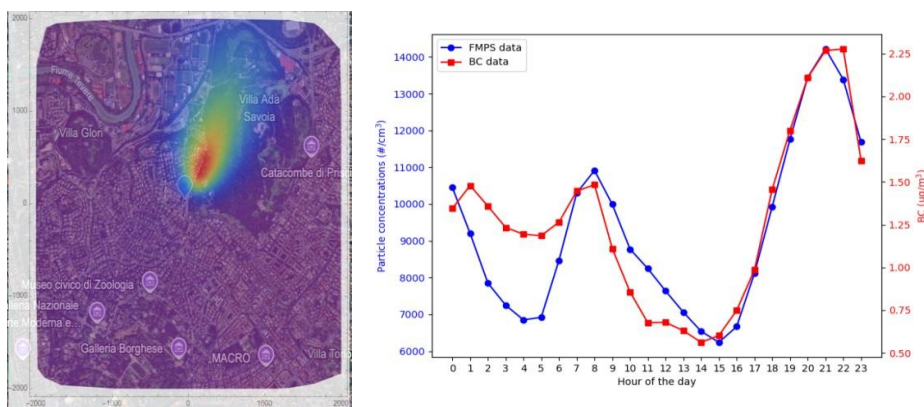


Figura 1. A sinistra: area sorgente delle concentrazioni di particelle sovrapposta alla mappa del sito sperimentale. A destra: variazione giornaliera delle concentrazioni di UFP e eBC.

Questo lavoro è stato finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), nell'ambito del National Biodiversity Future Center (NBFC), Spoke 6

Bibliografia

[1] Dinoi, A., et al. (2023) Atmos. Environ. 221, 117226.

[2] Conte, M., et al. (2018) Environ. Poll., 24, 566-578

Valutazione della qualità dell'aria all'interno di una fonderia e del suo impatto sull'area circostante

Francesca Marcovecchio^{1*}, Silvia Canepari², Lorenzo Massimi², Cinzia Perrino¹, Ivan Stefani³, Caterina Tiraboschi², Luca Tofful¹, Elena Rantica¹, Tiziana Sargolini¹, Marco Giusto¹, Alfonso Valerio Ragazzo¹, Mattia Perilli¹, Giulia Zazzu¹

¹ Istituto sull'Inquinamento Atmosferico CNR.; ² Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Roma "Sapienza"; ³ Fonderie di Assisi S.p.A.

* Corresponding author. Tel: +39 3470190841, [E-mail: francesca.marcovecchio@cnr.it](mailto:francesca.marcovecchio@cnr.it)

Keywords: PM₁₀, impatto sulla salute, luogo di lavoro, fonderia, metalli pesanti

Introduzione: La valutazione dell'esposizione occupazionale al particolato atmosferico (PM) è fondamentale per stimare i rischi per la salute dei lavoratori. Generalmente la composizione del PM nei luoghi di lavoro varia significativamente tra le diverse aree operative, poiché è influenzata da differenti processi produttivi che generano particolato con caratteristiche fisico-chimiche peculiari.

Il monitoraggio dell'esposizione dei lavoratori ad agenti inquinanti avviene generalmente mediante dispositivi personali che effettuano campionamenti della durata di 8 ore. Ciò consente di valutare l'effettiva esposizione dei singoli lavoratori anche nel caso di esecuzione di mansioni diverse, tuttavia, nel caso delle polveri atmosferiche spesso la quantità di PM raccolta non è sufficiente per un'analisi chimica completa.

Metodi: In questo studio viene proposto un approccio sperimentale innovativo per il campionamento del PM negli ambienti indoor di una fonderia. Sono stati effettuati tre campionamenti consecutivi di lungo periodo (15 giorni) di PM₁₀, condotti in parallelo in 12 siti appartenenti a diversi reparti, utilizzando filtri in teflon e in quarzo. Per ogni campione, è stato ottenuto un dataset di circa 70 parametri utili per ottenere una caratterizzazione chimica completa, comprendente carbonio elementare (EC), carbonio organico (OC), ioni, macro- e microelementi e levoglucosano. Lo stesso approccio è stato applicato a campioni di PM₁₀ raccolti in 14 siti outdoor circostanti la fonderia mediante 6 campionamenti consecutivi della durata di circa 45 giorni ciascuno, al fine di valutare la dispersione del PM₁₀ dal punto di emissione al territorio circostante e di valutare come eventuali sorgenti diverse impattano sul territorio.

Risultati: Indoor, concentrazioni in massa medie particolarmente elevate sono state misurate nel sito in cui avviene il processo di rigenerazione delle terre (839 µg/m³) e in quelli in cui si eseguono lavorazioni di smaterozzatura (534 µg/m³) e di finitura (333 µg/m³). Le concentrazioni medie più basse sono state misurate all'interno della sala riunioni e nel sito esterno (36 µg/m³). In generale, il monitoraggio ha evidenziato una buona ripetibilità tra le misure eseguite nei tre periodi, ed una elevata variabilità sia della concentrazione in massa, sia nella composizione chimica delle polveri campionate tra i diversi reparti.

I risultati ottenuti in ambiente outdoor hanno evidenziato una diffusione limitata del PM₁₀ dalla fonderia alle aree circostanti, dove la risospensione del suolo da traffico veicolare e il contributo delle specie organiche, in parte attribuibile alla combustione di biomasse per riscaldamento domestico nella stagione invernale, sono risultati tra le principali macro-sorgenti.

Lo studio è stato realizzato e finanziato nell'ambito del progetto BRiC INAIL#52 2022

Measuring Urban Aerosol Volatility Fractions with a Catalytic Stripper at an ACTRIS Aerosol Observatory: Characterization and Implementation

M. Dollner¹, P.S. Bauer¹, V. Berger¹, B. Weinzierl², A. Kupc², A. Gattringer², H. J. Schulz¹, A. Boies^{1,3}, J. Swanson^{1,4}

¹Catalytic Instruments GmbH & Co.KG, Rosenheim, 83026, Germany; ²University of Vienna, Faculty of Physics, Aerosol Physics and Environmental Physics, Vienna, 1090, Austria; ³Stanford University, Department of Engineering, Stanford, CA 94305, United States; ⁴Minnesota State University, Mankato, MN 56001, United States

* Corresponding author. Tel: +49 8031 901 777-0, E-mail: info@catalytic-instruments.com

Keywords: aerosol volatility fraction, catalytic stripper, urban air quality

Aerosol particles play a central role in atmospheric processes, influencing air quality, human health, and climate. To fully understand these impacts, it is essential to quantify not only the physical properties such as concentration or size but also their chemical composition. Offline chemical analysis of aerosol samples or online mass spectrometry are generally complicated or expensive. Another efficient method is to determine the partitioning between the volatile and non-volatile fractions. This information provides insight into the chemical composition of an air mass and allows to infer information about aerosol sources and transformation processes in the atmosphere (e.g. 1, 2, 3, 4). A catalytic stripper (CS) is commonly used to separate the volatile and semi-volatile fraction from the solid aerosol particles, which allows for precise measurement of the non-volatile fraction and the total aerosol load (5). Compared to a thermal denuder, it has the advantage that volatile substances undergo catalytic transformation and cannot recondense into particles after treatment. The CS has successfully been used in many automotive applications such as Particle Measurement Program (PMP) compliant studies (5, 6). However, not many atmospheric aerosol studies apply this simple distinction between volatile and solid particles, which plays an important factor for the investigation of air quality, human health and climate impact of aerosols.

Here we present the application of a CS for measurements of non-volatile aerosol particles at the Aerosol Observatory of the University of Vienna which is on track to become a National Facility for aerosol in-situ observations within the pan-European Aerosol, Clouds, and Trace Gas Research Infrastructure ACTRIS. This study includes the characterization of the CS with respect to particle penetration and removal efficiency of volatile and semi-volatile components. For particle penetration silver particles were generated with the Silver Particle Generator (SPG) and treated by the Sintering Stage S8000 to obtain thermally stable silver spheres in the size range between 2nm and 100nm. The characterization of the removal efficiency of volatile and semi-volatile particles is done with tetracontane, which is a well-established method in many regulations for the testing of volatile particle removal (VPR) systems in the automotive section (e.g. Euro-7). The aim of this study is to present initial results from continuous measurements of the non-volatile aerosol fraction over several weeks at the Aerosol Observatory in Vienna, demonstrating their potential for source identification and chemical characterization, and highlighting the importance of non-volatile particle measurements.

Bibliografia

- [1] Weinzierl et al. (2009). *Tellus B: Chem. Phys. Meteorol.*, 61(1), 96.
- [2] Wehner et al. (2005), *Geophys. Res. Lett.*, 32, L17810.
- [3] Ehn et al. (2007), *Atmos. Chem. Phys.*, 7.
- [4] Wehner et al. (2009), *J. Geophys. Res.*, 114.
- [5] Swanson and Kittelson (2010). *J. Aerosol Sci.* 41 (12):1113.
- [6] Giechaskiel et al. (2020). *Vehicles* 2 (2):342.

Potenziale ossidativo dell'aerosol atmosferico a concentrazioni di PM_{2.5} inferiori agli standard normativi: evidenze da un esperimento urbano a Roma

Gianluca Di Iulio^{1,2*}, Caterina Tiraboschi¹, Alice Zara³, Lorenzo Massimi⁴, Ferdinando Pasqualini², Luca Di Liberto², Matteo Rinaldi², Stefano Listrani³, Carmina Sirignano², Silvia Canepari⁴, Francesca Costabile²

¹ Department of Public Health and Infectious Diseases, Sapienza University, Rome, Italy; ² Institute of Atmospheric Sciences and Climate, National Research Council (CNR-ISAC), Bologna, Italy; ³ Regional Environmental Protection Agency (ARPA), Rome, Italy; ⁴ Department of Environmental Biology, Sapienza University, Rome, Italy

* Corresponding author [E-mail: gianluca.diulio@uniroma1.it](mailto:gianluca.diulio@uniroma1.it)

Keywords: OP, PM_{2.5}, Inquinamento Urbano

L'inquinamento atmosferico è la seconda causa di mortalità a livello mondiale, con il particolato fine (PM_{2.5}) responsabile del 58% dei decessi associati [1]. Sebbene le concentrazioni di massa del PM_{2.5} siano diminuite in Europa negli ultimi due decenni, gli effetti avversi sulla salute continuano a essere osservati. La recente Direttiva UE sulla qualità dell'aria (2024/2881) evidenzia la necessità di monitorare le particelle ultrafini (UFP), il black carbon (BC) e il potenziale ossidativo (OP) del PM. In questo lavoro indaghiamo le risposte dell'OP a basse concentrazioni di PM₁ e i principali fattori che le determinano. Una campagna di misura è stata condotta tra maggio e giugno 2025 presso un sito urbano di riferimento a Roma (Villa Ada), dove è stata eseguita una caratterizzazione fisico-chimica completa del PM₁ [2]. Le analisi dell'OP sono state eseguite mediante il saggio al ditiotreitolo (DTT) su filtri con risoluzione giornaliera (24 ore) per valutare la generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) indotte dal PM, sia per il totale (DTT_{tot}) sia per la frazione idrosolubile (DTT_{ws}). Inoltre, il saggio al 2',7'-diclorofluorescina (DCFH) è stato eseguito su filtri con risoluzione giornaliera (DCFH_{filter}) e mediante un particle-into-liquid sampler (PILS) con risoluzione oraria (DCFHPILS) per valutare i ROS legati alle particelle nella frazione idrosolubile. Sono stati identificati due distinti tipi di aerosol: uno dominato dall'inquinamento atmosferico originato dal traffico (TRAP) nella prima parte della campagna, e un altro caratterizzato da TRAP miscelato con aerosol organico secondario (SOA) nella seconda parte. DTT_{tot} e DTT_{ws} risultano fortemente correlati ($r^2 = 0,83$), con la frazione insolubile che contribuisce per il 26% a DTT_{tot}. PM₁, condensation sink (CS), BC da combustibili fossili (BC_{ff}) e SOA emergono come determinanti chiave del DTT. Al di sopra di $8 \mu\text{g m}^{-3}$, queste variabili hanno mostrato forti relazioni lineari. Al di sotto di tale soglia, l'OP ha evidenziato una marcata variabilità. Le giornate caratterizzate da TRAP fresco, bassi livelli di PM₁ e piccoli diametri medi delle particelle ($d_p < 80 \text{ nm}$) hanno mostrato risposte DTT aumentate. Al contrario, giornate con PM₁ e distribuzione dimensionale simili ma con una minore influenza del TRAP hanno mostrato valori DTT ridotti. In linea con il nostro precedente lavoro [3], DCFH_{filter} e DCFHPILS hanno mostrato differenze significative, guidate dalle loro distinte risoluzioni temporali e dall'elevata reattività dei ROS nell'aerosol atmosferico. DCFH_{filter} ha mostrato associazioni più forti con SOA, mentre DCFHPILS è risultato principalmente legato alle UFP associate al TRAP fresco [3]. Questi risultati sono in accordo con le nostre precedenti evidenze [3,4,5], suggerendo che non esista una soglia sicura di PM₁ al di sotto della quale il rischio tossicologico scompaia e che una mitigazione orientata alle sorgenti, in particolare mirata alle emissioni legate al traffico [3,4,5], possa rappresentare la strategia più efficace.

References

[1] [Health Effects Institute 2025](#)

[2] [Sirignano et al. 2025](#)

[3] [Di Iulio et al. 2025](#)

[4] [Giammona et al. 2025](#)

[5] [Costabile et al. 2023](#)

SIMBAD: una famiglia di modelli a supporto della pianificazione di politiche di qualità dell'aria multiscala

G. Pirovano^{1,*}, M.P. Costa¹, E. De Angelis¹, A. Piccoli¹,

¹*Dipartimento Sviluppo Sostenibile e Fonti Energetiche, RSE Spa, Milano, 20134*

** Corresponding author. Tel: +393285398922, E-mail: guido.pirovano@rse-web.it*

Keywords: *Modellistica integrata, politiche di qualità dell'aria, impatti, CAMx/DDM, SIMBAD*

Introduzione: La qualità dell'aria costituisce ancora oggi una delle problematiche più rilevanti per la salute umana e gli ecosistemi naturali. Nell'ambito italiano, le misure di PM_{2.5} relative al 2023 evidenziano che il 75% delle stazioni supera il limite di legge (media annua) che entrerà in vigore nel 2030 (1). L'individuazione delle politiche di intervento più efficaci in termini di risanamento richiede strumenti in grado di coniugare la pianificazione ottimale dello sviluppo del sistema antropico con la valutazione degli impatti ambientali ad esse associati. Considerata la grande mole di scenari da esaminare occorre adottare approcci modellistici computazionalmente efficienti, ma che preservino una ragionevole accuratezza. Si presenta lo strumento modellistico SIMBAD per la valutazione speditiva dell'impatto sulla qualità dell'aria di scenari multiscala di riduzione delle emissioni.

Metodi: SIMBAD è derivato dal modello fotochimico multi-scala CAMx (2), applicato utilizzando l'algoritmo Direct Decoupled Method (DDM, 3), che stima le sensibilità delle concentrazioni rispetto alle variazioni delle emissioni, grazie alle quali è possibile costruire un modello semplificato emissioni-concentrazioni (4). Per ogni scenario emissivo, SIMBAD ricostruisce le concentrazioni dei principali inquinanti normati (es. NO₂, O₃, PM_{2.5}, PM₁₀) sia in termini di media annua che giornaliera, considera i principali settori antropici e può operare sia a scala nazionale che regionale e comunale. SIMBAD, inoltre, è in grado di effettuare valutazioni dinamiche, ossia che tengano conto dell'evoluzione del sistema antropico complessivo, con orizzonte temporale fino al 2050. Infine, SIMBAD è parte di un sistema modellistico più ampio che permette di valutare anche gli impatti sulla salute e i costi associati agli scenari di riduzione implementati.

Risultati: Il modello è stato applicato a scala nazionale per verificare l'evoluzione temporale (2017, 2035, 2050) dell'efficacia di interventi di riduzione delle emissioni sui settori del trasporto su strada, riscaldamento e agricoltura. I risultati hanno evidenziato che l'impatto del medesimo scenario varia nel tempo in funzione dell'evoluzione complessiva del sistema antropico, confermando l'importanza di un sistema di valutazione dinamico. I risultati sono stati anche validati attraverso confronto con analoghi scenari prodotti dal modello CAMx, dai cui emerge una sostanziale congruenza per tutti gli inquinanti sia nella ricostruzione delle medie annue sull'intero territorio nazionale che nella riproduzione delle concentrazioni medie giornaliere su un ampio numero di recettori. Una seconda applicazione ha riguardato il contesto milanese e lombardo ed era finalizzata a mostrare la capacità del modello nel valutare e confrontare politiche d'intervento di scala comunale e regionale. Anche in questo caso gli scenari erano relativi ai settori del trasporto su strada, riscaldamento e agricoltura, valutati sia sull'intero dominio che per specifici recettori. Ad esempio, per la città di Milano, la riduzione a scala di bacino delle emissioni dell'agricoltura e a scala regionale del settore residenziale comporta una riduzione attorno al 5% della media annua del PM_{2.5}; diversamente analoga riduzione delle emissioni non allo scarico per la sola città di Milano, comporta una riduzione leggermente inferiore della media annua di PM_{2.5}.

Conclusioni: I risultati confermano la numerosità dei fattori che influenzano l'effettiva efficacia di politiche di risanamento e quindi la necessità di avere a disposizione strumenti che permettano di esplorare in modo

rapido molteplici scenari e individuare efficacemente le azioni da intraprendere.

Bibliografia

- [1] EEA, «Air Quality Status Report 2025», 2025, doi:10.2800/9895153.
- [2] Ramboll, «CAMx User's Guide Version 7.10», 2020. <https://www.camx.com/about/>
- [3] Dunker A.M. et al. 2002. doi: 10.1021/es0112691.
- [4] Costa M.P. et al. 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2701/1/012074.

Nature-Based Solutions e qualità dell'aria urbana: risultati dal progetto DivAirCity

Paola Romagnoli¹, Francesca Vichi¹, Andrea Imperiali¹, Catia Balducci¹, Mattia Perilli¹, Valerio Paolini¹

¹*National Research Council of Italy, Institute of Atmospheric Pollution Research (CNR-IIA), Via Salaria km 29.3 – P.O. Box 10, I-00015, Monterotondo RM, Italy.*

Keywords: Soluzioni Basate sulla Natura (NBS), IPA, PM₁₀,

Introduzione: Negli ultimi anni le città si trovano ad affrontare sfide ambientali sempre più complesse: migliorare la sostenibilità e la resilienza urbana, ridurre l'inquinamento atmosferico e le emissioni da carbonio, e contrastare la graduale perdita di aree verdi. Tra gli strumenti più promettenti per rispondere a queste esigenze rientrano le Soluzioni Basate sulla Natura (Nature-Based Solutions, NBS) (1), interventi che sfruttano processi ecologici per migliorare la qualità dell'ambiente urbano.

Nonostante il loro potenziale, il reale impatto delle NBS sulla qualità dell'aria non è ancora stato quantificato in modo sistematico. In questo contesto si inserisce il progetto DivAirCity, da cui trae origine il presente studio, con tre obiettivi principali: i) approfondire la conoscenza dei benefici ambientali delle NBS; ii) monitorare con precisione le variazioni della qualità dell'aria; iii) integrare le informazioni fornite dalle stazioni di monitoraggio ufficiali con misure ad alta risoluzione spaziale. L'area di studio è un parco urbano a Orvieto Scalo, situato in prossimità di una strada ad alto traffico veicolare. Qui è stata pianificata l'implementazione di una NBS a livello locale, valutando le concentrazioni degli inquinanti atmosferici prima e dopo l'intervento.

Metodi: Sono stati monitorati diversi inquinanti atmosferici. Il PM₁₀ è stato raccolto giornalmente su filtri in teflon secondo il metodo EN 12341:2014, per la determinazione gravimetrica del particolato e successive analisi finalizzate alla quantificazione degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) composti organici tossici e in parte cancerogeni, utilizzati come traccianti delle emissioni da traffico e combustione.

Risultati: La concentrazione media di PM₁₀ registrata nella primavera 2023 ($14 \pm 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è risultata nettamente inferiore rispetto a quella dell'inverno 2024 ($33 \pm 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Confrontando le due stagioni primaverili studiate, (nel 2025, $15 \pm 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), rispettivamente prima e dopo la piantumazione, i valori di PM₁₀ risultano molto simili sia in termini assoluti che medi. Gli IPA mostrano invece forte stagionalità: l'inverno 2024 presenta valori circa dieci volte superiori alla primavera 2023 (5.6 ± 2.5 vs $0.5 \pm 0.3 \text{ ng}/\text{m}^3$). Nel 2025 la concentrazione primaverile aumenta a $0.84 \pm 0.06 \text{ ng}/\text{m}^3$, probabilmente potrebbe essere legato non tanto alla vegetazione, quanto alle condizioni meteorologiche e alla variabilità delle sorgenti emissive stagionali.

Conclusioni: La nuova vegetazione non ha determinato variazioni significative nelle concentrazioni di PM₁₀, parametro influenzato da una miscela eterogenea di componenti e da dinamiche atmosferiche complesse. Gli IPA, invece, mostrano una maggiore sensibilità alle condizioni microclimatiche e alle sorgenti emissive locali. Nel 2023 il profilo era dominato da BghiF, fenantrene e indeno[1,2,3-cd]pirene, mentre nel 2025 prevalevano B(b+j)F, B(ghi)F e IP, confermando l'impatto delle emissioni da traffico (2,3). Sebbene i dati forniscano indicazioni utili, la forte variabilità stagionale e meteorologica non consente di isolare con certezza l'effetto della piantumazione, rendendo necessari monitoraggi più prolungati e ulteriori analisi per trarre conclusioni definitive.

Bibliografia

[1] Bona S. et al., 2023 DOI 10.3390/app13010168

[2] Romagnoli P. et al., 2017 DOI 10.1007/s11356-016-8098-7

[3] Cecinato A. et al., 2022 DOI 10.1007/s11356-022-215310

Bioaerosol e metallo resistenza: un'analisi ambientale e microbiologica del particolato urbano della città di Ancona

Silvia Illuminati^{1*}, Serena Simoni¹, Martina Magini², Simone Lucarini², Lorenzo Massi¹, Matteo Fanelli³, Federico Girolametti¹, Behixhe Ajdini¹, Anna Annibaldi¹, Cristina Truzzi¹, Carla Vignaroli¹

¹*DiSVA, Università Politecnica delle Marche, Dip. di Scienze della Vita e dell'Ambiente;*

²*Dipartimento di Scienze Biomolecolari, Università di Urbino Carlo Bo*

³*Institute for Biological Resources and Marine Biotechnology of the National Research Council, Ancona, 60131, Italy*

* *Corresponding author. Tel: +39 071 2204981, [E-mail: s.illuminati@staff.univpm.it](mailto:s.illuminati@staff.univpm.it)*

Keywords: *PM10, batteri metallo-resistenti, metalli, polveri Sahariane*

Introduzione: Il bioaerosol, cioè particolato atmosferico associato con particelle di origine biologica, rappresenta una tematica di studio sempre più diffusa perché è in grado di influenzare la salute umana, gli ecosistemi e la qualità dell'aria. Lo scopo di questo lavoro è quello di studiare la composizione chimica e microbiologica del PM10 nell'area urbana di Ancona al fine di ottenere una visione più completa del particolato atmosferico, valutando non solo la sua composizione e le sue variazioni stagionali, ma anche il suo potenziale impatto sulla diffusione di microrganismi resistenti ai metalli pesanti nell'ambiente.

Metodi: I campioni di PM10 sono stati raccolti in due campagne di misura, una nel periodo estivo (giugno-luglio 2024) e una nel periodo autunnale (ottobre-novembre 2024), mediante impattore ad alto volume. Tre bianchi di campo sono stati raccolti in ogni campagna di misure. I campioni sono pesati prima e dopo il campionamento per la determinazione della concentrazione atmosferica di PM10. Una porzione di filtro (1/64 di filtro) è stata inoculata in TSB brodo e successivamente seminata in BH agar. Colonie selezionate sono state analizzate mediante PCR per la ricerca dei geni di resistenza al Cd e Pb. Un'altra aliquota (1/8 di filtro), invece, è stata sottoposta a digestione acida assistita da microonde per l'analisi della composizione elementare mediante ICP-OES e GF-AAS. **Risultati:** Risultati preliminari sembrano evidenziare la presenza di batteri potenzialmente resistenti durante i periodi di campionamento in cui le concentrazioni di Pb risultano tra le più alte. È stata, inoltre, evidenziata una resistenza al Cd, ma senza una relazione specifica con le concentrazioni riscontrate. L'analisi statistica e i fattori di arricchimento applicati all'intero dataset hanno evidenziato come la distribuzione e l'evoluzione stagionale dei metalli e dei batteri nel PM10 di Ancona siano influenzate da sorgenti sia antropiche che naturali. In particolare, il trasporto delle polveri Sahariane durante il periodo estivo rappresenta un contributo significativo al contenuto sia di metalli che di batteri, sovrapponendosi all'impatto derivante dalle attività portuali. Il contributo delle polveri sahariane è tale da aumentare la concentrazione atmosferica di PM10 al di sopra dei limiti di legge attuali e, soprattutto, della nuova direttiva europea AAQD 2024 [1]. Nel periodo invernale, invece, il traffico veicolare e il riscaldamento domestico emergono come fonti rilevanti per l'incremento delle concentrazioni di As, Cd, Cu, Hg, Mn e Pb.

Conclusioni: Questo studio mette in evidenza l'importanza di un approccio multidisciplinare e integrato nella valutazione della qualità dell'aria urbana, che metta in campo competenze trasversali e strumenti avanzati per l'analisi dei dati ambientali, al fine di sviluppare strategie efficaci per il monitoraggio, la gestione e la mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

Bibliografia

[1] EU, Directive 2024/2881 Council of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe

New particle formation a Milano: caratteristiche e condizioni favorevoli

Myriam Agro^{1*}, Manuel Bettineschi¹, Silvia Melina², Diego Aliaga¹, Andrea Bergomi², Beatrice Biffi³, Alessandro Bigi⁴, Giancarlo Ciarelli¹, Cristina Colombi³, Paola Fermo², Ivan Grigioni², Veli-Matti Kerminen¹, Markku Kulmala¹, Janne Lampilahti¹, Angela Marinoni⁵, Celestine Oliewo^{4,6}, Juha Sulo¹, Gianluigi Valli⁷, Roberta Vecchi⁷, Tuukka Petäjä¹, Katrianne Lehtipalo^{1,8}, Federico Bianchi¹

¹Institute for Atmospheric and Earth System Research, Università di Helsinki; ²Dip. Chimica, Università di Milano; ³Dip. Qualità dell'Aria, ARPA Lombardia; ⁴Dip. Ingegneria, Università di Modena e Reggio Emilia; ⁵Ist. di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Bologna; ⁶Scuola Universitaria Superiore IUSS; ⁷Dip. Fisica, Università di Milano; ⁸Atmospheric Composition Research, Finnish Meteorological Institute.

* Corresponding author. Tel: +39 3318830570, E-mail: myriam.agro@helsinki.fi

Keywords: *New particle formation, distribuzioni dimensionali, sito urbano*

Introduzione: La comprensione del fenomeno della New Particle Formation (NPF) è fondamentale per la salvaguardia della salute umana e per affrontare i cambiamenti climatici. Le particelle ultrafini possono, infatti, raggiungere e danneggiare i polmoni, il sistema circolatorio e il cervello (1); inoltre possono crescere per condensazione e coagulazione e interagire con la radiazione solare sia direttamente che indirettamente (2). Nonostante la sua rilevanza, la NPF non era ancora stata studiata a Milano con strumenti ad alta risoluzione per periodi prolungati. Questa ricerca, dunque, approfondisce il fenomeno in questa città, la più densamente popolata della Pianura Padana.

Metodi: Nel presente lavoro, la NPF è stata studiata tramite l'analisi di distribuzioni dimensionali in numero misurate con strumenti avanzati (n-CNC per particelle di 1.2-3 nm, NAIS per particelle di 2.5-40 nm e SMPS per particelle di 10-480 nm) tra marzo 2023 e marzo 2024, nell'ambito del progetto RI-URBANS. I dati sono stati analizzati con il metodo del nano-particle ranking (3), integrando dati meteorologici e di inquinanti forniti da ARPA Lombardia. Le caratteristiche delle masse d'aria sono state valutate con il modello Flexpart, accoppiato al modello meteorologico WRF e ai dataset CAMS (4).

Risultati: Le distribuzioni dimensionali hanno subito variazioni stagionali. In inverno sono state osservate elevate concentrazioni di particelle grandi (>50 nm), favorite dalla stabilità atmosferica, dalla bassa altezza dello strato rimescolato e dalle intense emissioni da riscaldamento domestico. In primavera-estate, il maggiore rimescolamento atmosferico ha favorito, invece, l'aumento delle concentrazioni di particelle più piccole (sub-10 nm) nelle ore centrali della giornata, segno di una forte NPF. In autunno sono state osservate caratteristiche intermedie, indicative del passaggio verso l'inverno.

Le analisi hanno mostrato che gli eventi di forte NPF a Milano sono stati favoriti da basse concentrazioni di inquinanti (BC, CO, SO₂, NO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}), da un ridotto condensation sink e da un elevato indice di ventilazione atmosferica. Ulteriori condizioni favorevoli sono state la presenza di masse d'aria provenienti da nord-nordovest, la loro breve permanenza nella Pianura Padana e la loro limitata esposizione alle sorgenti antropogeniche. L'analisi del tasso di formazione ha mostrato un aumento della produzione di particelle da 3 nm durante gli eventi di NPF più intensi. Al contrario, la formazione di particelle da 1.5 nm è rimasta costante indipendentemente dall'intensità della NPF, suggerendo che il clustering a 1.5 nm è sempre avvenuto, mentre la crescita delle particelle era modulata da condizioni specifiche.

Conclusioni: Complessivamente il nostro studio ha permesso una prima descrizione ad alta risoluzione delle distribuzioni dimensionali in numero del particolato ultrafine e una prima analisi dettagliata della NPF a Milano. In particolare, è stato rilevato che la NPF a Milano è favorita da masse d'aria con basso condensation sink, alto indice di ventilazione e breve permanenza nella Pianura Padana.

Bibliografia

- [1] Schraufnagel 2020. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0403-3>
- [2] Gordon et al. 2017. <https://doi.org/10.1002/2017JD026844>
- [3] Aliaga et al., 2023. <https://doi.org/10.5194/ar-1-81-2023>
- [4] Brioude et al., 2013. <https://doi.org/10.5194/gmd-6-1889-2013>, 2013

Valutazione di filtri di campionamento e miscele di digestione per la quantificazione multi-elementare del PM₁₀ derivante dall'usura dei freni

Aleandro Diana ^{1*}, Mery Malandrino ¹, Riccardo Cecire ^{1,2}, Matteo Marafante ¹, Paolo Inaudi ³, Agnese Giacomino ³, Ornella Abollino ³, Agusti Sin ⁴, Stefano Bertinetti ¹

¹ Dip. Chimica, Università di Torino; ² Dip. Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino; ³ Dip. Scienza e Tecnologia del Farmaco; ⁴ ITT Friction Technologies, Barge (CN)

* Corresponding author. E-mail: aleandro.diana@unito.it

Keywords: Metalli; Emissioni non esauste; Analisi ICP; Tribometro.

Introduzione: Le emissioni non-esauste da traffico veicolare, in particolare le particelle derivanti dall'usura dei freni, risultano sempre più rilevanti per la qualità dell'aria in contesti urbani. La composizione chimica di questo tipo di particolato è prevalentemente inorganica e la quantificazione di elementi in tracce e ultratracce è quindi cruciale per identificare marker inorganici idonei [1]. In assenza di procedure standardizzate per la loro caratterizzazione [2], risulta necessario sviluppare un'ideale procedura analitica che tenga conto della selezione sia del filtro di campionamento appropriato che della miscela di digestione più efficiente per la solubilizzazione del particolato.

Metodi: Sono state selezionate tre miscele di attacco per la digestione coadiuvata dalle microonde: A, 4 mL HNO₃ + 1 mL H₂O₂ [4]; B, 4 mL HNO₃ + 2 mL HBF₄ e C, 4 mL HNO₃ + 1 mL H₂O₂ + 1 mL HBF₄. Queste sono state testate sui seguenti campioni di materiale certificato (CRM): NIST 1648a (Urban Particulate Matter) e BCR 176 (Fly Ash).

Campioni di PM₁₀ generato dall'usura di materiali d'attrito semplificati e disco in ghisa grigia sono stati ottenuti tramite un tribometro Bruker UMT-TriboLab seguendo una procedura WLTP [3] semplificata. Sono stati analizzati 23 campioni di PM₁₀ relativi a due materiali d'attrito Low-Steel (LS) e NAO (Non-Asbestos Organic), campionati su due tipologie differenti di filtri: EMFAB (microfibra di vetro borosilicato rinforzata e legata con PTFE) e PTFE con anello rigido in polimetilpentene. Sono stati determinati i seguenti analiti: Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti, V, Zn e Zr

Risultati: La miscela B ha mostrato ottime percentuali di recupero (80-105%) per la maggior parte degli elementi determinati in entrambi i CRM e una buona ripetibilità (RSD% < 5%). Il confronto tra le due tipologie di filtro ha evidenziato differenze marcate: EMFAB presenta un contributo di fondo significativo dovuto principalmente al Ba, Ca, K, Mg, Na, Ti e Zr e una morfologia fibrosa e irregolare (confermata da analisi SEM), mentre i filtri PTFE mostrano un background elementare inferiore e una morfologia compatta e regolare ma richiedono una manipolazione più attenta. L'analisi statistica ha confermato che il materiale del filtro influisce in modo significativo sulla quantificazione elementare, in particolare quando la massa di PM₁₀ raccolta è limitata, evidenziando l'importanza di un'attenta selezione del filtro e delle procedure di manipolazione.

Conclusioni: Il workflow operativo sviluppato permette l'analisi multi-elementare del PM₁₀ da usura freni con buona accuratezza e precisione. In condizioni di limitata massa di PM₁₀, l'uso di filtri in PTFE (con procedure di manipolazione controllate) è raccomandato per permettere la corretta quantificazione di elementi a livello di tracce/ultratracce, a supporto del monitoraggio ambientale e della valutazione delle emissioni non-esauste.

Bibliografia

[1] Amato F (ed.). 2018. ISBN: 978-0128117705

[2] OECD. 2020. DOI: 10.1787/4a4dc6ca-en

[3] PMP Task Force 2. 2021. <https://wiki.unece.org/display/trans/PMP+Web+Conference+15.07.2021>

[4] UNI EN 14902. 2005. <https://store.uni.com/uni-en-14902-2005>

Le sorgenti di particelle nell'area urbana di Bologna con tecniche di source apportionment

Arianna Trentini^{1*}, Fabiana Scotto¹, Dimitri Bacco¹, Matteo Rinaldi², Marco Paglione², Marco Rapuano², Stefano De Cesari², Vanes Poluzzi¹

¹ CTR Aria, Arpae Emilia-Romagna, ² CNR-ISAC

* Corresponding author. Tel: +39 3317436992, E-mail: atrentini@arpae.it

Keywords: ASD, ACSM, BC, PMF EPA

Introduzione: La nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria (UE 2024/2881) mette in luce l'importanza di conoscere il comportamento di inquinanti come il numero di particelle, il black carbon e la composizione chimica del particolato. Diventa quindi fondamentale conoscere quali sorgenti impattano l'aerosol che respiriamo da un nuovo punto di vista. L'alta risoluzione temporale delle misure ad oggi disponibili rende possibile, tramite l'analisi al recettore, avere informazioni orarie sulle possibili sorgenti. Obiettivo di questo lavoro è quindi un'analisi di source apportionment per le particelle con parametri fisici e chimici in un sito urbano dell'Emilia-Romagna.

Metodo: Nel 2023, a Bologna, sono stati misurati il numero di particelle e la loro distribuzione dimensionale in un range di 10 - 800 nm (TSI, mod. 3938W50, flow controller mod. 3082 + DMA mod. 3083 e un contatore a nuclei di condensa a butanolo mod.3750, calibrato TROPOS); su tali dati è stata eseguita un'analisi tramite il software PMF EPA 5 a risoluzione oraria assieme ai dati di composizione chimica e assorbimento misurati da un Aerosol Chemical Speciation Monitor (ACSM, Aerodyne inc) e da un etalometro (MetOne, 10 canali), utilizzati entrambi per massimizzare le informazioni orarie, allo scopo di apporzionare le sorgenti di aerosol. Dati di NO_x, NO, O₃, CO, benzene, oltre che i parametri meteorologici, sono stati utilizzati per valutazioni a corredo dell'analisi.

Risultati: Le principali soluzioni hanno individuato quattro fattori, comuni a tutte le soluzioni, in cui sono presenti solo le particelle ultrafini (< 100 nm) e in percentuali differenti il BC: nucleazione e crescita successiva e due fattori traffico, con variazioni nella distribuzione dimensionale.

Altri tre fattori sempre presenti con profili molto simili, al cui interno vi sono, con diversi contributi, tutti i parametri PNC, ACSM e BC, sono: una sorgente con caratteristiche da secondario invernale, un secondario regionale e un fattore caratteristico del biomass burning. Soluzioni con più fattori mostrano ulteriori sorgenti che hanno caratteristiche simili a un aerosol maggiormente invecchiato e/o fattori in linea con il traffico ma con diametri medi maggiori dei precedenti.

Conclusioni: L'analisi PMF su questi dati, rispetto a quella tradizionale giornaliera sulla chimica del PM, ha permesso l'esplorazione dell'andamento giornaliero dei diversi fattori, l'individuazione di nuove sorgenti, come la formazione di particelle, e una caratterizzazione di diversi fattori per la componente traffico. Come atteso, infatti, le sorgenti UFP predominano, in linea con la letteratura più recente [1, 2], con percentuali attorno al 40 % sia per i fattori legati agli eventi di nucleazione che per quelli assimilabili al traffico. L'utilizzo dei dati ACSM e di BC ha fornito ulteriori indicazioni utili a caratterizzare meglio i diversi fattori, in particolare quelli più legati alla componente aged o secondaria.

Bibliografia

[1] Vörösmarty et al., 2024. DOI: 10.5194/acp-24-5695-2024

[2] Meritxell GM, et al. 2024. DOI 10.1016/j.envint.2024.109149

Pedonalizzazioni nei pressi di istituti scolastici e qualità dell'aria: misure di particolato statiche e dinamiche nelle 'Strade scolastiche' Corridoni-Savaré-Respighi a Milano

Silvia Moroni^{1*}, Andrea Doldi¹, Annalisa Vertemati¹, Ramon Pedrini¹, Michele Cordini¹

¹ AMAT - Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio s.r.l., Milano, 20134

*Corresponding author. Tel: +39 02 88467292, E-mail: silvia.moroni@amat-mi.it

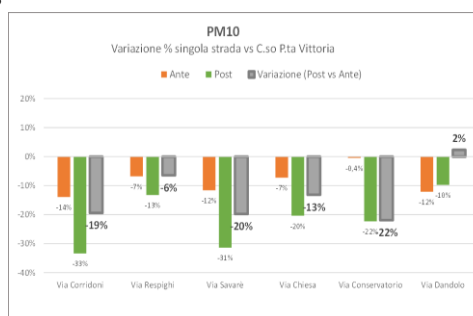
Keywords: air quality, sensors, PM10, PM2.5, pedestrian areas, personal exposure

Introduzione: Al fine di dimensionare gli interventi di protezione degli ambiti sensibili dal traffico di prossimità, nell'ambito del Piano Aria e Clima del Comune di Milano, l'amministrazione comunale ha messo in campo una serie di studi e valutazioni sperimentali che, attraverso la misurazione di diversi inquinanti di interesse per i loro effetti sulla salute, consentano di definire in maniera oggettiva l'entità dell'efficacia di diverse tipologie di intervento.

Metodi: Nel caso di studio in oggetto si è valutato l'effetto della pedonalizzazione di un'area prospiciente un complesso scolastico mediante misurazioni Ante e Post operam sia di tipo 'statico', presso uno dei plessi scolastici, che di tipo 'dinamico' attraverso l'utilizzo di strumenti portatili su percorsi pedonali lungo le vie oggetto di divieto di transito veicolare (via Corridoni, via Savaré e via Respighi) e nelle vie limitrofe.

Risultati: Relativamente alle misure 'statiche' effettuate mediante strumento di tipo OPC 'near-reference' (mod. EDM2 64Pro, Grimm-Durag), situato al secondo piano dell'istituto scolastico interessato, è stato riscontrato che nel periodo Ante pedonalizzazione il picco delle concentrazioni di tutte le frazioni di particolato (PM10, PM2.5, PM1 e PN - Particle Number) si osservava tra le ore 9:00 e le ore 10:00, mentre successivamente alla pedonalizzazione in tale ora si è osservata una riduzione delle concentrazioni per PM2.5, PM1 e PN. Mediante misure 'dinamiche' su percorsi pedonali effettuate con strumenti portatili (mod. Aerocet 830, Metone Inc.) è stato possibile misurare un miglioramento tra periodo Ante e periodo Post Operam relativamente alla pedonalizzazione, che arriva in media al -19% in via Corridoni e al -20% in via Savaré per le concentrazioni di PM10 e al -30% via Corridoni e al -26% in via Savaré per le concentrazioni di particolato totale TSP (Total Suspended Particle).

Conclusioni: Misurazioni a campo consentono di confermare l'efficacia della realizzazione di aree pedonali di una certa estensione nella protezione dei siti sensibili, quali i plessi scolastici, per ridurre l'esposizione dei soggetti più vulnerabili al particolato atmosferico legato al traffico veicolare.



Pedonalizzazione nell'ambito dell'iniziativa 'Piazze sonore' a Milano in via Corridoni, via Savaré, via Respighi (sx); variazioni Ante e Post pedonalizzazione delle concentrazioni di PM10 nelle diverse strade (dx)

Bibliografia

- [1] Pant, P & Harrison, RM 2013, 'Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review', Atmospheric Environment, vol. 77, pp. 78-97. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.028>
- [2] Csobod, E. (2014). SINPHONIE – Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe - Final Report.

Progetto AIRCAMPUS: studio della composizione e delle sorgenti del PM10 nell'area della piana Firenze-Prato

F. Lucherini¹, G. Calzolai², M. Chiari², C. Fratticioli¹, F. Giardi², F. Lucarelli^{1,2}, S. Nava^{1,2}, S. Becagli³, R. Traversi⁴, M. Severi³

¹ Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, ² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Firenze, ³ Dipartimento di Chimica, Università di Firenze

* Corresponding author. Tel: +39 055 4572727, E-mail: silvia.nava@unifi.it

Keywords: PM10, area urbana, source apportionment

Il progetto AIRCAMPUS è stato sviluppato con lo scopo di caratterizzare la composizione chimica e studiare le sorgenti del PM10 nell'area della piana fiorentina, ovvero nella zona metropolitana che va da Firenze a Prato, in cui è inclusa l'area del Campus di Sesto Fiorentino dove giornalmente stazionano circa 3000 persone fra studenti, docenti e lavoratori degli enti di ricerca. Quest'area, densamente abitata e trafficata, è caratterizzata da significative emissioni antropiche, principalmente legate al traffico veicolare e al riscaldamento residenziale. La morfologia a vallata ed il clima continentale, con frequenti inversioni termiche, o comunque basso strato di rimescolamento, ostacolano la dispersione e favoriscono situazioni di accumulo e ristagno degli inquinanti (e formazione di aerosol secondario), specialmente nella stagione invernale.

Il progetto include un campionamento estensivo del PM10 su base giornaliera, per un anno (Marzo 2025 – Marzo 2026) nel Campus di Sesto Fiorentino, con successiva analisi tramite diverse tecniche chimico-fisiche fra loro complementari: Particle Induced X-ray Emission per la composizione elementare, cromatografia ionica per i principali ioni inorganici, metansolfonato e levoglucosano, analisi termo-ottiche per carbonio organico (OC) ed elementare (EC). Queste analisi sono state inoltre affiancate da misure in tempo quasi reale (NRT) ad elevata risoluzione temporale (due ore) grazie all'utilizzo di un monitor XRF online di metalli Xact 625i (Salibri Cooper Inc.), di un analizzatore EC- OC da campo (Sunset Laboratory Inc.) e di un misuratore automatico di PM per attenuazione beta (Envea MP101M).

L'analisi di questi dati tramite Positive Matrix Factorization (PMF) ha permesso di identificare le principali sorgenti del PM10 e di quantificarne il contributo. In particolare, la presenza di dati ad elevata risoluzione temporale ha permesso di caratterizzare in dettaglio le evoluzioni temporali più rapide dovute alla variabilità delle emissioni e dei parametri meteorologici (intensità e direzione del vento, sviluppo diurno dello Strato Limite).

Composizione chimica e sorgenti del PM10 nel distretto lombardo dei mobilifici caratterizzato da elevate concentrazioni di benzo(a)pirene

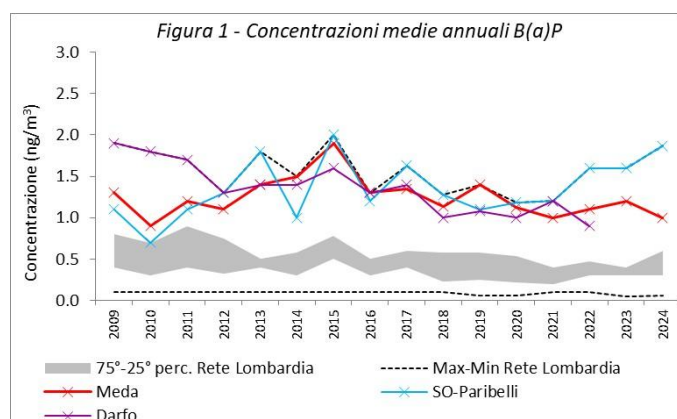
U. Dal Santo^{1, *}, B. Biffi¹, L. Carroccio¹, C. Colombi¹, E. Cuccia¹, L. D'Angelo¹, A. Di Leo¹, M. Franciosa¹, A. Marongiu¹, F. Radrizzani¹, G. Lanzani¹.

¹ ARPA Lombardia – Milano, 20124

* Corresponding author. Tel: +39 3371110888, E-mail: u.dalsanto@arpalombardia.it

Keywords: PM10, benzo(a)pirene, source apportionment, combustione di biomassa

Il benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo, è l'unico IPA con un limite di legge (1 ng/m³ sulla media annuale). In Lombardia è attiva dal 2008 una rete di misura per il B(a)P che comprende 14 siti; storicamente, le concentrazioni più elevate sono state rilevate nei siti di Darfo, Meda e Sondrio (Figura 1). Secondo l'inventario IN.EM.AR [1], per i comuni di Sondrio, Darfo e Meda circa il 90% del B(a)P ha origine dalla combustione di "legna e similari"; tuttavia, se consideriamo le emissioni ripartite per attività, la principale sorgente a Sondrio e Darfo è la "combustione non industriale" (rispettivamente 85% e 90%), ovvero il riscaldamento degli edifici, mentre a Meda è la "combustione nell'industria" (65%), in coerenza con le note attività artigianali e industriali dell'area a Nord di Milano tra le provincie di CO e MB, in cui si sviluppa il *distretto del mobile*. Tra novembre 2020 e luglio 2021 ARPA Lombardia ha effettuato una campagna di approfondimento in quattro comuni ricadenti in questo territorio; Milano è stata assunta come sito di "bianco" relativamente all'attività industriale per la lavorazione del legno. Le maggiori concentrazioni di B(a)P misurate nei comuni del distretto del mobile sono state correlate all'utilizzo della legna e dei suoi derivati. Inoltre, tale combustione sembra emettere più IPA rispetto a quanti ne vengano prodotti dalla biomassa certificata per il riscaldamento, spiegando così anche il diverso rapporto Levoglucosano/B(a)P rispetto alla città di Milano. Da gennaio 2023 a marzo 2024 è stato effettuato un ulteriore approfondimento, con l'obiettivo di valutare anche le variazioni nel corso degli anni. Considerata la lunga serie storica di dati disponibile, si è deciso di focalizzare lo studio su Meda, effettuandone la speciazione chimica completa del PM10 e l'analisi di source apportionment mediante Positive Matrix Factorization. Emerge la presenza di un profilo di tipo industriale legato a processi di combustione di biomassa attivi soprattutto durante i giorni feriali.



Questa sorgente risulta significativa soprattutto in relazione alle emissioni di B(a)P, potassio (K) e titanio (Ti), probabilmente legate alla combustione di legna trattata con vernici. Nel corso degli anni, le concentrazioni di K e Ti, in rapporto al PM10, sono progressivamente diminuite, a differenza del B(a)P che non ha mostrato alcuna tendenza. Questo sembra evidenziare una variazione nei processi di combustione che potrebbe avere coinvolto sia la quantità e la tipologia del materiale combusto, sia le modalità stesse di combustione.

Bibliografia

- [1] <https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/WebHome>
- [2] <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>

Source Apportionment
mediante modelli source-
e receptor-oriented

Analisi del contributo emissivo del settore riscaldamento alla qualità dell'aria in Toscana tramite source apportionment modellistico CAMx-PSAT

Caterina Busillo^{1*}, Francesca Guarnieri¹, Bianca Patrizia Andreini², Chiara Collaveri², Dennis Dalle Mura², Fiammetta Dini², Roberto Fruzzetti² Enzo Piscitello³

¹ Consorzio Lamma; ² ARPAT, ³ Techne Consulting

* Corresponding author. Tel: +39 055 522 100, E-mail: busillo@lamma.toscana.it

Keywords: CAMx, Source apportionment, PSAT, tagging

La conoscenza della provenienza delle polveri atmosferiche costituisce un elemento chiave per la valutazione e la gestione della qualità dell'aria, per supportare l'individuazione di misure di mitigazione efficaci e la definizione di strategie di controllo delle emissioni. Il source apportionment modellistico rappresenta un processo complesso, che richiede una valutazione delle condizioni meteorologiche, delle caratteristiche geografiche e della distribuzione spaziale delle pressioni antropiche nell'area di studio. Tale approccio consente di effettuare in modo efficiente simulazioni che permettono di identificare e quantificare il contributo delle differenti categorie emissive alla formazione del PM in uno specifico recettore.

Il CAMx [1] è un modello numerico tridimensionale utilizzato per simulare la qualità dell'aria e l'evoluzione spazio-temporale delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici. Il modulo PSAT (Particle Source Apportionment Technology) [2] si basa su una tecnica diagnostica integrata nel modello, comunemente definita tagging, che consente di tracciare esplicitamente le masse degli inquinanti e dei loro precursori attribuibili a specifiche sorgenti emissive o regioni di provenienza. PSAT garantisce la conservazione della massa durante i processi chimici e fisici e permette di stimare in modo coerente i contributi delle diverse sorgenti alla concentrazione di particolato atmosferico.

Nel presente lavoro viene illustrata l'applicazione del sistema modellistico WRF/CAMx-PSAT al dominio della Regione Toscana, apporzionando la fonte "riscaldamento". Il dataset emissivo utilizzato deriva dall'inventario IRSE-2019, mentre la simulazione è stata condotta sull'anno 2025. La modellazione ha riguardato le componenti di aerosol solfato (SO_4^{2-}) e nitrato (NO_3^-) e le specie chimiche correlate (SO_2 , NO , NO_2 , HNO_3 , NH_3 , NH_4^+). La configurazione PSAT prevede l'utilizzo di 9 traccianti, 6 regioni sorgente e un unico macrosettore emissivo.

Le stime ottenute sono state confrontate con le misure disponibili presso le stazioni di monitoraggio, al fine di valutare la performance modellistica. In particolare, sono stati utilizzati i dati della stazione di LU-Capannori, hot spot della Toscana per il riscaldamento da biomassa, che mettono in evidenza il contributo di questa sorgente, quali ad esempio PM e Black Carbon orari, nanoparticelle e speciazione PM_{2.5}. La speciazione del PM_{2.5} viene effettuata su circa 15 campioni giornalieri al mese da febbraio 2025 con analisi di specie ioniche, metalli/elementi in traccia e determinazione di carbonio organico e carbonio elementare (OC/EC).

Bibliografia

- [1] https://www.camx.com/Files/CAMxUsersGuide_v7.20.pdf
- [2] https://www.camx.com/Files/camx_psat.pdf
- [3] <https://www.regione.toscana.it/-/progetto-patos-particolato-atmosferico-in-toscana>

Caratterizzazione chimico-fisica del particolato a Milano: il ruolo delle diverse sorgenti primarie e secondarie

C. Colombi^{1,*}, E. Cuccia¹, U. Dal Santo¹, B. Biffi¹, L. D'Angelo¹, G. Lanzani¹

¹Arpa Lombardia, Milano, 20124, Italy

Keywords: PM10, PM2.5, source apportionment, composizione chimica, distribuzione dimensionale, UFP, VOC's

Dal 2013 ARPA Lombardia effettua giorno per giorno la caratterizzazione chimica completa sui campioni di PM10 e PM2.5 provenienti da Milano-Pascal, un sito di *background urbano* (IPA, elementi con Z>11, carbonio organico ed elementare, sali inorganici solubili e zuccheri). In anni recenti sono state introdotte analisi orarie delle componenti del PM (carbonio organico ed elementare mediante la combinazione di AE33 e TCA08, aerosol organico e ioni inorganici secondari con ToF- x-ACSM) per integrare il set di dati a lungo termine esistente. Inoltre, sono state eseguite misurazioni della distribuzione dimensionale utilizzando uno *Scanning Mobility Particle Sizer* (SMPS, TSI), con riferimento alle particelle aventi diametro aerodinamico equivalente (d_{ae}) compreso tra 10 nm e 800 nm per valutare le caratteristiche degli aerosol a diversi intervalli dimensionali. Infine, le misure sono state implementate con l'analisi dei Composti Organici Volatili (VOC) comprendendo i composti molecolari nel range C₂-C₁₂, per una valutazione dei precursori dell'ozono.

A partire dalla composizione giornaliera del PM, un database così incredibilmente ampio, soprattutto in termini temporali, consente di ottenere preziose informazioni sull'evoluzione temporale del particolato atmosferico e delle sue fonti. Ad esempio, dallo studio nel tempo delle diverse specie che compongono il PM [1], sono emerse tendenze decrescenti per alcune di esse, come ad esempio il carbonio elementare e alcuni elementi di origine antropica come il rame. Il set di dati consente di studiare le variazioni diurne nella composizione dell'aerosol sia dal punto di vista chimico che dimensionale.

I dati di speciazione chimica di PM10 e PM2.5 sono stati elaborati mediante l'applicazione dell'algoritmo multivariato EPA-PMF5 [2] e SoFi 9 (Datalystica Ltd., Villigen, Switzerland) con l'obiettivo di indagare il contributo delle principali sorgenti e la loro variazione nel tempo. Sono stati impiegati metodi statistici per valutare le tendenze a lungo termine e rilevare potenziali variazioni nei contributi delle sorgenti nel tempo. Inoltre, sfruttando la lunghezza delle serie temporali, è stata anche studiata la variazione nel tempo delle caratteristiche dei profili chimici dei profili fattoriali applicando un approccio *rolling* [3].

I dati prodotti dall'SMPS sono stati elaborati per valutare le caratteristiche degli aerosol a diversi intervalli dimensionali. Combinando l'analisi di ripartizione delle sorgenti con la composizione del PM risolta in base alle dimensioni, questo studio mira a fornire preziose informazioni sul ruolo delle diverse fonti nelle varie frazioni granulometriche.

Bibliografia

- [1] VV.AA. Report on Source Apportionment, 2024, <https://www.lifeprepare.eu/>
- [2] P. Hopke, 2001. A Guide To Positive Matrix Factorization
- [3] Via, M. et al., 2022. <https://doi.org/10.5194/amt-15-5479-2022>

Source apportionment e dinamiche di trasporto dell'aerosol lungo gradienti altitudinali nelle Alpi Occidentali mediante Positive Matrix Factorization (PMF) multisito

Eleonora Favaro^{1,*}, Elena Barbaro², Henri Diémoz³, Stefano Bertinetti⁴, Mary Malandrino⁴, Alexis Foretier⁵, Silvia Ferrarese⁵, A. Bellini³, Michele Freppaz⁶, Raffaella Balestrini⁷, Mara Bortolini¹, Andrei Munteanu¹, Stefano Frassati¹, Matteo Marafante⁴, Eros Mariani⁸, Paolo Bonasoni⁹, Francesco Petracchini¹⁰, Luigi Mazari Villanova¹⁰, Stefania Gilardoni², Andrea Gambaro¹, Matteo Feltracco¹

¹Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia, Venezia 30172, Italia

²Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), Venezia 30172, Italia ³Sezione

Atmosfera e Radiazione Solare, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) della Valle

D'Aosta, Saint-Christophe 11020, Italia ⁴Dip. Chimica, Università di Torino, Torino 10125, Italia ⁵Dip.

Fisica, Università di Torino, Torino 10125, Italia ⁶Dip. Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università

di Torino, Grugliasco 10095, Italia ⁷Istituto di Ricerca sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche

(CNR-IRSA), Brughiero 20861, Italia ⁸Area Territoriale di Ricerca di Milano, Consiglio Nazionale delle

Ricerche (CNR), Milano 20133, Italia ⁹Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale

delle Ricerche (CNR-ISAC), Bologna 40129, Italia ¹⁰Dip. Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per

l'Ambiente, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR- DSSTA), Roma 00185, Italia

*Corresponding author. E-mail: eleonora.favaro@unive.it

Keywords: PM₁₀, source apportionment, Alpi, PMF multisito

Le regioni d'alta montagna sono caratterizzate da condizioni di fondo pur rimanendo sensibili all'influenza del trasporto atmosferico regionale e a lunga distanza, e pertanto costituiscono siti di osservazione fondamentali per studiare la composizione e le dinamiche atmosferiche. Nonostante la distanza dalle principali sorgenti emmissive, i siti d'alta quota sono interessati dal trasporto di inquinanti tramite circolazione atmosferica su scala regionale e continentale, regimi di circolazione valliva e da eventi episodici di trasporto a lungo raggio [1,2]. In particolare, nelle Alpi Italiane, l'avvezione di aerosol dalla Pianura Padana, una delle aree più inquinate d'Europa, risulta particolarmente rilevante per via della sua prossimità geografica [3].

In questo studio è stato applicato un approccio di receptor modeling basato sui dati per caratterizzare le sorgenti e i processi di trasporto dell'aerosol nelle Alpi Occidentali, in Valle D'Aosta, mediante Positive Matrix Factorization (PMF) multisito. La campagna di campionamento è stata condotta tra luglio e settembre 2024 presso tre siti lungo un gradiente altitudinale da 318 a 3480 m s.l.m., permettendo di analizzare i gradienti verticali e i contributi delle sorgenti dalla valle alle cime montane. Il PM₁₀ è stato raccolto tramite un campionatore ad alto volume con risoluzione temporale di 24 h e 12 h (00:00-12:00 e 12:00-00:00), al fine di catturare i pattern di circolazione mesoscalare.

L'analisi PMF si è basata su un ampio set di marker chimici, tra cui ioni, elementi maggiori e in tracce, frazioni carboniose, zuccheri e due classi di contaminanti emergenti (benzotiazoli e ritardanti di fiamma organofosfati). Tale caratterizzazione ha permesso una risoluzione e quantificazione dettagliata delle principali tipologie e sorgenti di aerosol, quali polveri minerali, aerosol secondario inorganico e organico, emissioni biogeniche, sorgenti legate al traffico e all'industria, nonché componenti trasportate a lunga distanza. L'inclusione di traccianti di nuova generazione ha migliorato l'identificazione di specifici contributi antropogenici in ambienti alpini remoti.

Per supportare l'interpretazione dei risultati della PMF, sono state analizzate anche le proprietà ottiche e la distribuzione dimensionale dell'aerosol, al fine di esaminare la variabilità temporale e le caratteristiche fisiche delle sorgenti individuate. Questi dati complementari ad alta risoluzione hanno fornito evidenze indipendenti

delle dinamiche di trasporto, evidenziando sia i pattern diurni associati alla circolazione valliva sia eventi di trasporto a medio e lungo raggio, tra cui episodi di intrusione di polveri sahariane e di fumo da incendi boschivi dal Nord America. Infine, tecniche di telerilevamento sono state utilizzate per ottenere una caratterizzazione verticale dell'atmosfera che, insieme a un'analisi meteorologica completa, ha confermato il ruolo del trasporto a media e lunga distanza nelle variazioni osservate delle concentrazioni e delle proprietà dell'aerosol.

Questo studio evidenzia il ruolo delle regioni montane come recettori dell'inquinamento proveniente da sorgenti a diversa distanza e sottolinea l'importanza di approcci integrati e multisito per comprendere le dinamiche dell'aerosol in aree caratterizzate da topografia complessa. I risultati forniscono indicazioni rilevanti per il miglioramento della modellistica atmosferica e della valutazione della qualità dell'aria in ambienti alpini remoti.

Bibliografia

- [1] Bukowiecki et al., *Aerosol Air Qual. Res.* 16 (2016) 764–788.
- [2] Giovannini et al., *Quart J Royal Meteor Soc* 143 (2017) 2389–2402.
- [3] Diémoz et al., *Atmos. Chem. Phys.* 19 (2019) 10129–10160.

Source apportionment dell'aerosol organico a Firenze nell'ambito del progetto europeo MI-TRAP

L. Cadeo^{1*}, S. Rimoldi¹, M. Acton-Bond¹, V. Bernardoni¹, G. Calzolari², C. Fratticioli^{2,3}, F. Giardi², F. Lucarelli^{2,3}, S. Nava^{2,3}, A. Bracci⁴, L. Di Liberto⁴, F. Pasqualini⁴, G. Valli¹, R. Vecchi¹

¹Dip. di Fisica, Università degli Studi di Milano; ²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Firenze; ³Dip. di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze, ⁴CNR-ISAC Istituto di Scienze dell'Ambiente e del Clima

* Corresponding author. E-mail: laura.cadeo@unimi.it

Keywords: ACSM, aerosol organico, source apportionment, PMF

Nelle aree urbane, le emissioni dal settore dei trasporti costituiscono uno dei maggiori contributi alle concentrazioni di aerosol (PM) in atmosfera. Il progetto europeo Horizon MI-TRAP (MIItigating Transport-Related Air Pollution in Europe [1]) si propone di caratterizzare queste sorgenti e valutarne l'impatto, conducendo campagne di misura in siti da traffico, porti e aeroporti in dieci città europee, tra cui Firenze e Milano.

La campagna di misura MI-TRAP a Firenze ha avuto inizio a novembre 2025 e terminerà a fine febbraio 2026. Una stazione ad alta risoluzione (< 1 h) è stata allestita all'interno del perimetro dell'Aeroporto di Firenze, nei pressi dell'autostrada A11, ed è stata equipaggiata con un pool di strumenti, tra cui un Q-ACSM, un Xact 625i e un Aethalometer AE36, che permettono una caratterizzazione chimica completa e in tempo reale del PM_{2.5}. L'obiettivo di questo lavoro è condurre il primo studio di source apportionment (SA) dell'aerosol organico (OA) a Firenze, corroborando i risultati con un'analisi di SA dei soli elementi tramite EPA- PMF [2] e di apporzionamento ottico tramite Aethalometer Model [3].

L'apporzionamento dell'OA è stato condotto con il software SoFi [4]. I risultati preliminari mostrano che il BBOA è il fattore primario dominante (53% dell'OA), mentre l'HOA è presente in misura minore (14%). Per quanto riguarda l'aerosol secondario, è stato individuato un unico fattore identificabile in un prodotto a rapida formazione da biomass burning. Dai confronti con i risultati del SA ottenuto da composizione elementare e su dati ottici emerge un buon accordo per quanto riguarda gli andamenti della sorgente biomass burning, mentre si osserva come l'HOA non sia completamente riconducibile alla sorgente traffico, risultando esso stesso parzialmente influenzato dalla combustione di biomassa. I risultati preliminari del SA condotto finora non mostrano una chiara segnatura dovuta alle emissioni legate all'attività aeroportuale.

A campagna terminata, si effettuerà uno studio di SA completo utilizzando le diverse variabili disponibili (OA, elementi, coefficienti di assorbimento, e, in aggiunta, ioni inorganici e PM_{2.5}) per fornire una descrizione completa delle sorgenti e, in particolare, un apporzionamento più accurato del PM nei contributi dovuti al settore dei trasporti.

Bibliografia

- [1] <https://mitrap-project.eu/>
- [2] Norris et al., 2014, <https://www.epa.gov/>
- [3] Sandradewi et al., 2008. <https://doi.org/10.1021/es702253m>
- [4] www.data.lystica.com

Un caso studio dei punti di forza e dei limiti nell'uso della composizione isotopica del Carbonio ($\delta^{13}\text{C}$) e dell'Azoto ($\delta^{15}\text{N}$) per l'individuazione delle fonti di particolato atmosferico a Napoli

Mauro Rubino^{1*}, Carmina Sirignano^{1,2}, Elena Chianese³, Miguel Angel Hernández-Ceballos⁴, Anikò Angyal⁵, Fabio Marzaioli¹, Davide Di Rosa¹, Giuseppe Caso¹, Angelo Riccio³

¹Dipartimento di Matematica e Fisica, Università della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta;

²Istituto di Scienze dell'atmosfera e del clima, Centro Nazionale delle Ricerche, Bologna,

³Dipartimento di Scienze e Tecnologia, Università Parthenope, Napoli,

⁴Departamento de Física, Universidad de Córdoba, Córdoba, Spain,

⁵Laboratory of Ion Beam Physics, Institute for Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences (MTA Atomki), Debrecen, Hungary

* Corresponding author. Tel: +39 3394532885, E-mail:mauro.rubino@unicampania.it

Keywords: metodologie isotopiche, cromatografia ionica, meteorologia, PM2.5, PM10

Introduzione: In questo studio, si mostra che gli isotopi di C ($\delta^{13}\text{C}$) e N ($\delta^{15}\text{N}$) nel particolato atmosferico (PM) sono strumenti utili per identificare un passaggio da fonti C3/fossili a carbonatiche per il C, e da fonti di volatilizzazione a combustione per l'N. Al contrario, gli isotopi mostrano il loro limite nell'identificazione dell'origine del PM durante eventi di combustione.

Metodi: Abbiamo campionato PM2.5 e PM10 dal tetto dell'edificio dell'Università in Largo San Marcellino a Napoli, durante due periodi solitamente caratterizzati da condizioni diverse meteorologiche (maggio e tardo novembre-gennaio). Abbiamo misurato il $\delta^{13}\text{C}$ e il $\delta^{15}\text{N}$ per identificare le fonti di C e N. Abbiamo analizzato la direzione e la velocità del vento e usato modelli di circolazione atmosferica (Hysplit) per determinare l'origine delle masse d'aria. Abbiamo misurato la concentrazione degli ioni principali (NH_4^+ , K^+ , Ca_2^+ , Na^+ , Mg_2^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Cl^-) e quella di C e N totali per caratterizzare la composizione del PM. Infine, abbiamo utilizzato dati pubblici di temperatura, umidità e copertura nuvolosa, e dati di concentrazione di composti gassosi monitorati per la qualità dell'aria per speculare sui meccanismi di formazione delle molecole nel PM.

Risultati: A maggio le masse d'aria provenivano principalmente da ovest e sud (Mar Mediterraneo- Tirreno), mentre in autunno arrivavano principalmente da nord, attraversando il continente europeo. A maggio, inoltre, si è passati da un tipico regime di brezze a venti prevalentemente da sud/sud-ovest. Durante questa stagnazione causata dal regime di brezza mare-terra, un picco di $\delta^{13}\text{C}$, di concentrazione di aerosol inorganici secondari di origine terrestre (SO_4^{2-} , NO_3^- e NH_4^+) e di Ca^{2+} suggeriscono che una frazione importante (fino al 18%) del C totale derivava da carbonato. Invece, il CPM2.5 totale derivava prevalentemente da fonti C3/fossili. Contemporaneamente, le variazioni di $\delta^{15}\text{N}$ mostrano che il NPM10 totale subiva uno spostamento dalle fonti di volatilizzazione a quelle di combustione. In autunno, abbiamo rilevato giorni in cui il PM10 era arricchito di specie (K^+ , NH_4^+ , NO_3^-) tipicamente associate a fonti terrestri e li abbiamo interpretati come eventi di combustione di biomassa. Per questi eventi, però, non si è misurata nessuna variazione significativa nella composizione isotopica di C e N.

Conclusioni: Le misure di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ possono essere indicatori qualitativi efficaci dell'origine del PM se integrati con l'analisi della composizione chimica e della traiettoria della massa d'aria. Tuttavia, le applicazioni quantitative richiedono firme isotopiche delle sorgenti di PM ben definite e un'attenta valutazione degli effetti del frazionamento.

Bibliografia

- [1] Chen et al. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35381-4>
- [2] Morera-Gomez et al. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105038>
- [3] Vodička et al. 2019 <https://doi.org/10.5194/acp-19-3463>

Coefficiente di assorbimento degli aerosol a Milano: evoluzione del ruolo della combustione di combustibili liquidi e solidi (2019–2025)

Giorgia Quercia¹, Marcus Acton-Bond¹, Laura Cadeo¹, Cristina Colombi², Rosario Cosenza², Sara Lucherini¹, Stefano Rimoldi¹, Gianluigi Valli¹, Roberta Vecchi¹, Vera Bernardoni^{1,*}

¹Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano, e INFN-Milano; ²ARPA Lombardia, Direzione Generale

* Corresponding author. Tel: +39 0250317499, E-mail: vera.bernardoni@unimi.it

Keywords: *Aethalometer model, coefficiente di assorbimento, parco veicolare*

Le componenti dell'aerosol atmosferico che assorbono radiazione elettromagnetica nel range UV-IR hanno impatti significativi sull'ambiente sia a scala locale (visibilità) [1], sia a scala globale [2]. Tra queste componenti, il black carbon (principale responsabile dell'assorbimento nell'IR) è anche classificato come cancerogeno di gruppo 2B. In questo studio analizziamo un dataset di cinque anni (luglio 2019–giugno 2025, escluso 2022) dei coefficienti di assorbimento dell'aerosol (b_{abs}), misurati a sette lunghezze d'onda (λ) nel range 370–950 nm con un *Aethalometer AE33* presso il sito di Milano-Marche, gestito da ARPA Lombardia. In questo lavoro, indaghiamo la variabilità temporale di $b_{\text{abs}}(\lambda)$ e applichiamo una versione multi- λ dell'*Aethalometer model* [3] per identificare i contributi a $b_{\text{abs}}(\lambda)$ della combustione di combustibili liquidi (CL, principalmente associati al traffico veicolare) e solidi (CS, principalmente associati a combustione di legna per riscaldamento domestico). Un importante avanzamento metodologico di questo lavoro è lo sviluppo di una nuova procedura di ottimizzazione completamente interna per i parametri liberi del modello, ovvero gli esponenti di Ångström di assorbimento specifici per CL (α_{CL}) e CS (α_{CS}). I valori ottimali identificati sono $\alpha_{\text{CL}} = 0.80$ e $\alpha_{\text{CS}} = 2.0$ e sono stati applicati in tutte le stagioni.

I risultati mostrano un chiaro ciclo stagionale di b_{abs} , con massimi in inverno e minimi in primavera. Il confronto tra i periodi 2019–2021 e 2023–2025 evidenzia una diminuzione generale di $b_{\text{abs}}(\lambda)$, più marcata alle lunghezze d'onda maggiori (950 nm) rispetto a quelle minori (370 nm). La ripartizione per sorgenti evidenzia distinti andamenti diurni, settimanali e stagionali dei contributi CL e CS, coerenti rispettivamente con le caratteristiche delle emissioni legate al traffico e al riscaldamento domestico. Sebbene la combustione di CL rimanga complessivamente la principale responsabile dei valori di b_{abs} misurati, la combustione di CS diventa dominante alle lunghezze d'onda corte durante l'inverno. Il modello mostra che la riduzione di $b_{\text{abs}}(\lambda)$ misurata nell'area milanese tra il 2019–2021 e il 2023–2025 può essere principalmente attribuita alla riduzione del contributo da CL (fino a –44% in autunno tra i due periodi). Questo risultato è supportato da un'analisi dell'evoluzione parco veicolare dell'area metropolitana di Milano (dati *Automobil Club Italiano*), che mostra una marcata riduzione dei veicoli diesel pre-EURO 6 e un parallelo aumento di veicoli a benzina e ibridi tra il 2020 e il 2024 (le auto elettriche, pur in aumento, risultano tuttora molto limitate). Il contributo da combustione di legna nel periodo ha invece subito diminuzioni più limitate, evidenziando la necessità di elaborare strategie di mitigazione mirate alla combustione domestica di CS.

Bibliografia

- [1] Valentini S et al. 2018. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.038>
- [2] IPCC 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- [3] Bernardoni V et al. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos8110218>, 2017

Metodi statistici e modelli di
Intelligenza Artificiale applicati alla
qualità dell'aria
&
Modellistica ed osservazioni del
trasporto di aerosol: dust incendi
eventi vulcanici

Integrazione di tecniche di Machine Learning in un sistema modellistico previsionale della qualità dell'aria

Andrea Bisignano^{1*}, Righi Chiara¹

¹ Arpal, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure

* Corresponding author. Tel: 0106437218, [E-mail andrea.bisignano@arpal.liguria.it](mailto:andrea.bisignano@arpal.liguria.it)

Keywords: Previsioni di qualità dell'aria, Random Forest, Kriging

Introduzione: I modelli previsionali di qualità dell'aria costituiscono la base per strategie di controllo e mitigazione dell'inquinamento atmosferico, e la loro accuratezza sta diventando sempre di più un obiettivo fondamentale delle Agenzie Regionali per l'Ambiente. In letteratura è presente un'ampia panoramica di modelli numerici, modelli statistici, metodi basati su algoritmi di intelligenza artificiale e, più recentemente, modelli ibridi [1]. Qui viene presentato l'approccio previsionale adottato da Arpal, basato sul sistema modellistico WRF-CHIIMERE, corretto con algoritmi di Machine Learning e di interpolazione geostatistica. La scelta del metodo adottato mira alla ricerca del miglior compromesso tra accuratezza, semplicità di implementazione e carico computazionale.

Metodi: Presso ARPAL, la catena meteo-dispersiva WRF-CHIMERE [2,3] è operativa 365 giorni l'anno, con due simulazioni al giorno per la produzione di previsioni ad 1 km di risoluzione orizzontale sulle 48 ore successive. Le uscite modellistiche vengono corrette utilizzando un algoritmo di Machine Learning supervisionato, basato su alberi decisionali, noto come Random Forest (RF) [4]. Per ogni inquinante, l'algoritmo viene applicato in ogni cella del dominio contenente una stazione di misura. Il periodo di training per l'addestramento dell'algoritmo (dal 1 gennaio 2024 fino all'ultimo giorno del mese precedente alla simulazione in corso) si basa sul confronto tra valori simulati e misurati di dieci variabili meteorologiche e di qualità dell'aria (note come *features*). La previsione corretta viene successivamente estesa a tutte le celle del dominio tramite un algoritmo di interpolazione geostatistica nota come Kriging Universale. Tra i vari metodi presenti in letteratura, qui viene considerato un modello di Kriging con deriva esterna (KED) [5] che consente di utilizzare una seconda variabile per guidare l'interpolazione. Quale forzante esterna, qui viene considerato l'output modellistico non corretto. Il risultato finale è quindi una mappa di concentrazione di inquinante, della stessa estensione e risoluzione del dominio della catena modellistica, basata sulle uscite corrette con i dati della rete di monitoraggio e interpolati con pesi calcolati a partire dalle uscite delle simulazioni non corrette.

Risultati/Conclusioni: In generale, l'introduzione degli algoritmi di Machine Learning fornisce un miglioramento dell'accuratezza previsionale delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici, sia in termini di errore sistematico sia casuale, specialmente nei siti dove le prestazioni del sistema non corretto sono carenti. L'affidabilità delle RF è legata principalmente ad una buona scelta delle *features* considerate e alla lunghezza dello storico misurato (e anche alla sua frequenza: e.g. la maggior parte delle stazioni di misura fornisce valori giornalieri per il particolato e orari per ossidi di azoto e altri gas). Per quanto riguarda il KED, invece, risulta di fondamentale importanza il numero e la disposizione delle stazioni di misura nel dominio considerato.

Bibliografia

- [1] Huang W. et al. 2021. DOI: 10.1016/j.inffus.2021.03.010
- [2] Menut L. et al. 2024. DOI: 10.5194/gmd-17-5431-2024
- [3] Skamarock W.C. et al. 2019. DOI: 10.5065/D68S4MVH
- [4] Pedregosa F. et al. 2011. DOI: 0.5555/1953048.2078195
- [5] Sherwood, C.R. et al. 2020. DOI: 10.5281/zenodo.4007988

Strumenti avanzati per la qualità dell'aria: simulazione, intelligenza artificiale e osservazione satellitare a supporto delle strategie di tutela ambientale e salute

A. Buono¹, V. Capozzi², E. Chianese², S. Lino³, R. Montella², D. Toscano³, A. Riccio^{2,*}

¹Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", ²Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale, Isola C4, 80143 Napoli, Italia; ³Ricerca sul Sistema Energetico — RSE S.p.A., Via Rubattino 54, 20134 Milano, Italia;

*Corresponding author. Tel: +39 081 5476613, E-mail: angelo.riccio@uniparthenope.it

Keywords: *Qualità dell'aria, machine learning, valutazione di impatto sulla salute, mortalità*

Introduzione: Il progetto SCINTILLA (Strumenti e tecnologie INnovaTive per la saLvaguardia della quaLità dell'Aria e la salute umana) mira alla salvaguardia della qualità dell'aria e alla tutela della salute umana attraverso strumenti e tecnologie innovative, in linea con le direttive europee e il Piano d'Azione Inquinamento Zero dell'Unione Europea. Il progetto si concretizza nella realizzazione di una piattaforma integrata per il monitoraggio, la previsione e l'analisi degli inquinanti atmosferici, a supporto delle strategie regionali di miglioramento della qualità dell'aria e di tutela della salute pubblica nell'area metropolitana di Napoli, una delle zone più densamente popolate d'Italia.

Metodi: In collaborazione con RSE (Ricerca sul Sistema Energetico) è stato avviato un progetto per la valutazione di scenari di mobilità e qualità dell'aria nel contesto portuale della città di Napoli. A tal fine, è stato applicato il modello di qualità dell'aria CAMx (Comprehensive Air Quality Model with Extensions) configurato su due domini annidati: uno nazionale (Italia, risoluzione 4 km) e uno regionale (Campania, risoluzione 1 km), validando le simulazioni tramite confronti con dati osservativi ARPAC per il 2017. Per superare le limitazioni dei modelli deterministici, sono state adottate tecniche di Intelligenza Artificiale basate su reti neurali (AFNO) e di machine learning (LURF), in grado di correggere il bias delle simulazioni e migliorare l'analisi delle concentrazioni di inquinanti. Una componente innovativa riguarda l'uso integrato di osservazioni satellitari (MAIAC MODIS AOD550) e modelli numerici per estendere la copertura del monitoraggio e calibrare le stime spaziali di PM₁₀, laddove scarseggiano le stazioni di misura.

Risultati: I risultati preliminari confermano la validità dell'approccio di data fusion per generare mappe continue di esposizione, più rappresentative per la valutazione del rischio sanitario e ambientale. Il progetto si pone come riferimento per strategie regionali di tutela ambientale, offrendo metodologie trasferibili in altri contesti territoriali.

Conclusioni: Gli strumenti modellistici avanzati sviluppati nell'ambito del progetto SCINTILLA dimostrano capacità promettenti nella simulazione della qualità dell'aria per l'area metropolitana di Napoli, consentendo non solo la valutazione di scenari evolutivi della mobilità e l'impatto di misure di mitigazione, ma anche un'analisi degli impatti sulla popolazione per l'esposizione agli inquinanti atmosferici.

Mappatura spaziotemporale ad alta risoluzione dei principali inquinanti atmosferici in Italia (2003-2023) tramite Machine Learning

Karam Mansour*, Matteo Rinaldi, Marco Paglione, Paolo Stocchi, Stefano Decesari, and Tony C. Landi

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC)

* Corresponding author. Tel: +39 051 639 9578, E-mail: k.mansour@isac.cnr.it

Keywords: *Qualità dell'aria, PM, Machine Learning, Mappatura ad alta risoluzione*

Introduzione: L'inquinamento atmosferico rappresenta una seria minaccia per la salute umana e per gli ecosistemi. Tra gli inquinanti più rilevanti, il biossido di azoto (NO₂) svolge un ruolo centrale: è associato a effetti avversi sulla salute e agisce come precursore fondamentale nella formazione dell'ozono troposferico (O₃). Anche il particolato atmosferico (PM) costituisce un fattore di rischio primario a livello globale: l'esposizione sia a breve sia a lungo termine è correlata a un aumento significativo della morbilità e della mortalità, con impatti rilevanti su sistemi respiratorio, cardiovascolare e neurologico. Per valutare efficacemente questi impatti, è essenziale disporre di mappe ad alta risoluzione delle concentrazioni di inquinanti atmosferici a livello del suolo.

Metodi: In questo studio, sono stati applicati algoritmi di machine learning (ML) per costruire serie storiche pluriennali di mappe giornaliere delle concentrazioni al suolo di NO₂, O₃, PM_{2.5} e PM₁₀. Le mappe coprono l'intero territorio italiano per il periodo 2003-2023 con una risoluzione spaziale di 0.01°×0.01° (~1 km). I modelli di ML sono stati addestrati utilizzando una combinazione di predittori basati su misure in situ provenienti da oltre 400 stazioni di monitoraggio fornite dall'*European Air Quality Portal, Agenzia Europea dell'Ambiente* (EEA). I principali predittori spaziali includono: CORINE Land Cover, fornisce 44 classi tematiche; *Global Human Settlement Layer*, per mappe di densità di popolazione; *NASA Digital Elevation*, fornisce informazioni topografiche. I predittori spaziotemporali sono i campi (i) delle principali variabili meteorologiche ad alta risoluzione, ottenuti mediante il downscaling della rianalisi ERA5 con il modello *convection-permitting* MOLOCH (MORE) e (ii) quelli dei valori di *aerosol optical depth* presi dal dataset *Long-term Gap-free High-resolution Air Pollutants*, versione 2 (LGHAP v2) (Bai et al. 2024).

Risultati: Sono stati valutati i risultati ottenuti applicando diversi modelli di ML supervisionato (Mansour et al. 2024b), tra cui *neural networks*, *regression ensembles*, e *regression trees*, analizzandoli in vari contesti operativi (urbani, suburbani e rurali) per identificare l'approccio ottimale. Abbiamo valutato l'efficacia dei modelli in base alla loro capacità di restituire una rappresentazione fedele della distribuzione spaziale degli inquinanti osservata. Sono in corso elaborazioni basate su tecniche di *explainable AI* (XAI), come l'analisi di dipendenza parziale e le Shapley Additive Explanations (SHAP), e tecniche di analisi statistica (Mansour et al. 2023; Mansour et al. 2024a), per chiarire le relazioni tra i predittori e le distribuzioni spaziotemporali degli inquinanti. **Conclusioni:** Questi strumenti forniranno nuove intuizioni sulle dinamiche della qualità dell'aria a livello nazionale con alta risoluzione spaziale. Tali progressi contribuiranno a una comprensione più approfondita dei processi di formazione, trasporto e rimozione dei principali inquinanti atmosferici presenti negli stati prossimi al suolo anche in aree in cui non sono presenti misurazioni puntuali.

Bibliografia

- [1] Mansour, et al. 2023, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162123
- [2] Mansour, et al. 2024a, DOI: 10.1038/s41612-024-00830-y
- [3] Mansour, et al. 2024b, DOI: 10.5194/essd-16-2717-2024
- [4] Bai, et al. 2024, DOI: 10.5194/essd-16-2425-2024

Tre approcci statistici per l'analisi funzionale di PM10 nel Nord Italia

Marco F. De Sanctis^{1*}, Andrea Gilardi^{1,2}, Giacomo Milan¹, Laura M. Sangalli¹, Francesca Ieva¹, Piercesare Secchi¹

¹MOX, Dipartimento di Matematica, Politecnico di Milano, Milano.

²Dipartimento di Economia, Metodi Quantitativi e Strategie d'Impresa (DEMS), Università degli Studi di Milano – Bicocca, Milano.

*Corresponding author. E-mail: marcofrancesco.desanctis@polimi.it

Keywords: Exceedance probability, Spatial Functional Data Analysis, Risk assessment

Introduzione: Il presente studio analizza le concentrazioni medie giornaliere di particolato PM10 raccolte da una rete di 266 stazioni di monitoraggio nel Nord Italia durante il periodo 2018–2022^[1]. L'obiettivo del lavoro consiste nel proporre approcci statistici innovativi per ricostruire la distribuzione di probabilità locale dell'inquinante. Tale nuova prospettiva di analisi dei livelli di inquinamento risulta fondamentale poiché i rischi sanitari e le normative vigenti sono spesso legati all'esposizione cumulata e alla presenza di fenomeni estremi, piuttosto che ai soli livelli medi di inquinante.

Metodi: Per ottenere questa caratterizzazione della distribuzione di probabilità di concentrazioni di PM10 vengono adottati tre differenti approcci statistici che offrono visioni complementari in termini di complessità e precisione. Il primo metodo stima, per ogni comune del territorio, la probabilità di superamento della soglia normativa fissata dall'Unione Europea a 50 microgrammi per metro cubo^[2]. Il secondo^[3] e il terzo^[4,5] approccio stimano, con differenti gradi di approssimazione, l'intera densità di probabilità delle concentrazioni di PM10^[6].

Risultati: Dalle distribuzioni ricostruite si ricavano indicatori a livello comunale facilmente interpretabili. Oltre a mappe che rappresentano la probabilità di superamento della soglia regolatoria, identificando le zone a maggior rischio di violazione dei limiti di qualità dell'aria, questi modelli consentono anche la costruzione di mappe comunali dei percentili della distribuzione di PM10, che permettono di catturare l'entità dei picchi di inquinamento, un dato cruciale per la valutazione dei rischi sanitari più acuti.

Conclusioni: I risultati forniscono un quadro dettagliato della qualità dell'aria nel Nord Italia a livello comunale, offrendo strumenti per la valutazione del rischio e conformità alle normative da parte dei territori. Le mappe di probabilità di sfioramento possono supportare i decisori politici nell'identificazione delle aree prioritarie per l'intervento tramite un approccio data-driven, mentre l'analisi delle code delle distribuzioni consente l'individuazione degli eventi di esposizione più dannosi.

Bibliografia

- [1] EEA: European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/it>.
- [2] Cressie, N et al., 2008, DOI: 10.1111/j.1467-9868.2007.00633.x
- [3] De Sanctis, M.F et al., 2025, DOI: 10.1007/s10651-025-00664-8
- [4] Menafoglio, A. et al., 2014, DOI: 10.1007/s00477-014-0849-8
- [5] Machalova, J. et al., 2016, DOI: 10.1080/02664763.2015.1103706
- [6] De Sanctis, M.F. et al., 2025, arxiv: 2509.13886

Machine Learning per la predizione del particolato atmosferico a scala intra-urbana: approcci sito-specifici e generalizzabili nelle città di Bari e Taranto

Marica De Lucia ^{1*}, Mariella Aquilino ¹, Silvana Fuina ¹, Cristina Tarantino ¹, Alessandro Fania ², Alfonso Monaco ², Matteo Picchiani ³, Giovanni Rum ³, Angela Morabito ⁴, Francesca Intini ⁴, Ilenia Schipa ⁴, Annalisa Tanzarella ⁴, Roberto Primerano ⁴, Delia Evelina Bruno ¹, Maria Adamo ¹

¹ Istituto sull'Inquinamento Atmosferico – Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IIA); ² Dipartimento Interateneo di Fisica M. Merlin, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”, ³ Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ⁴ Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, Bari (ARPA-PUGLIA)

* Corresponding author. Tel: +39 3391624775, maricadelucia@cnr.it

Keywords: Qualità dell'aria, PM2.5, PM10, Machine Learning, XGBoost, modelli predittivi, remote sensing

Introduzione: La mappatura della qualità dell'aria a scala intra-urbana rappresenta una sfida cruciale per valutare l'esposizione della popolazione al particolato atmosferico. La limitata copertura spaziale delle reti di monitoraggio a terra rende necessaria l'integrazione di dati da telerilevamento satellitare per ottenere stime ad alta risoluzione. Il presente studio verifica se, in contesti urbani complessi, sia più efficace sviluppare modelli sito-specifici o generalizzabili su scala regionale. L'analisi si inserisce nell'ambito del progetto APEMAIA (1), coinvolgendo Bari (città costiera urbano-residenziale) e Taranto (area con forte presenza industriale).

Metodi: Sono stati sviluppati modelli XGBoost (2) (3) per PM10 e PM2.5 utilizzando predittori meteorologici da WRF (vento, temperatura, PBLH, umidità, radiazione, precipitazione), dati satellitari (Aerosol Optical Depth da Ensemble Model MAIAC-MODIS/Sentinel-3, Land Surface Temperature da MODIS), variabili morfologiche urbane, demografiche e di land cover, oltre alle concentrazioni osservate dalle stazioni ARPA. I dati raccolti (2019-2022) sono stati aggregati spazialmente su griglia regolare 300x300m. La validazione è stata condotta tramite la 5-fold cross validation (CV) e Leave One Station Out (LOSO). Una procedura di Recursive Feature Elimination basata su permutation importance ha ottimizzato il set di predittori.

Risultati: I modelli città-specifici hanno mostrato buone performance in 5-fold CV (PM10: $R^2=0.73-0.77$, RMSE=5.16-5.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; PM2.5: $R^2=0.64-0.78$, RMSE=3.04-3.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La validazione LOSO ha confermato robustezza per il PM10 ($R^2=0.64-0.67$), mentre per il PM2.5 si è osservata eterogeneità: Bari ha mantenuto buone performance ($R^2=0.64$), Taranto ha mostrato difficoltà ($R^2=0.37$) principalmente per l'anomalia della stazione di Tamburi, prossima al polo industriale. L'analisi Shapley Additive exPlanations (SHAP) ha identificato predittori dominanti comuni: AOD e variabili meteorologiche (temperatura, PBLH). Il modello ibrido ha raggiunto performance accettabili in 5-fold CV (PM2.5: $R^2=0.74$; PM10: $R^2=0.64$), ma ha mostrato decadimento significativo in LOSO, specialmente per il PM2.5 a Taranto ($R^2=0.18$), confermando che le caratteristiche locali, specialmente in presenza di sorgenti industriali rilevanti, richiedono calibrazioni dedicate.

Conclusioni: I modelli sito-specifici garantiscono migliori performance; tuttavia, la similarità delle feature importance tra le due città suggerisce la fattibilità di un approccio ibrido regionale con parametri calibrati localmente (es: distanza da sorgenti industriali). Gli inventari emissivi, non costantemente aggiornati, risultano inutilizzabili come predittori operativi, aspetto da migliorare in studi futuri.

Bibliografia

- [1] <https://ia.cnr.it/project/apemaia/>
- [2] Aquilino, M., De Lucia, M., ..., & Adamo M., (2024, July), Advancing Intra-Urban PM10 Concentration Patterns in Bari City: Insights from the Apemaia Project, DOI: 10.1109/IGARSS53475.2024.10641269
- [3] Fania, Alessandro, et al. "High-Resolution NO₂, O₃ and PMs Estimation in Puglia: Leveraging AI and Explainability Techniques." (2025)

L'impronta chimica del PM10: pattern città-specifici e stagionali rivelati dal non-targeted screening

Greta Palombella^{1,2*}, Frederic Béen³, Elisa Scalabrin^{2,1}, Andrea Gambaro^{1,2}

¹ Ca' Foscari Università di Venezia;

² Istituto di Scienze Polari – Consiglio Nazionale delle Ricerche; ³ Vrije Universiteit Amsterdam

* Greta Palombella, [E-mail: greta.palombella@unive.it](mailto:greta.palombella@unive.it)

Keywords: *Non-Targeted Screening. Pattern Recognition, PM10*

Introduzione: Il particolato atmosferico (PM) è una miscela estremamente complessa di composti organici e inorganici provenienti da molteplici sorgenti antropiche e naturali (1). Gli approcci tradizionali di tipo mirato forniscono informazioni limitate rispetto a tale complessità e spesso non riescono a cogliere la variabilità chimica complessiva dell'aerosol in differenti contesti ambientali. In questo scenario, il non-targeted screening (NTS), combinato con strumenti chemioinformatici e chemometrici, offre la possibilità di esplorare il PM come un'impronta chimica globale.

Metodi: I campioni di PM10 raccolti in sei città italiane durante due diverse stagioni sono stati estratti e analizzati mediante HPLC-TIMS-QTOF. I dati grezzi sono stati inizialmente processati con MetaboScape utilizzando librerie spettrali (NIST e MassBank) per una prima annotazione delle componenti, mentre quelle non annotate sono state ulteriormente investigate mediante SIRIUS. Il dataset risultante è stato successivamente elaborato in R per l'ulteriore trattamento dei dati e l'analisi statistica multivariata.

Risultati: Le tecniche di pattern recognition hanno evidenziato un chiaro raggruppamento dei campioni in funzione della città di provenienza, dimostrando la presenza di firme chimiche distintive nell'aerosol di ciascuna località. Inoltre, per ogni città è stata osservata una netta separazione tra i campioni estivi e quelli invernali, evidenziando la forte influenza stagionale sulla composizione chimica del PM10. Le prime fasi di annotazione delle componenti hanno inoltre evidenziato la presenza di composti riconducibili a contaminanti emergenti, confermando la ricchezza informativa dell'approccio non target applicato al PM10.

Conclusioni: Questi risultati dimostrano che il non-targeted screening, accoppiato ad analisi chemioinformatiche e chemometriche, consente di interpretare il PM10 come un'impronta chimica specifica del luogo e dipendente dalla stagione, aprendo nuove prospettive per l'interpretazione delle sorgenti e il monitoraggio ambientale oltre i limiti degli approcci tradizionali mirati.

Bibliografia

[1] Pöschl 2005. DOI: 10.1002/anie.200501122

Modello di sensore virtuale per il monitoraggio del Black Carbon atmosferico

Senem Ozgen^{1*}, Pietro Fiore², Cristina Colombi³, Fredy Ruiz²

¹ LEAP scarl (Laboratorio Energia Ambiente Piacenza);

² Politecnico di Milano Dip. di Elettronica, Informazione e Bioingegneria; ³ ARPA Lombardia

* Corresponding author. Tel: +39 0523 357779, E-mail: senem.ozgen@polimi.it

Keywords: black carbon, monitoraggio, sensore virtuale, machine learning

Introduzione: La Direttiva (UE) 2024/2881 amplia il monitoraggio della qualità dell'aria includendo inquinanti emergenti come il Black Carbon (BC), in linea con le raccomandazioni dell'OMS, per migliorare la comprensione dei loro effetti e supportare le politiche ambientali (1). Sebbene ogni Stato Membro debba dotare i propri supersiti urbani e rurali di analizzatori di riferimento, una copertura spaziale estesa in tutti gli Stati Membri rimane limitata e costosa. Modelli virtuali di tipo data-driven, sviluppati a partire da misure di riferimento ma sfruttabili anche con reti diffuse o sensori low-cost, permettono di stimare il BC su scala più ampia, individuare hotspot locali e integrare le reti tradizionali.

Metodi: Nel presente lavoro, è stato sviluppato un approccio di Virtual Sensing (2) ibrido data-driven per stimare le concentrazioni di BC a partire da osservazioni di inquinanti correlati, sfruttando le relazioni derivanti da sorgenti emissive comuni e dalle dinamiche atmosferiche. La metodologia combina un nucleo di regressione Finite Impulse Response (FIR)-like (3) con uno stadio di classificazione tipo rete neurale; calibrati tramite ottimizzazione bayesiana degli iperparametri, superando i limiti delle tecniche classiche come Regressione Lineare Multipla e Filtri di Kalman, spesso incapaci di rappresentare le non linearità e le dipendenze temporali dei dati ambientali. La struttura FIR preserva la trasparenza e il significato fisico dei coefficienti, evitando instabilità tipiche dei modelli autoregressivi come i NARX, e garantendo interpretabilità e robustezza predittiva. I modelli sono stati testati utilizzando dati di BC provenienti da tre stazioni ARPA Lombardia (4) a Milano (1 fondo urbano, 2 traffico) e una stazione a Lecco (fondo urbano).

Risultati: Il sensore virtuale mostra prestazioni elevate nel sito di riferimento di Milano Pascal ($R^2 = 0,86$; MAE = $0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$), riproducendo correttamente l'andamento temporale e i cicli diurni e stagionali del BC senza bias sistematici. L'approccio risulta generalizzabile, mantenendo buone prestazioni anche in altri contesti urbani dopo un riaddestramento locale (R^2 fino a $0,79$). Le differenze osservate tra i siti potrebbero derivare da una combinazione di variabilità emissiva, condizioni meteorologiche, topografia urbana e correlazioni tra proxy, suggerendo che l'inclusione di ulteriori parametri ambientali potrebbe migliorare le stime.

Conclusioni: Lo studio dimostra come un modello ibrido opportunamente progettato possa offrire una soluzione trasparente, scalabile ed economicamente sostenibile per il monitoraggio del BC. L'approccio costituisce una base solida per lo sviluppo di sensori virtuali di nuova generazione a supporto delle politiche ambientali e della gestione della qualità dell'aria ad alta risoluzione.

Bibliografia

- [1] <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/2881/oj/eng>
- [2] Liu L et al. 2009. DOI: 10.1109/ICNSC.2009.4919241
- [3] Li Y et al. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2022.06.034>
- [4] <https://www.arpalombardia.it/>

Stime e verifiche dell'impatto delle polveri desertiche sui valori di particolato in Italia attraverso l'integrazione di dati modellistici CAMS con misure della rete nazionale di monitoraggio della qualità dell'aria: risultati preliminari dal progetto CAMS-NCP e rilevanza nella nuova Direttiva Europea 2881/2024

Francesca Barnaba^{1*}, Andrea Bolignano², Caterina Mapelli^{1,3}, Giorgio Cattani⁴, Eleonora Cuccia⁵, Henri Diémoz⁶, Annachiara Bellini⁶, Alessandro Bracci¹, Daniele Contini¹, Manuela D'Amen⁴, Maria Antonietta Reatini⁴, Alessandro Di Menno di Bucchianico⁴, Antonella Tornato⁴

¹CNR-ISAC; ²ENEA, ³CNR-IMAA, ⁴ISPRA, ⁵ARPA-Lombardia, ⁶ARPA Valle d'Aosta
* Corresponding author. Tel: +39 06 45488282, E-mail: francesca.barnaba@cnr.it

Keywords: *Polveri desertiche, CAMS, Particolato, Sorgenti naturali, National Collaboration Project*

Il deterioramento della qualità dell'aria non è associato solo alle emissioni di origine antropica, ma sorgenti naturali e biogeniche possono svolgere un ruolo significativo. Nei paesi del Mediterraneo, inclusa l'Italia, la polvere desertica fornisce un contributo episodico ma spesso non trascurabile ai livelli di particolato atmosferico (PM). Quantificare questo apporto è, tra le altre cose, importante anche per rispondere in maniera più adeguata alle richieste della Direttiva Europea sulla qualità dell'aria. Infatti, poiché i fenomeni naturali non sono controllabili, già la Direttiva 50/2008 consentiva di scorporare dal conteggio degli sforamenti dei valori limite di PM, quelli dovuti a tale contributo naturale, a patto che fosse possibile quantificarlo. La nuova Direttiva Europea 2881/2024 conferma questa possibilità, tenendo conto di specifiche 'Linee Guida' [1] delineate della Commissione Europea a tale scopo. In Italia, il metodo attualmente impiegato dall'ISPRA per stimare il contributo della polvere desertica al PM₁₀, sviluppato inizialmente al CNR sulla base di tali 'Linee Guida' [2, 3], combina previsioni modellistiche delle polveri desertiche con i dati di PM₁₀ rilevati nelle centraline di monitoraggio della rete nazionale. Dal 2024, tale metodo è stato adottato come strumento ufficiale dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica italiano come strumento di supporto per il reporting annuale alla Commissione Europea in materia di qualità dell'aria. Nell'ambito della Fase 2 dell'iniziativa nazionale Copernicus Atmosphere Monitoring Service - National Collaboration Project (CAMS-NCP Italia, 2024-2027) [4, 5], finanziata dall'ECMWF, si sta esplorando la possibilità di adattare la metodologia in modo tale da utilizzare in input la modellistica del CAMS, ed in particolare dei prodotti CAMS-*Ensemble Model* per la componente 'desert dust'. Il lavoro intende presentare lo stato di avanzamento in tale direzione e i risultati fin qui raggiunti. Questi includono verifiche delle stime del contributo desertico al PM₁₀ ottenute dalla metodologia in revisione attraverso il confronto con stime dirette della componente crostale al PM₁₀ ottenute tramite misure di chimica e/o fisica dell'aerosol in diversi siti italiani, e tecniche di *source apportionment* sia chimico che fisico del particolato [6].

Bibliografia

- [1] <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6775-2011-INIT/en/pdf>
- [2] Barnaba et al. 2017. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2017.04.038
- [3] Barnaba et al., 2022. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107204
- [4] <https://atmosphere.copernicus.eu/cams-national-collaboration-programme>
- [5] https://www.copernicus-italia.it/?page_id=883
- [6] Diémoz et al., 2025, DOI: 10.5194/egusphere-2025-5044

Un episodio record di avvezione di fumo sulle Alpi: attribuzione, caratteristiche fisico-chimiche e potenziale ossidativo

Henri Diémoz^{*1}, Matteo Feltracco^{2,3}, Elena Barbaro³, Daniele Contini⁴, Laura Martina⁴, Serena Potì^{4,5}, Giuseppe Deluca⁴, Annachiara Bellini¹, Claudia Desandrè¹, Fabrizia Joly¹, Marco Pignet¹, Francesca Barnaba⁴

¹ARPA Valle d'Aosta; ²Università Ca' Foscari; ³CNR-ISP; ⁴CNR-ISAC; ⁵Università del Salento

* Corresponding author. Tel: +39(0)165278576, E-mail: h.diemoz@arpa.vda.it

Keywords: Fumo di incendi, potenziale ossidativo, trasporto a larga scala, caratterizzazione chimica e fisica, source apportionment

Nella seconda settimana di giugno 2025, le concentrazioni di PM₁₀ nelle Alpi occidentali italiane hanno mostrato un improvviso incremento, con picchi prossimi a 100 µg m⁻³, in concomitanza con il trasporto a lunga distanza di fumo prodotto dagli estesi incendi nella foresta boreale canadese. L'episodio, associato a un marcato degrado della visibilità nelle valli alpine, ha suscitato ampia attenzione mediatica e pubblica. In questo studio analizziamo la dinamica dell'evento e caratterizziamo le proprietà fisico-chimiche e il potenziale ossidativo dell'aerosol campionato prima, durante e dopo il fenomeno.

L'origine delle polveri è stata identificata mediante un approccio integrato che combina modellistica atmosferica (retrotraiettorie e prodotti del Copernicus Atmosphere Monitoring Service) e osservazioni di telerilevamento da terra (fotometro solare e lidar-ceilometer sensibile alla depolarizzazione) e satellitari (spessore ottico dell'aerosol da MODIS e monossido di carbonio da AIRS). Le evidenze convergenti indicano inequivocabilmente l'origine canadese della massa d'aria. I profili verticali della rete italiana Alicenet mostrano, inoltre, che il fumo ha interessato altri siti dell'Italia settentrionale, con un impatto più marcato sulle Alpi, probabilmente favorito dall'orografia.

Una caratterizzazione fisico-chimica dettagliata dell'aerosol al suolo è stata condotta presso una stazione di fondovalle alpino ad Aosta (580 m s.l.m.). Le analisi hanno incluso misure automatiche della distribuzione dimensionale e dell'assorbimento ottico spettrale, nonché analisi *offline* su filtro di ioni maggiori, zuccheri, elementi in traccia e frazioni carboniose. I dati sono stati impiegati in due approcci complementari di *source apportionment*: uno fisico, in tempo reale e a risoluzione oraria, e uno chimico, a risoluzione giornaliera. Entrambi indicano che l'aumento della massa è dominato dal contributo di fumo degli incendi, in particolare della frazione organica. Tale contributo è chiaramente distinguibile da quello concomitante dell'aerosol secondario padano e delle polveri sahariane.

Sugli stessi campioni è stato determinato il potenziale ossidativo mediante i saggi AA e DTT. L'OP_v^{DTT} mostra un marcato incremento in concomitanza con l'arrivo del fumo, con valori fino a 0.9 nmol min⁻¹ m⁻³, coerentemente con la sensibilità del saggio alle componenti organiche. PM₁₀ e OP_v^{DTT} sono rimasti elevati per circa una settimana dopo il picco iniziale, indicando una prolungata esposizione della popolazione a componenti redox-attive. Tale evidenza è particolarmente rilevante alla luce delle crescenti indicazioni che il fumo da incendi invecchiato possa conservare un significativo potenziale ossidativo e indurre effetti avversi sulla salute.

Lo studio rappresenta il primo esempio di caratterizzazione del potenziale ossidativo in questo settore delle Alpi associato al trasporto transcontinentale di fumo da incendi e sottolinea il valore dell'integrazione di tecniche osservative e analitiche dell'aerosol nel contesto del cambiamento climatico, in cui eventi come quello esaminato sono destinati ad aumentare in frequenza e intensità.

Physics-informed Neural Networks for Volcanic Emission Monitoring by means of Satellite Multispectral Radiometers

Matteo Picchiani^{1*}, Corradini S.², Guerrieri L.², Mezzani F.³, Stelitano D.², Merucci L.², Naranjo C.²

¹ ASI – Agenzia Spaziale Italiana, Via del Politecnico snc, 00133 Rome, Italy; ² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605, 00143, Rome, Italy; ³ Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Via del Politecnico 1, 00133 Rome, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 06 856 7273, E-mail: matteo.picchiani@asi.it

Keywords: Volcanic emission monitoring, Copernicus Sentinel-3 SLSTR, Ash Aerosol Optical Depth, Ash Effective Radius, Ash total column mass

Satellite remote sensing represents a unique tool for monitoring volcanic emissions over vast areas with high spatial and temporal resolution. It provides consistent and statistically reliable information about volcanic cloud detection and retrievals in the atmosphere by exploiting several approaches (see for instance Corradini et al., 2010, Picchiani et al., 2011 and 2014, Guerrieri et al., 2015). A cornerstone of this field is the ability to discriminate volcanic ash from meteorological clouds using Thermal InfraRed (TIR) data. This differentiation relies on the Brightness Temperature Difference (BTD) between channels centered at 11 μm ($T_{b,11}$) and 12 μm ($T_{b,12}$). Because volcanic ash absorbs more radiation at 11 μm , while water and ice particles absorb more at 12 μm , the resulting BTD ($T_{b,11} - T_{b,12}$) is characteristically negative for ash plumes and positive for meteorological clouds. Building on this principle, satellite missions have become a primary information source for characterizing eruption phenomena, also in synergy with other information sources. Such information can be crucial for aviation safety and civil protection purposes also including consequences of fine ash on human health. Beyond simple detection, the satellite multispectral data enable the retrieval of critical physical parameters within the ash plume, including particles effective radius (R_e), aerosol optical depth (AOD) and the total column mass (M_a). A well-established methodology for volcanic ash retrievals involves the use of Look Up Tables (LUT) derived from Radiative Transfer Models (RTM) to simulate Top Of Atmosphere (TOA) radiances. This approach typically exploits the relationship between $T_{b,11}$ and BTD to generate "inverted arches" curves characterized by different volcanic cloud AOD and R_e . For each volcanic cloud pixel, the corresponding AOD and R_e values are derived by applying a bilinear interpolation; these parameters are then used to estimate the pixel ash mass using the simplified formulation proposed by Wen and Rose (Wen and Rose, 1994). However, the RTM-LUT framework presents some operational challenges. The heavy reliance on ancillary information, including atmospheric profiles (PTH), surface characteristics (emissivity and temperature), plume geometry and ash optical properties, introduces substantial computational latency and complexity. Furthermore, uncertainties in these input parameters propagate through the retrieval process; sensitivity studies indicate that errors in total ash mass can reach approximately 40% (Corradini et al., 2008). To overcome these constraints, this study introduces a retrieval procedure based on Physics-Informed Neural Networks (PINNs). By leveraging RTM simulations and existing LUT datasets as training information, the PINN framework embeds the underlying physical laws of radiative transfer directly into the learning process. This approach aims to reduce the dependency on high-latency RTM iterations and improve retrieval robustness against the uncertainties typically found in atmospheric and surface ancillary data, offering a more efficient and accurate alternative for real-time volcanic monitoring. The PINNs approach has been applied to different eruptions monitored considering satellite acquisitions from NASA MODIS and Copernicus Sentinel-3 Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR). The results will be presented during the conference.

References

- [1] Corradini S., et al., 2010. DOI: 10.1029/2009JD013634
- [2] Picchiani, M. et al., 2011. DOI: 10.5194/amt-4-2619-2011
- [3] Picchiani, M. et al., 2014. DOI: 10.4401/ag-6638
- [4] Guerrieri L. et al., 2015. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2014.12.016
- [5] Corradini, S. et al., 2008. DOI: 10.1117/1.3046674
- [6] Wen, S., Rose, W.I., 1994. DOI: 10.1029/93JD03340

Tossicità ed effetti sulla
salute

Variabilità intra-giornaliera delle caratteristiche chimico-fisiche del PM₁₀ e del suo potenziale ossidativo a Santiago del Cile

Caterina Tiraboschi^{1,3*}, Andrés Burgos G.², Manuel L. Guzman², Silvia Canepari³, Lorenzo Massimi³

¹Dipartimento di Sanità Pubblica e Malattie Infettive, Sapienza Università di Roma; 00185, Italia;

²Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago de Chile;

³Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma; 00185, Italia;

Corresponding author. Tel: +39 3407415696, [E-mail: caterina.tiraboschi@uniroma1.it](mailto:caterina.tiraboschi@uniroma1.it)

Keywords: source apportionment, OP^{DCFH}, OP^{AA}, OP^{DTT}, black carbon

Il potenziale ossidativo (OP) è stato recentemente introdotto come nuovo parametro per la valutazione della qualità dell'aria nella Direttiva Aria; tuttavia, il contributo delle diverse sorgenti emissive di PM alle variazioni diurne dei valori di OP non è ancora noto. Il presente lavoro riporta i risultati di una campagna di monitoraggio del PM₁₀ condotta presso l'Universidad de Santiago de Chile e rappresenta il primo studio sulla variabilità inter ed intra-giornaliera dell'OP e delle caratteristiche chimico-fisiche del PM₁₀ mediante misurazioni ad elevata risoluzione temporale (4 ore) nell'area urbana di Santiago. L'area metropolitana di Santiago del Cile è caratterizzata da livelli di inquinamento atmosferico superiori a quelli riscontrati in molte città europee, a causa di un controllo meno rigoroso delle emissioni e di frequenti condizioni di stabilità atmosferica che limitano la dispersione degli inquinanti [1]. Le misure ad alta risoluzione temporale facilitano la distinzione dei processi che governano la variabilità delle concentrazioni di PM e dei valori di OP, come la forza delle sorgenti emissive, il ruolo dei processi fotochimici e l'effetto della dinamica di rimescolamento delle masse d'aria, fortemente modulata dalle inversioni termiche notturne.

La campagna sperimentale, della durata di 14 giorni, è stata svolta nel mese invernale di luglio. I campionamenti di PM₁₀ sono stati effettuati su filtri in quarzo mediante campionatori ad alto volume. I campioni di PM raccolti (84 campioni, 6 per ogni giorno) sono stati sottoposti ad analisi elementare (ICP-MS) mediante frazionamento chimico, al fine di incrementare la selettività degli elementi come traccianti di sorgente [2], e ad analisi di OP mediante i test più utilizzati in letteratura (OP^{DCFH}, OP^{AA}, OP^{DTT}). Al campionamento di PM₁₀ sono state affiancate misure di black carbon (BC) e di concentrazione in numero e distribuzione dimensionale delle particelle mediante OPC. I dati di caratterizzazione chimica e di OP sono stati elaborati insieme a dati meteo-climatici mediante tecniche statistiche avanzate per la valutazione del contributo delle diverse sorgenti emissive alle variazioni diurne della concentrazione di PM₁₀ e del suo OP.

I risultati mostrano che i valori massimi di OP non coincidono necessariamente con i massimi delle concentrazioni in massa di PM₁₀, confermando il ruolo chiave della composizione chimica e delle sorgenti emissive nella determinazione della tossicità del particolato. I diversi saggi di OP presentano andamenti temporali e correlazioni differenti sia tra loro sia con il PM₁₀, suggerendo che essi siano sensibili a differenti meccanismi ossidativi. I risultati dell'analisi PMF indicano contributi molto rilevanti associabili a sorgenti da traffico, confermati anche dalle misure di BC e dai conteggi OPC. In generale, lo studio conferma l'efficacia di un approccio integrato, basato su misure chimiche, fisiche e tossicologiche, per la valutazione dell'impatto del PM₁₀ sulla salute in contesti urbani complessi come quello di Santiago del Cile.

Bibliografia

[1] Muñoz, R. C., et al. (2023). *Atmosphere*, 14(9), 1454.

[2] Massimi, Lorenzo, et al. *Atmospheric Research* 266 (2022): 105970.

Caratterizzazione chimica del PM ed impiego dell'organismo-modello *D. melanogaster* per lo studio degli effetti sulla salute dei lavoratori impiegati nella produzione di ceramiche artistiche.

C. Perrino^{1*}, M.L. Astolfi², M. De Rosa², R. Giorgione², F. Marcovecchio¹, L. Massimi³, D. Porretta³, F. Sciubba³, M. Spagnoli⁴, E. Vaccarella³, S. Canepari³

¹ *Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, C.N.R., Roma;*

² *Dip. di Chimica, Sapienza Università di Roma;*

³ *Dip. di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma;*

⁴ *DIMELIA, INAIL, Roma.*

* *Corresponding author. Tel: +39 06 90672263, E-mail:perrino@iia.cnr.it*

Keywords: *Biomonitoraggio, qualità dell'aria indoor, esposizione occupazionale, metabolomica*

Il settore produttivo delle ceramiche artistiche, che in Italia impiega circa 5800 addetti, costituisce un caso-studio ideale per la valutazione degli effetti delle condizioni di lavoro sulla salute del personale esposto. Queste imprese, infatti, sono generalmente di piccole dimensioni ed hanno un ciclo produttivo strutturato in diverse fasi (modellazione, prima cottura, decorazione, cottura definitiva), ognuna delle quali responsabile del rilascio nell'ambiente di varie specie chimiche potenzialmente pericolose per la salute dei lavoratori. Nel comune di Deruta (Perugia), fra i più rilevanti in questo settore, è stato condotto uno studio in cui ai prelievi ambientali di PM10 e alla sua caratterizzazione chimica sono state affiancate esposizioni di organismi-modello e prelievi di matrici biologiche nei lavoratori esposti.

Per i prelievi ambientali sono stati utilizzati campionatori a bassissima portata (2 l/min), che sono stati esposti simultaneamente all'esterno e nei tre diversi ambienti di lavoro tipici di queste produzioni (tornio, forni, decorazione) per due periodi della durata di 15 gg ciascuno. Lo studio è stato ripetuto, con identiche modalità, in due diversi laboratori artistici. La lunga durata dei campionamenti ha permesso di valutare la concentrazione media nel lungo periodo, ottenendo un dato particolarmente idoneo alla valutazione degli effetti a lungo termine in ogni postazione di lavoro. Per la caratterizzazione chimica del PM10 sono stati determinati elementi (XRF, ICP-MS), ioni (IC), EC ed OC (analisi termo-ottica). Come organismi-modello sono stati prescelti individui di *D. melanogaster*, particolarmente adatti a questo scopo per la loro somiglianza genetica all'uomo e per la comune esposizione alla matrice aria. Gli individui esposti sono stati sacrificati, omogeneizzati ed analizzati per il contenuto elementare (ICP-MS) ed il profilo metabolico (NMR). Come matrice biologica sono stati utilizzati i capelli dei lavoratori, e come markers di esposizione le concentrazioni elementari.

I risultati dello studio hanno mostrato che ogni ambiente di lavoro presenta un suo tipico profilo di composizione chimica delle polveri: la tornitura e la lavorazione dell'argilla rilasciano prevalentemente elementi terrigeni (Rb, Fe, Al, Mg, Ti), i forni immettono nell'ambiente elementi prodotti dalla combustione (Pb, Tl, W) e nell'area dedicata alla decorazione vengono rilasciati elementi contenuti nei pigmenti e nei vetrificanti (Co, Zn, Sn). L'aumento delle concentrazioni elementari nelle polveri è stato accompagnato da un bioaccumulo dei medesimi elementi sia negli organismi-modello, sia nei capelli dei lavoratori esposti. Inoltre, negli individui di *D. melanogaster* sono state rilevate alterazioni metaboliche che sono risultate significativamente diverse nei quattro tipi di ambiente lavorativo. Questi risultati confermano l'affidabilità dell'uso di questo organismo-modello per la valutazione degli effetti dell'esposizione occupazionale.

Lo studio è stato finanziato da INAIL (progetto BRiC 2022 ID 52)

Source apportionment del PM_{2.5} e del suo potenziale ossidativo in due siti di misura nel sud Italia

Serena Potì^{1,2}, Laura Martina^{1,3}, Florin Unga¹, Daniela Cesari¹, Adelaide Dinoi¹, Antonio Pennetta¹, Ermelinda Bloise¹, Paola Semeraro¹, Giuseppe Deluca¹, Livia Giotta³, Maria Giulia Lionetto³, Lucio Calcagnile⁴, Annarosa Mangone⁵, Maria Rachele Guascito^{1,3}, Daniele Contini^{1,*}

¹ *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Lecce;*

² *Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento;*

³ *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali DiSTeBA, Università del Salento;*

⁴ *Dipartimento di Matematica e Fisica, Università del Salento,*

⁵ *Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Bari, Bari*

* *Corresponding author. Tel: +39 832 422435, E-mail: daniele.contini@cnr.it*

Keywords: PM_{2.5}, source apportionment, potenziale ossidativo, DTT, AA, modelli a recettore.

Il potenziale ossidativo (OP) è considerato un indicatore globale di effetti del PM sulla salute anche se ci sono indicazioni di specificità che dipendono dai siti di misura (1). È quindi utile valutare l'impatto delle sorgenti naturali ed antropiche all'OP anche per la pianificazione delle azioni di mitigazione. Vi sono ancora pochi studi sul source apportionment multi-sito dell'OP del PM_{2.5} utilizzando più di un saggio acellulare, soprattutto in Italia. Questo studio è dedicato ad investigare gli impatti delle sorgenti a OP^{DTT} e OP^{AA} nell'area di Lecce. I campioni giornalieri di PM_{2.5} sono stati raccolti in due siti: urbano (MAGA) e urban background (ECO) simultaneamente e durante due campagne, una invernale ed una estiva. È stata fatta una caratterizzazione chimica dettagliata, senza precedenti per l'area di studio, determinando: elementi totali mediante ED-XRF, OC/EC, anioni, cationi e zuccheri solubili mediante HPIC, WSOC/WSTN con analizzatore TOC, e azoto organico solubile (WSON). Il source apportionment è stato fatto con diversi approcci, basandosi sul modello a recettore PMF5: PMF+MLR ed anche includendo OP direttamente nell'input del PMF per valutare possibili interazioni non-lineari.

I principali risultati mostrano dieci sorgenti che contribuiscono al PM_{2.5} in maniera diversa nei due siti ma con una compensazione tra contributi da traffico e contributi da biomasse e suolo locale per cui le concentrazioni medie di PM_{2.5} sono confrontabili nei due siti. OP^{DTT} e OP^{AA} mostrano andamenti stagionali diversi: OP^{DTT} è maggiore durante il periodo invernale nel sito di background urbano ed è prevalentemente influenzato da sorgenti di combustione, incluse le biomasse; OP^{AA} è comparabile nei due siti con valori più alti nel periodo estivo ed è prevalentemente influenzato da metalli di transizione. Il confronto dei diversi approcci di apportionment dell'OP mostra maggiori difficoltà nella valutazione del contributo delle sorgenti a OP^{AA}. Questo può essere dovuto al fatto che le sorgenti identificate non riescono a spiegare in dettaglio le specie chimiche che influenzano OP^{AA} oppure al fatto che tale saggio è molto influenzato dalla diversa solubilità dei metalli associati a specifiche sorgenti di combustione e crostali (2).

Lavoro svolto nell'ambito del progetto TOX-IN-AIR, NextGenerationEU MUR, Bando PRIN 2022 PNRR – Progetto P2022JKP2S, e supportato dal Progetto IR0000032- ITINERIS del “Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione” – Missione 4, Istruzione e Ricerca”.

Bibliografia

- [1] Guascito et al. 2023. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2023.130872](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130872)
- [2] Zhang et al. 2024. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2024.175807](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175807)

Potenzialità di *Drosophila melanogaster* per la valutazione degli effetti del PM sulla salute umana

L. Massimi^{1,*}, E. Vaccarella¹, A. Pastore^{1,2}, C. Tiraboschi^{1,2}, M. De Rosa³, F. Sciubba¹, F. Marini¹, M. Spagnoli⁴, M. Gherardi⁴, F. Sebastiani⁵, R. Ferrante⁴, V. Lucchesi¹, V. Mastrantonio¹, D. Porretta¹, S. Listrani⁶, A. Di Giosa⁶, L. Massimi⁷, F. Bardelli⁸, S. Canepari¹

¹Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Roma La Sapienza, Roma, 00185, Italia; ²Dipartimento di Sanità Pubblica e Malattie Infettive, Università di Roma La Sapienza, Roma, 00185, Italia; ³Dipartimento di Chimica, Università di Roma La Sapienza, Roma, 00185, Italia; ⁴Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, INAIL, Monte Porzio Catone, Roma, 00078, Italia; ⁵Nanoregulatory Group, D3PharmaChemistry, Istituto Italiano di Tecnologia, 16163 Genova, Italia; ⁶Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Lazio (ARPA Lazio), Roma, 00187, Italia; ⁷Fondazione Santa Lucia, IRCCS, Roma, 00179, Italia; ⁸CNR-Nanotec – Istituto di Nanotecnologia, Roma, 00185, Italia.

*Corresponding author. Tel: +39 3703022703. E-Mail: l.massimi@uniroma1.it

Keywords: polvere di freni, OP, organismo modello, PMF, metallomica, metabolomica, tomografia

I metodi per la valutazione della tossicità del PM, inclusi i saggi acellulari di potenziale ossidativo (OP) e i test cellulari *in vitro*, presentano limiti legati alla modifica delle proprietà chimico-fisiche dell'aerosol durante il campionamento e alla ridotta rappresentatività biologica di sistemi semplificati. In ambiente urbano, il traffico veicolare rappresenta una delle principali fonti di PM₁₀; sebbene le emissioni combustive siano state progressivamente ridotte, quelle non combustive associate all'abrasione degli impianti frenanti dei veicoli risultano ancora poco regolamentate, nonostante l'elevato contenuto in elementi potenzialmente tossici (PTE) e il loro contributo ai processi di stress ossidativo e infiammazione. In questo contesto, l'impiego di organismi modello volanti, come *Drosophila melanogaster*, direttamente esposti all'aerosol atmosferico rilasciato dalle emissioni veicolari, rappresenta un approccio innovativo per integrare informazioni chimiche e biologiche, colmando il divario tra l'esposizione reale al particolato e la valutazione degli effetti biologici [1].

In questo studio, individui di *D. melanogaster* sono stati esposti *ex situ* a polveri di freni (< 50 µm) sia mediante somministrazione nel mezzo alimentare (75 e 750 mg/L) durante lo stadio larvale (n ≈ 1000), sia mediante esposizione di individui adulti (n ≈ 1000) per 0, 24, 48 e 120 ore a concentrazioni controllate (5–10 µg/m³) in una camera di esposizione, nella quale le concentrazioni numeriche e della distribuzione dimensionale delle particelle sono state monitorate mediante APS. Parallelamente, sono state effettuate esposizioni *in situ* di *D. melanogaster* (n ≈ 1000) per 0, 6, 24 e 96 ore presso un sito ad alta intensità di traffico ed uno di fondo urbano nell'area di Roma. In entrambi i siti sono stati eseguiti campionamenti di PM₁₀ di 24 ore per 47 giorni consecutivi (94 campioni), finalizzati alla determinazione dell'OP (OP^{DTT}, OP^{AA} e OP^{DCFH}), all'analisi di microelementi ed elementi in traccia, al calcolo del rischio da esposizione inalatoria, ingestiva ed epidermica ai PTE e alla stima del contributo della polvere di freni all'OP e al rischio mediante MLR e PMF. Su pool di individui (n ≈ 20 per 3 repliche) raccolti per ciascuna esposizione sono state condotte analisi di bioaccumulo degli elementi mediante ICP-MS e analisi metabolomica *untargeted* tramite NMR; i dati sono stati elaborati mediante analisi multivariata (PCA, ASCA) secondo un approccio integrato metallomico-metabolomico. Inoltre, su singoli individui esposti *in situ* (n ≈ 50) sono state effettuate analisi di bioaccumulo elementare e sono state applicate tecniche di imaging tomografico 3D a raggi X (XPCT) per identificare le principali vie di esposizione, visualizzare la struttura degli organi interni e la loro interazione con le particelle. I risultati preliminari mostrano un significativo accumulo di PTE (Cu, Fe, Sb, Sn) associato a ritardi nello sviluppo e ad alterazioni metaboliche persistenti, caratterizzate da deplezione degli amminoacidi liberi e

aumento della glutammina, fortemente correlati con il bioaccumulo di Cu [1]. Nel complesso, lo studio evidenzia il potenziale di *D. melanogaster* come sistema modello avanzato per l'analisi integrata delle relazioni tra proprietà chimico-fisiche, sorgenti, reattività ossidativa ed effetti biologici del PM, offrendo un approccio innovativo e più rappresentativo per la valutazione dell'impatto sanitario.

Bibliografia

- [1] De Rosa, M. et al. 2026. DOI: 10.1016/j.envpol.2026.127661

Valutazione integrata dell'impatto dell'inquinamento atmosferico indoor e outdoor sulla salute respiratoria pediatrica: evidenze epidemiologiche e cellulari in tre siti della Campania

¹Martina Simonelli, ¹Elisa Perissutti, ²Salvatore De Rosa, ¹Giuseppe Caliendo, ²Francesca Barone, ¹Elisa Magli and ¹Fiorentina Roviezzo

¹Dipartimento di Farmacia, Università degli studi di Napoli Federico II,
²Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania (ARPAC)
* Corresponding author. Tel: +39 081 678457, [E-mail: roviezzo@unina.it](mailto:roviezzo@unina.it)

Keywords: Valutazione di impatto sulla salute, PM_{2,5}, PM₁₀, asma

L'asma pediatrica rappresenta un problema di salute globale in crescente aumento, con un'incidenza in crescita strettamente correlata all'inquinamento ambientale. Sia gli inquinanti outdoor sia quelli indoor svolgono un ruolo significativo nell'insorgenza, nella gravità e nelle riacutizzazioni dell'asma durante l'infanzia. Gli inquinanti atmosferici esterni—come il particolato atmosferico, l'ozono e le emissioni legate al traffico—innescano infiammazione delle vie aeree e riducono la funzionalità polmonare nei bambini suscettibili. Parallelamente, le esposizioni indoor, tra cui il fumo di tabacco, i sottoprodotti della combustione, le muffe e gli allergeni provenienti da acari della polvere o animali domestici, contribuiscono in modo sostanziale all'irritazione cronica delle vie aeree e all'aumento della morbilità asmatica. Comprendere gli effetti combinati degli inquinanti indoor e outdoor è fondamentale per prevenire e ridurre l'asma infantile.

Lo scopo dello studio è chiarire la relazione tra inquinamento outdoor e indoor attraverso un approccio comparativo integrato. Sono stati selezionati tre siti in Campania—Acerra, Portici e San Felice a Cancellò—per i loro differenti livelli di attività industriale ed emissioni inquinanti. Sono stati somministrati questionari epidemiologici ai genitori. La qualità dell'aria esterna è stata monitorata utilizzando i dati ARPA Campania, mentre l'esposizione indoor è stata valutata collocando filtri di campionamento dell'aria all'interno delle scuole primarie. I filtri raccolti nelle scuole sono stati successivamente utilizzati per studi cellulari.

Cellule epiteliali bronchiali sono state esposte agli estratti ottenuti sia dai filtri scolastici sia dai filtri veicolari, e sono state valutate le risposte cellulari immunitarie. I questionari epidemiologici compilati dai genitori hanno evidenziato una maggiore prevalenza di sintomi respiratori—tra cui tosse, febbre ed esposizione a fattori di rischio come fumo passivo e muffa—nei bambini di Acerra e San Felice a Cancellò, mentre Portici ha mostrato un'incidenza inferiore, suggerendo condizioni ambientali più favorevoli.

Parallelamente, sono state condotte analisi biologiche utilizzando cellule epiteliali bronchiali e macrofagi esposti al particolato estratto dai filtri. I risultati hanno mostrato che il particolato proveniente da tutti i siti—più marcatamente da Acerra e Portici—ha indotto l'attivazione di vie infiammatorie, ossidative e strutturali. Tra queste, un'attivazione precoce dell'AhR, un aumento dell'espressione di IL-6 e IL-25, un incremento dei marcatori di stress ossidativo (GPX1, SOD2) e una modulazione della transizione epitelio-mesenchimale (EMT). Tuttavia, è stata coinvolta anche una diversa risposta immunitaria, con un significativo coinvolgimento dell'inflammasoma e di vie regolatorie.

Nel complesso, i risultati combinati epidemiologici e sperimentali dimostrano che sia l'inquinamento outdoor sia quello indoor contribuiscono a risposte infiammatorie e potenzialmente pro-fibrotiche nelle cellule respiratorie, supportando un legame tra contaminazione ambientale e malattie respiratorie nei bambini. Questi risultati evidenziano la necessità di un monitoraggio continuo della qualità dell'aria e di strategie preventive di sanità pubblica negli ambienti scolastici.

Bibliografia

1. Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med.* 2004;351(11):1057–1067.
2. Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al.
3. Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med.* 2015;372(10):905–913.
4. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet.* 2014;383(9928):1581–1592.
5. Bowatte G, Lodge CJ, Lowe AJ, et al. The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 2015;136:104–121.
6. Khreis H, Kelly C, Tate J, Parslow R, Lucas K, Nieuwenhuijsen M. Exposure to traffic-related air pollution and risk of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2017;100:1–31

Effetti degli aerosol su
meteorologia e clima

Monitoraggio di particolato atmosferico per la preservazione del patrimonio culturale: il caso del complesso museale “Grande Brera” di Milano

A. Doldi^{1*}, C. Sampietro¹, N. Losi¹, S. Cerri¹, F. Berizzi², C. Rostagno², F. Romano³, E. Bolzacchini¹ and L. Ferrero¹

¹Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milan-Bicocca

²Pinacoteca di Brera / Palazzo Citterio / Biblioteca Nazionale Braidense, Milan

³Department of Energy, Politecnico di Milano, Milan

*Corresponding author: a.doldi1@campus.unimib.it

Keywords: Beni culturali, PM2.5, PM10, sensori low-cost, qualità dell'aria indoor

L'inquinamento atmosferico negli ambienti museali rappresenta una minaccia non solo per la salute umana, ma è anche fortemente associato al deterioramento dei materiali. Per questo motivo, il monitoraggio degli inquinanti nei siti legati al patrimonio culturale è essenziale per la conservazione delle opere [1]. Il particolato atmosferico (PMX) è riconosciuto come una delle principali cause di degrado del patrimonio culturale in quanto, a seconda della sua composizione chimica e dell'interazione con fattori ambientali, può portare ad annerimento, distacco delle superfici e corrosione delle superfici [2]. Questo studio presenta le principali campagne di monitoraggio condotte in uno dei centri culturali più importanti della città di Milano (Grande Brera), che comprende la Pinacoteca di Brera, Palazzo Citterio e il Refettorio di Santa Maria delle Grazie. Nel corso di due campagne pilota sono state monitorate le concentrazioni e relative distribuzioni dimensionali delle particelle all'interno degli ambienti espositivi della Pinacoteca di Brera e Palazzo Citterio, utilizzando contatori ottici di particelle di grado scientifico abbinati a sensori a basso costo, seguendo il percorso di visita sia nei giorni di chiusura che apertura. Le campagne pilota sono state mirate ad una valutazione iniziale degli ambienti monitorati in termini di concentrazione di particelle, identificando le principali criticità e le potenziali fonti di emissione. Nella maggior parte degli ambienti della Pinacoteca di Brera e di Palazzo Citterio sono state rilevate concentrazioni medie di PMX stabilmente inferiori al valore limite raccomandato per gli ambienti museali (30 µg/m³ per il PM10).

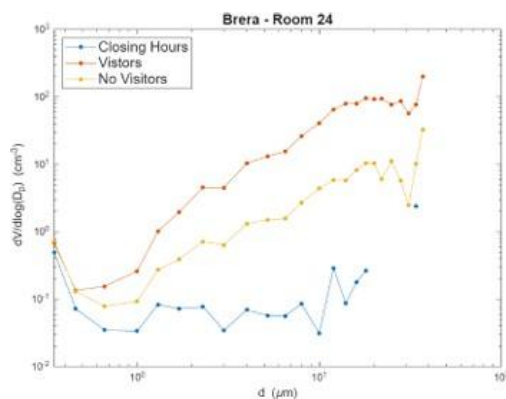


Figura 1. Distribuzione volumetrica riportata per il sensore OPC-N3 installato nella Sala 24 della Pinacoteca di Brera.

Durante le attività di manutenzione e pulizia nelle sale è stata osservata in media una significativa emissione di particelle (176.9 ± 9.6 µg/m³ per PM10) nelle sale adiacenti i lavori. Altre criticità sono emerse in ambienti caratterizzati da un costante scambio d'aria con l'esterno e da pavimentazione in moquette, risultanti in risollevarimento di particelle grossolane.

L'applicazione di strumentazione low-cost ha permesso invece di caratterizzare le concentrazioni e distribuzioni dimensionali di PMX in modo continuo, evidenziandone le differenze durante le differenti fasi di apertura al pubblico (figura 1) e permettendo la rilevazione di picchi emissivi di breve durata. Inoltre, un

primo approccio alla calibrazione dei dispositivi low-cost (OPC-N3, Alphasense) impiegati ha evidenziato la forte variabilità degli ambienti indoor in esame. All'interno refettorio di Santa Maria delle Grazie, dove è già in funzione un complesso sistema di filtraggio e ricircolo dell'aria e a fronte dello studio dei parametri ambientali, sono state monitorate le concentrazioni di particelle durante un'apertura straordinaria, rilevando concentrazioni di PM marcatamente inferiori ($PM_{10} < 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alla soglia di riferimento, influenzate solo dall'ingresso dei visitatori durante l'orario di apertura.

Bibliografia

1. Cartechini, L., Castellini, S., et al. (2015). *Atmospheric Environment*, 116, 130–137. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2015.06.033>
2. Grau-Bové, J., & Strlič, M. (2013). *Heritage Science*, 1(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/2050-7445-1-8>

Midlatitudes Absorbing Aerosol pushes the Arctic Amplification

L. Ferrero¹, N. Losi¹, P. Markuszewski², M. Rigler³, A. Gregorič^{3,4}, G. Močnik^{4,5}, P. Makuch², V. Drozdowska², M. Kitowska², A. Riccio⁶, Y.B. Zhao^{7,8}, T. Zielinski², E. Bolzacchini¹

¹GEMMA and POLARIS Centre, Università degli Studi di Milano-Bicocca, 20126 Milano, Italy ²Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences, 81-712 Sopot, Poland ³Aerosol d.o.o., SI-1000 Ljubljana, Slovenia ⁴Center for Atmospheric Research, University of Nova Gorica, SI-5000 Nova Gorica, Slovenia ⁵Haze Instruments d.o.o., SI-1000 Ljubljana, Slovenia ⁶Dept. of Science and Application, Università degli Studi di Napoli Parthenope, 80143 Napoli, Italy ⁷Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, Hamburg, Germany ⁸Current affiliation: Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Purdue University

* Corresponding author. Tel: +39 3295365578, E-mail: luca.ferrero@unimib.it

Keywords: Absorbing Aerosol, Black Carbon, Heat Transport, Climate

In the Arctic, near-surface temperatures are increasing four times faster than the global average¹⁻³, a phenomenon known as ‘Arctic Amplification’ (AA); this has been particularly notable from 1980 as warming accelerated at 0.75-1.25°C per decade¹, with winter rates reaching 3.1°C per decade in the Eurasian Arctic^{4,5}. Light-absorbing aerosols (LAA) absorb solar radiation and convert it to atmospheric heat with a given heating rate; their contribution to Arctic amplification through Atmospheric Meridional Heat Transport (AMHT) is poorly quantified from observations. Therefore, four scientific cruises (2018-2022) from Europe to the Arctic were done starting in Gdansk and moving along the Baltic, North Atlantic and the Arctic Ocean, covering latitudes from 54°N to 80°N; basically, following a consistent route each year). Along these cruises, the aerosol absorption coefficients and incident radiation (global, direct, diffuse and spectrally resolved) were measured to experimentally determine the Absorbing Aerosol-induced Heating Rate (HR) and atmospheric power surplus (APS) latitudinal gradients. LAA-induced HR decrease from mid-latitudes near Europe (335.5±6.6 mK d⁻¹ in summer; 254.0±17.4 mK d⁻¹ in winter) to the Arctic Ocean (0.9±0.1 mK d⁻¹ in summer; ~zero in winter). A such gradient creates an atmospheric power surplus (APS) that differs by more than two orders of magnitude between mid-latitudes (286.8±0.1 J d⁻¹ m⁻³ summer; 227.4±0.2 J d⁻¹ m⁻³ winter) and the Arctic (1.2±0.1 J d⁻¹ m⁻³ summer) only considering the European longitude range. Using MERRA-2 reanalysis and model simulations, we show that the APS alone contributed to a summer and winter increase of temperature in the Arctic leading to a temperature increase per unit of applied forcing ten and more higher compared to midlatitudes due to a poleward AMHT of 94±44 TW and 109±46 TW (summer and winter). The data also showed a summer AA of 1.1 obtained from experimentally driven CESM2 outputs that perfectly falls in ~0.75-2 range of summertime Rantanen et al.¹ modelling values. In winter, the computed AA was ~2.4-15.6 (inter-confidence interval range, mean value: 9) covering the winter 5–95th percentiles range ~0.8-4.5 of Rantanen et al.¹. All the aforementioned data, undoubtedly demonstrate the role of absorbing aerosol in AA. New insight are expected from the 2024 campaigns GAIA PRIN2022 PNRR MUR Funded by European Union - Next Generation EU

References

1. Rantanen, M. *et al.* The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth and Environment* **3**, 1–10 (2022).
2. Serreze, M. C. & Barry, R. G. Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis. *Global and Planetary Change* **77**, 85–96 (2011).
3. Shindell, D. & Faluvegi, G. Climate response to regional radiative forcing during the twentieth century. *Nature Geoscience* **2**, 294–300 (2009).

4. England, M. R., Eisenman, I., Lutsko, N. J. & Wagner, T. J. W. The Recent Emergence of Arctic Amplification. *Geophysical Research Letters* **48**, 1–10 (2021).
5. Maturilli, M., Herber, A. & König-langlo, G. Surface Radiation Climatology for Ny-Ålesund , Svalbard (78 . 9 ° N), Basic Observations for Trend Detection Corresponding Author : short- and longwave radiation are operated since August 1992 in the frame of the Baseline since August 1993 . The long-te. 331–339 (2015). doi:10.1594/PANGAEA.150000.

Interazioni aerosol-nebbia in Val Padana in un'indagine retrospettiva

Stefano Decesari^{1*}, Marco Paglione¹, Matteo Rinaldi¹, Karam Mansour¹, Maurizio Busetto¹, Leone Tarozzi², Maria Cristina Facchini¹, Sandro Fuzzi¹.

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR, Bologna, Italia. ² Istituto di Scienze Marine, CNR, Bologna, Italia.

* Corresponding author. Tel: +39 0516399563, email: s.decesari@isac.cnr.it

Keywords: Interazione aerosol-nubi, nebbia, Val Padana, trend di lungo periodo, effetti microfisici degli aerosol.

Le nebbie di irraggiamento sono fenomeni che caratterizzano numerosi bacini orografici in Europa nei mesi freddi, con effetti importanti su visibilità, temperature superficiali e umidità del suolo, ed infine sulla dispersione e trasformazione degli inquinanti dell'aria. Lo studio dei trend di lungo periodo delle concentrazioni degli inquinanti e della frequenza degli eventi di nebbia suggerisce che il declino storico del particolato atmosferico in molte aree del globo abbia influenzato il calo della frequenza di nebbia [1]. Dati inediti riguardo al contenuto di acqua liquida (*liquid water content*, LWC) della nebbia, ottenuti da 30 anni di monitoraggio presso la stazione rurale di San Pietro Capofiume (SPC) posta nel settore sud-orientale della Val Padana, mostrano che il periodo di più marcato calo di inquinanti è accompagnato anche ad un calo dell'LWC, dimostrando un effetto sull'intensità (e opacità) della nebbia oltre che sulla sua frequenza. Tuttavia, l'esatto processo microfisico con cui i nuclei di condensazione di nube (CCN) influenzano la formazione della nebbia rimane incerto, visto che tipicamente nelle aree antropizzate i CCN sono presenti in largo eccesso rispetto alla concentrazione di goccioline di nebbia. Per questa ragione l'analisi dei trend deve essere integrata con studi dettagliati dei processi microfisici e dei loro feedback dinamici e termodinamici sul sistema nebbia. La recente campagna sperimentale "Fog and Aerosol Interaction Research Italy" (FAIRARI) [2], svolta nel 2022 presso la stessa stazione SPC, ha consentito di indagare i processi di formazione di eventi di nebbia radiativa in diverse condizioni meteorologiche, integrando le osservazioni con una modellistica "large-eddy simulations" (LES). I risultati sono stati confrontati con studi precedenti, risalenti a più di 30 anni fa, ed in particolare con due campagne di misura svolte presso lo stesso sito nel 1989 ed il 1994 [3, 4] effettuate con tecnologie all'avanguardia per quegli anni (come le primissime applicazioni dei classificatori elettrostatici di particelle, o "DMA"). I livelli di inquinamento in Val Padana erano allora molto diversi dagli attuali, se ancora a fine anni 90' non era infrequente misurare 10 – 15 $\mu\text{g m}^{-3}$ di solfati nei mesi invernali, laddove a partire dal 2010 i livelli sono scesi sotto i 5 $\mu\text{g m}^{-3}$ [5]. Il monitoraggio della composizione chimica dell'acqua di nebbia conferma un brusco calo delle concentrazioni di solfati negli anni 90 e primi anni 2000 [6] ed un calo più modesto nel periodo successivo. L'effetto del declino delle concentrazioni di aerosol sulla concentrazione di goccioline di nebbia ed LWC è confermato da osservazioni e modelli. Il recupero dei database delle campagne sperimentali passate rappresenta una risorsa importante per la comprensione delle interazioni tra inquinamento atmosferico e cambiamento climatico.

Bibliografia

- [1] Stefanini et al. (2025), *Climate*, 13, 224.
- [2] Neuberger et al. (2025), *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 106, E23–E50.
- [3] Fuzzi et al. (1992), *Tellus*, 44B, 448–468.
- [4] Fuzzi et al. (1998), *Contr. Atmos. Phys.*, 71, 3 – 19.
- [5] Ricciardelli et al. (2017), *Atmos. Environ.*, 10.1016/j.atmosenv.2016.12.052
- [6] Giulianelli et al. (2014), *Atmos. Environ.*, 98, 394 - 401.

Bioaerosol

Tecnologie avanzate di intelligenza artificiale per il rilevamento in tempo reale di spore fungine e pollini allergenici nel monitoraggio della qualità dell'aria e nella sorveglianza della salute pubblica

Roberto Albertini*^{1,2}, Marta Pezzato¹, Massimiliano Iotti¹, Alessia Bessi¹, Simone Bettella¹, Alessandra Zucchelli¹, Monia Incerti¹, Elias Graf³, Yanick Zeder³, Kilian Koch³, Andreas Schwendimann³, Maria Eugenia Colucci¹, Paola Affanni¹, Roberta Zoni¹, Licia Veronesi¹, Mostafa Mohieldin¹, Cesira Pasquarella¹

¹Dipartimento di Medicina e Chirurgia, Università di Parma, Italia; ²U.O. Medicina interna di Continuità, Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma, Italia; ³Swisens AG, Emmen, Switzerland

* Corresponding author. Tel: +39 0521702966, [E-mail: roberto.albertini@unipr.it](mailto:roberto.albertini@unipr.it)

Keywords: *Alternaria spp, Pollen, Hirst spore trap, Real-time monitoring, Risk assessment, Public health*

Introduzione: I bioaerosol sono importanti determinanti di salute. Componenti dei bioaerosol sono le spore fungine (1) e i pollini allergenici (2). Fin dagli anni '50, il monitoraggio delle spore fungine e del polline aerotrasportati si è basato su osservazioni manuali con bassa risoluzione temporale e disponibilità ritardata dei dati, ostacolando l'adozione tempestiva di misure di prevenzione per la salute pubblica. La misurazione di questi componenti è stata determinata, soprattutto, dalla necessità di gestire clinicamente e prevenire le malattie allergiche respiratorie stagionali (3). Tuttavia, esistono anche altri utilizzi (es. valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici, identificazione e controllo delle specie invasive, interazione con inquinamento e malattie, fitopatologia). Il numero crescente di persone affette da problemi legati ai bioaerosol sta aumentando la domanda di informazioni rapidamente accessibili. Nuove tecnologie di misurazione dei bioaerosol in combinazione con classificatori basati sull'intelligenza artificiale hanno dimostrato di essere in grado di fornire osservazioni in tempo reale per il polline nell'Europa centrale (4) e per le spore di *Alternaria spp.* in Svizzera (5). Questo studio mira a convalidare il monitoraggio continuo, automatico e in tempo reale del polline e delle spore di *Alternaria spp.* in Italia.

Metodi: La convalida (5) viene eseguita confrontando le concentrazioni giornaliere di pollini e spore di *Alternaria spp.* misurate con un metodo di riferimento (6) e con un metodo di campionamento in tempo reale. Come riferimento, i campioni provenienti da uno spore-trap tipo Hirst sono stati valutati manualmente in conformità alla norma EN 16868:2019 da personale qualificato del Laboratorio di Igiene e Aerobiologia. Le misurazioni automatizzate sono state effettuate con un citometro a flusso d'aria SwisensPoleno Jupiter, la cui nuova peculiarità è rappresentata dall'elaborazione avanzata delle immagini che consente l'estrazione delle caratteristiche morfologiche da due immagini olografiche di ciascuna particella riprese da angolazioni diverse, con misurazione della loro lunghezza e larghezza. Le concentrazioni sono state ottenute mediante un classificatore basato su random forest di nuova concezione che utilizza le caratteristiche delle particelle recentemente disponibili.

Risultati: I risultati mostreranno se il Poleno Jupiter può essere utilizzato operativamente per osservazioni in tempo reale di *Alternaria spp.* e pollini allergenici rilevanti in Italia in condizioni reali.

Conclusioni: Il monitoraggio in tempo reale può rappresentare un cambiamento radicale nella gestione di dati derivati dalla misurazione di parametri biologici ambientali; potrebbe rivoluzionare la gestione delle allergie e, più in generale, le strategie di prevenzione della salute pubblica attraverso un rapido supporto decisionale nei picchi di esposizione ai bioaerosol e l'identificazione precoce delle fonti di rischio, anche in settori non sanitari.

Bibliografia

- [1] Pulimood TB et al. 2007. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.04.045
- [2] Sofiev M and Bergmann KC. 2012. DOI <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4881-1>
- [3] Šukienė L. et al. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09727-2>
- [4] Maya-Manzano J. et al. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161220>
- [5] Erb S. et al. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10453-023-09780-z>
- [6] Hirst J. 1952. *Annals of Applied Biology*, 39, 257–265

Composizione biologica e proprietà fisiche degli aerosol atmosferici: risultati dalle campagne di monitoraggio del progetto BIO-MASTER

Salvatore Romano^{1*}, Mattia Fragola¹, Dalila Peccarrisi¹, Olga Gavrichkova², Paola Pollegioni², Federica D'Alò², Gianluca Quarta¹, Lucio Calcagnile¹

¹ CEDAD - Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi", Università del Salento (Lecce);

² CNR-IRET Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (Porano, TR)

* Corresponding author. Tel: +39 0832 297553, E-mail: salvatore.romano@unisalento.it

Keywords: bioaerosol, WIBS, metagenomica, fluorescenza, batteri, funghi

Introduzione: Il progetto BIO-MASTER mira a sviluppare un protocollo standardizzato per il campionamento, la classificazione e la caratterizzazione del bioaerosol. Nell'ambito delle attività di ricerca in corso, sono state condotte due campagne intensive di monitoraggio nei periodi dicembre 2023 – marzo 2024 e giugno – ottobre 2024 presso il sito di campionamento dell'Università del Salento. L'obiettivo principale di queste campagne è stato quello di investigare le principali relazioni tra la composizione biologica e le proprietà ottiche e fisiche degli aerosol atmosferici raccolti in un'area del Mediterraneo centrale.

Metodi: Il campionamento delle particelle di bioaerosol in ambiente outdoor è stato effettuato mediante il dispositivo Wideband Integrated Bioaerosol Sensor (WIBS-NEO, Droplet Measurement Technologies LLC, USA), basato sull'analisi della fluorescenza per l'identificazione di particelle biologiche quali batteri, funghi e pollini (1, 2). Questa tecnica ha fornito informazioni utili sulla variabilità temporale e spaziale delle componenti biologiche presenti in atmosfera nell'area di studio (3). Ulteriori campionamenti sono stati effettuati mediante il campionatore portatile ad alto volume ACD-200 Bobcat (InnovaPrep, USA), che utilizza filtri in elettrete che consentono un'elevata efficienza di raccolta delle componenti biologiche aerodisperse in un intervallo dimensionale compreso tra 0.1 e circa 10 µm. Sono stati inoltre utilizzati altri campionatori portatili per la raccolta del particolato atmosferico su filtri in quarzo e Teflon, successivamente analizzati mediante tecniche metagenomiche per l'identificazione delle comunità batteriche e fungine presenti nei campioni aerosolici.

Risultati: I risultati ottenuti durante questa prima fase di monitoraggio forniscono importanti indicazioni sulla distribuzione e sulla diversità dei vari tipi di bioaerosol nell'area di studio. I dati preliminari relativi alle comunità batteriche e fungine evidenziano una significativa variabilità stagionale nella composizione del bioaerosol. È stata inoltre osservata una notevole variabilità dimensionale delle particelle biologiche rilevate e del loro legame con le proprietà ottiche e fisiche dell'aerosol, a conferma della complessità delle sorgenti e dei processi atmosferici coinvolti.

Conclusioni: I risultati ottenuti evidenziano la necessità di sviluppare protocolli di campionamento standardizzati al fine di migliorare la comparabilità dei dati tra differenti progetti di ricerca sul bioaerosol. L'integrazione tra analisi di fluorescenza e sequenziamento metagenomico rappresenta un approccio promettente per una caratterizzazione più completa delle comunità di bioaerosol e per una migliore comprensione del loro ruolo nei processi atmosferici e nei potenziali effetti sulla qualità dell'aria e sulla salute umana.

Bibliografia

- [1] Tang et al. 2022. DOI: 10.5194/amt-15-2819-2022
- [2] Yang et al. 2021. DOI: 10.1021/acs.est.0c06304
- [3] Fragola et al. 2024. DOI: 10.3390/aerobiology2030004

**Strumentazioni Sensori e
Metodi di Misura**

Da problema a risorsa: recupero e valorizzazione di particolato carbonioso per la produzione di sensori

R. Griffo¹, A. Parisi², F. Di Natale², M. Minale¹, C. Carotenuto¹

¹ Università della Campania "L. Vanvitelli" – Dipartimento di Ingegneria;

² Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Ingegneria Chimica dei Materiali e della Produzione Industriale;

* Tel: +39 081 5010410, E-mail: claudia.carotenuto@unicampania.it

Keywords: Processi di cattura, Electrospray, Flame synthesis, Nanoparticelle carboniose

Introduzione: Il particolato carbonioso è considerato tra i principali inquinanti atmosferici a causa della sua composizione chimica e della tipica distribuzione granulometrica con cui è emesso. Tuttavia, la sua frazione solida, nota come elemental carbon, possiede proprietà chimico-fisiche di significativo interesse tecnologico ed industriale. Materiali strutturalmente affini, quali il carbon black, sono infatti prodotti intenzionalmente come materiali ingegnerizzati e presentano un rilevante valore di mercato [1]. Le tecnologie di precipitazione elettrostatica, comunemente impiegate per l'abbattimento del particolato derivante da processi di combustione, consentono la raccolta di aerosol carboniosi composti principalmente da elemental carbon. Tali specie, generalmente considerate sottoprodotti di scarto, possono essere valorizzate e usate per la realizzazione di film sottili, adatti ad esempio per applicazioni in ambito sensoristico. In questo lavoro vengono presentate e confrontate due tecniche di produzione di film carboniosi ottenuti a partire da aerosol raccolto durante processi di combustione di gas.

Metodi: Sono stati studiati film sottili di nanoparticelle carboniose, prodotte da una fiamma ricca premiscelata etilene - aria ($\Phi = 2,46$, $C/O = 0,82$) utilizzando un reattore McKenna commerciale. Sono state confrontate due strategie di formazione dei film: (i) deposizione diretta in fiamma, mediante tecniche di flame synthesis con Electric-field assisted thermophoretic deposition (E-Th) [2,3] e (ii) elettrospraying di particolato raccolto mediante precipitazione elettrostatica [4]. La morfologia superficiale e le proprietà di bagnabilità sono state investigate mediante profilometria ottica, microscopia SEM e misure di angolo di contatto.

Risultati: I film prodotti mediante deposizione E-Th presentano una morfologia eterogenea, un'elevata rugosità superficiale e mostrano comportamento superidrofobico, ma limitata robustezza meccanica a causa della debole coesione interparticellare. Al contrario, l'elettrospraying consente la formazione di film porosi e strutturalmente stabili. In questo caso, le analisi SEM evidenziano una microstruttura granulare, con particelle uniformemente distribuite e interconnesse a formare una rete porosa continua. Le misure di bagnabilità hanno mostrato un comportamento superidrofilico del film, principalmente correlato alla presenza di additivi usati nel processo di elettrospraying.

Conclusioni: I risultati ottenuti dimostrano che le nanoparticelle carboniose prodotte mediante flame synthesis possono essere sfruttate per produrre film con specifiche caratteristiche funzionali, tramite tecniche di deposizione E-Th e per electrospray. L'approccio proposto consente un controllo mirato delle proprietà morfologiche e superficiali. Le caratteristiche strutturali e di bagnabilità osservate rendono questi film particolarmente promettenti, ad esempio, per applicazioni al gas sensing [5].

Bibliografia

- [1] Kumar et al. 2021. DOI: 10.1039/D1RA00361E
- [2] Griffo et al. 2025. DOI:10.1002/admi.202500720
- [3] Parisi et al. 2024. DOI: 10.1016/j.fuproc.2023.108027
- [4] Castillo et al. 2018. DOI:10.1016/j.jaerosci.2018.03.004
- [5] Kyokunzire et al., 2024. DOI:10.1016/j.jece.2024.113702

Caratterizzazione elementare del PM₁₀: confronto tra misure ED-XRF online e offline

Giuseppe Deluca¹, Ermelinda Bloise¹, Daniela Cesari¹, Luca Cirillo Ciricugno¹, Adelaide Dinoi¹, Antonio Pennetta¹, Serena Poti^{1,2}, Paola Semeraro¹, Florin Unga¹, Daniele Contini¹

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Lecce;

² Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento, Lecce

* Corresponding author.: giuseppedelucal@cnr.it

Keywords: PM₁₀, confronto tra ED-XRF, misure online, composizione elementare

La determinazione della composizione elementare del particolato atmosferico (PM), e in particolare del PM₁₀, è un aspetto fondamentale nel monitoraggio della qualità dell'aria e riveste un ruolo cruciale nell'identificazione delle sorgenti e negli studi di source apportionment [1]. In questo lavoro si confrontano i dati ottenuti per il PM₁₀ tramite misurazioni online (Xact® 625i) e offline (ED-XRF da banco), entrambe basate sulla stessa tecnica analitica ma condotte su supporti differenti: nastro in Teflon (1 m³ h⁻¹) per il sistema online e filtri in quarzo (2.3 m³ h⁻¹) per quello offline. La strumentazione opera presso l'Osservatorio Ambientale-Climatico (ECO) di Lecce, stazione della rete ACTRIS.

Sebbene i filtri in Teflon siano comunemente utilizzati per l'ED-XRF, i filtri in quarzo risultano spesso preferibili poiché consentono ulteriori determinazioni, tra cui OC, EC e le specie idrosolubili, sul medesimo substrato [2].

L'analizzatore Xact® 625i fornisce la composizione elementare con elevata risoluzione temporale e, in questo studio, è stata adottata una risoluzione di 3 ore al fine di garantire segnali degli analiti superiori al limite di rilevabilità (LOD) nelle condizioni di concentrazione del PM₁₀ tipiche del sito.

Parallelamente, presso l'osservatorio ECO viene effettuato un campionamento giornaliero tramite un campionatore SWAM a doppio canale (Fai Instruments, 2.3 m³ h⁻¹), che determina la concentrazione di massa mediante attenuazione β. I filtri in quarzo così raccolti vengono successivamente analizzati con uno strumento ED-XRF da banco (XEPOS05, Spectro) [3].

Il confronto dei dati per il periodo dicembre 2024 – dicembre 2025 mostra una bassa comparabilità per l'alluminio, mentre elementi come Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr e Pb presentano una comparabilità migliore, sebbene con pendenze e correlazioni variabili. Nel lavoro saranno discussi anche i risultati di una campagna dedicata in cui il PM₁₀ è stato raccolto in parallelo su diversi substrati (quarzo, Teflon ed esteri misti di cellulosa), al fine di estendere il confronto a elementi non misurabili sul quarzo (ad es. Si, P, Br, Ni) e valutare l'effetto del substrato sulla comparabilità tra misure online e offline.

Sarà inoltre analizzato il primo dataset annuale ad alta risoluzione ottenuto in questo sito, con particolare attenzione ai traccianti utili a identificare eventi specifici, come polveri sahariane, fuochi d'artificio e sea spray, e sorgenti con andamenti giornalieri caratteristici, quali il traffico veicolare e il biomass burning, che possono essere descritti con maggiore dettaglio grazie alle misure ad alta frequenza.

Il lavoro è stato supportato dal Progetto IR0000032- ITINERIS del "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione" – Missione 4, Istruzione e Ricerca".

Bibliografia

[1] Viana, M., et al., 2008. DOI: [10.1016/j.jaerosci.2008.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.05.007).

[2] Unga, F., et al., 2025. DOI: [10.5194/ar-3-405-2025](https://doi.org/10.5194/ar-3-405-2025).

[3] Dinoi, A., et al., 2024. DOI: [10.1016/j.atmosenv.2024.120656](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120656).

Monitoraggio dei metalli nel particolato atmosferico: confronto tra le tecniche analitiche EDXRF in continuo e ICP-MS

Mara Galletti^{1*}, Marco Vecchiocattivi², Elisa Spano³, Alice Angeli¹, Eleonora Arnesi¹, Alberto Caselli¹ e Fiorella Sebastiani¹

¹Arpa Umbria, Servizio Attività Analitica Aria, Terni, 05100, Italy;

²Arpa Umbria, Servizio Rete Aria, Perugia, 06121, Italy;

³Orion S.r.l., Veggiano, 35030, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 0744 4796734, E-mail: m.galletti@arpa.umbria.it

Keywords: Particolato atmosferico, metalli, XRF, monitoraggio ad alta risoluzione, strumentazione, aree industriali

La Conca Ternana, sede di storici insediamenti industriali a prevalente vocazione siderurgica, rappresenta una delle aree maggiormente antropizzate del Centro Italia (1). Le peculiari caratteristiche orografiche e meteorologiche dell'area limitano la dispersione degli inquinanti atmosferici, favorendo l'accumulo di contaminanti (2). Il polo siderurgico locale, specializzato nella produzione di acciai speciali, costituisce la principale sorgente di Cromo (Cr) e Nichel (Ni) in atmosfera; per quest'ultimo, in alcuni casi, non risulta rispettato il valore obiettivo di 20 ng/m³ stabilito dal d.lgs. 155/2010 (3). Alla luce di tali criticità, e in considerazione della nuova Direttiva Europea (UE) 2024/2881(4) che prevede la trasformazione degli attuali valori obiettivo in valori limite, emerge la necessità di attuare azioni mirate alla riduzione delle concentrazioni di metalli in atmosfera, supportate da una conoscenza approfondita delle dinamiche emissive. In questo contesto, presso la stazione di fondo urbano di *Le Grazie* (Terni) è stato installato uno strumento per la misura in continuo ad alta risoluzione temporale della concentrazione dei metalli in atmosfera basato sulla fluorescenza a raggi X (XRF), il Cooper Xact 625i. Lo strumento permette di selezionare la frequenza di campionamento (da 5 a 240 minuti) e restituisce valori di concentrazione dei metalli in ng/m³. I risultati ottenuti con la tecnologia XRF sono confrontati con quanto ottenuto applicando il metodo di riferimento UNI EN 14902:2005, che prevede il campionamento giornaliero su filtro e la successiva analisi in laboratorio (5). La campagna di misura è stata organizzata per consentire il confronto tra le due tecnologie in differenti condizioni stagionali (inverno e primavera). I risultati preliminari, sebbene l'indagine sia ancora in corso, mostrano una buona correlazione tra i due metodi per i metalli con concentrazioni superiori al ng/m³, quali Ferro (Fe), Nichel (Ni) e Cromo (Cr), tipicamente associati alle attività industriali dell'area. Per elementi in tracce come Arsenico (As) e Cadmio (Cd), caratterizzati da concentrazioni frequentemente inferiori a 1 ng/m³ il metodo ICP-MS evidenzia una sensibilità analitica superiore. Lo studio conferma la complementarità tra le due tecniche analitiche: la XRF in continuo, grazie all'alta risoluzione temporale, risulta particolarmente efficace per rilevare in tempo reale picchi emissivi e analizzare gli andamenti temporali ad alta frequenza, mentre l'ICP-MS rimane fondamentale per misure ad elevata precisione e per la caratterizzazione dei livelli di fondo. I risultati ottenuti indicano inoltre il potenziale impiego della tecnica XRF in continuo a supporto delle attività di controllo della qualità dell'aria.

Bibliografia

[1] Galletti M et al. 2015. DOI: 10.4236/ijamsc.2015.33006

[2] Cappelletti B et al. 2012. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.12

[3] Vecchiocattivi et al. 2024. Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Anno 2024 – Relazione Tecnica Maggio 2025 https://www.arpa.umbria.it/resources/docs/Qualit%C3%A0%20aria%20in%20Umbria_2024.pdf

[4] Direttiva - UE - 2024/2881 - EN - EUR-Lex

[5] UNI EN 14902:2005 Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM10 del particolato in sospensione

Misure ad alta risoluzione temporale di black carbon in un sito di fondo urbano del sud Italia

Daniela Cesari^{1*}, Ermelinda Bloise¹, Marianna Conte², Adelaide Dinoi¹, Giuseppe Deluca¹, Antonio Pennetta¹, Paola Semeraro¹, Eva Merico¹, Daniele Contini¹

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, S.P. Lecce-Monteroni Km 1.2, 7100 Lecce;

² Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, 00133 Roma;

* Corresponding author. [E-mail: daniela.cesari@cnr.it](mailto:daniela.cesari@cnr.it)

Keywords: *MAC in situ; brown carbon; black carbon apportionment*

Gli aerosol carboniosi costituiscono un inquinante atmosferico di grande rilevanza sia a scala locale, che globale, in virtù del loro coinvolgimento in numerosi processi atmosferici, tra cui il forcing radiativo [1, 2], la formazione delle nubi e la riduzione della visibilità regionale, oltre ai potenziali effetti dannosi sulla salute umana [3–5]. La recente Direttiva europea 2024/2881 ha evidenziato la necessità di un monitoraggio più accurato degli inquinanti emergenti, tra i quali risulta anche il black carbon (eBC). Tuttavia, nonostante l'ampia letteratura disponibile sugli aerosol carboniosi, le misurazioni multi-strumentali ad alta risoluzione temporale risultano ancora limitate, soprattutto nei siti di fondo urbano del bacino del Mediterraneo. In questo contesto, il presente studio propone una caratterizzazione dettagliata della composizione, delle sorgenti e delle proprietà ottiche degli aerosol carboniosi presso un sito di fondo urbano del Sud Italia (Lecce), con l'obiettivo finale di migliorare l'accuratezza delle misure ottiche e la ripartizione delle sue sorgenti.

È stata condotta una campagna di misura intensiva tra marzo e aprile 2023 presso l'Osservatorio Climatico Ambientale di ISAC-CNR Lecce. Sono stati raccolti 86 campioni giornalieri di PM₁₀ e PM_{2.5}, successivamente analizzati per stimare il contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) mediante analisi termo-ottica. Durante la campagna, il black carbon (eBC) è stato misurato in continuo con tre strumenti indipendenti (MAAP, AE33 e Giano BC1), mentre il carbonio totale (TC) è stato determinato con un analizzatore termo-catalitico (TCA08). Le misure ottiche e termo-ottiche hanno consentito la stima in situ del parametro Mass Absorption Cross-section (MAC) e la valutazione dei contributi all'eBC derivanti dalla combustione di combustibili fossili e di biomassa, includendo anche la componente di brown carbon (BrC).

Le concentrazioni medie di PM₁₀ e PM_{2.5} sono risultate pari a 17.1 e 10.4 µg/m³, rispettivamente. OC ed EC hanno contribuito mediamente per il 16.5% e il 3.6% alla massa del PM₁₀ e per il 22.6% e il 5.5% a quella del PM_{2.5}. I valori di MAC *in situ* sono risultati compresi tra 8.0 e 12.2 m²/g. L'andamento diurno dell'eBC è apparso fortemente modulato sia dall'evoluzione dello strato limite planetario sia dalle sorgenti di combustione.

Lo studio dimostra che l'integrazione di dati provenienti da diversi strumenti consente una caratterizzazione robusta degli aerosol carboniosi, permettendo di dedurre informazioni sulle relative sorgenti e sui processi coinvolti, contribuendo a una migliore comprensione delle dinamiche locali della qualità dell'aria.

Bibliografia

- [1] Bond TC, et al. 2013. DOI: 10.1002/jgrd.50171
- [2] IPCC. Climate change 2013. The physical science basis.
- [3] Daellenbach KR, et al. 2020. DOI: 10.1038/s41586-020-2902-8
- [4] Tomašek I, et al. 2021. DOI: 10.1007/s00445-021-01453-4
- [5] WHO Global Air Quality Guidelines., Switzerland, 2021.

Verso una procedura di calibrazione per Xact 625i: confronto con tecniche analitiche di riferimento e tra strumenti diversi

Cosimo Fratticioli^{1,2}, André Wählisch³, Burkhard Beckhoff³, Giulia Calzolai², Claudio Crazzolara⁵, Massimo Chiari², Fabio Giardi², Armin Gross⁵, Franco Lucarelli^{1,2}, Manos Manousakas⁶, Silvia Nava^{1,2}, Andreas Nowak⁴

¹ *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze,*

² *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione di Firenze,*

³ *Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Germany,*

⁴ *Airborne Nanoparticles (PTB), Germany,*

⁵ *Bruker Nano GmbH Germany,*

⁶ *National Centre of Scientific Research Demokritos, Greece*

* *Corresponding author. Tel: +39 055 4572625, E-mail: fratticioli@fi.infn.it*

Keywords: *Xact 625i, calibrazione, composizione elementale, PIXE, XRF*

Xact 625i (Salibri Cooper, Inc.) sta diventando uno strumento sempre più diffuso per la misura degli elementi negli aerosol atmosferici. I suoi principali vantaggi rispetto ad altre tecniche risiedono nella capacità di fornire misure in tempo quasi reale (NRT) e nel ridotto tempo di analisi in laboratorio. Ciò rende questi strumenti utili per eseguire analisi di source apportionment in NRT sia come strumento autonomo che in abbinamento con strumenti quali ACSM ed Etalometro, che è uno degli obiettivi del progetto Mitigating Transport-Related Air Pollution (MI-TRAP) (<https://mitrap-project.eu/>). Nonostante questo crescente interesse, manca ancora per questo strumento, ed è sempre più necessario, un approccio di calibrazione robusto e tracciabile che faccia riferimento a tecniche di riferimento come Particle Induced X-ray Emission (PIXE), analisi a fluorescenza a raggi X (XRF) o spettrometria al plasma accoppiata a ioni (ICP).

In questo contesto, nell'ambito di ACTRIS-ERIC, del progetto PNRR ITINERIS e di MI-TRAP si è svolto un test di Inter-Laboratory Comparison (ILC) che ha coinvolto 10 diversi strumenti Xact 625i attualmente presenti in laboratori europei. In questa ILC, due set di sei campioni (PM10 depositato su filtri in PTFE da 25 mm, incluso un filtro bianco per ogni set) hanno circolato tra i diversi laboratori per essere analizzati con gli Xact 625i. Tutti i filtri sono stati inizialmente analizzati tramite tecnica PIXE all'Elemental Mass Calibration Centre (EMC2) di ACTRIS-ERIC a Firenze e con XRF presso il sincrotrone BESSY II di Berlino-Adlershof. L'analisi PIXE e XRF sui 12 filtri utilizzati per la ILC ha permesso di quantificare in modo tracciabile con entrambe le tecniche 15 elementi (Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn). Prima dell'invio agli altri laboratori, tutti i 12 filtri sono inoltre stati analizzati con lo strumento Xact 625i del laboratorio EMC2. Per ciascun elemento, le misure fatte con Xact 625i sono state confrontate con quelle PIXE e XRF. I risultati mostrano una buona correlazione dei dati dello Xact 625i con quelli di entrambe le tecniche di riferimento per tutti gli elementi analizzati (ad eccezione dell'Al) e una buona comparabilità degli strumenti. In conclusione, l'utilizzo di filtri in PTFE da 25 mm raccolti con campionatori sequenziali e analizzati con tecniche di riferimento come PIXE e XRF può rappresentare un nuovo metodo valido ed economico per calibrare il modulo analitico XRF degli strumenti Xact 625i.

Questo esercizio, di cui saranno presentati i risultati completi, rappresenta la prima ILC in assoluto che coinvolge più strumenti Xact 625i. Oltre a fornire risultati completi sull'inter-comparabilità dei diversi strumenti coinvolti nelle reti di monitoraggio o nei progetti di ricerca europei, questa ILC rappresenta un primo passo verso la definizione di procedure QA/QC affidabili per gli strumenti Xact 625i.

Overview di applicazioni della facility ChAMBRé

Virginia Vernocchi¹, Marco Brunoldi^{1,2}, Elena Gatta², Dario Massabò^{1,2}, Federico Mazzei^{1,2}, Franco Parodi¹, Paolo Prati^{1,2}

¹ INFN – Sezione di Genova;

² Dip.di Fisica – UniGE

* Corresponding author. Tel: +39 010 3536325, E-mail: vvernocchi@ge.infn.it

Keywords: camera di simulazione atmosferica, aerosol carboniosi, bioaerosol

ChAMBRé (Chamber for Aerosol Modelling and Bio-aerosol Research, 1) è una camera di simulazione atmosferica (ASC) gestita dalla sezione di Genova dell'INFN presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova. L'ASC, esempio unico nel suo genere in Italia, è legata all'infrastruttura di ricerca europea ACTRIS (Aerosols, Clouds and Trace gases Research Infrastructure), che oggi è configurata come un ERIC (European Research Infrastructures Consortium).

ChAMBRé è caratterizzata da un'elevata versatilità di applicazioni grazie all'ampia gamma di strumenti collegabili, ottenuti tramite numerosi finanziamenti. La facility è inoltre inserita in diversi programmi di accessi TNA, che hanno contribuito ad ampliare la multidisciplinarietà delle attività svolte.

Alla conferenza si vuole dare una panoramica di queste attività, mostrando anche i risultati principali. Tra le applicazioni di ChAMBRé che verranno presentate vi sono: la generazione di particelle standard di *soot* (2) ed il loro utilizzo per diversi scopi quali la caratterizzazione di aerosol carboniosi e delle emissioni di combustione di combustibili diversi (3), lo sviluppo di procedure di invecchiamento del particolato carbonioso al fine di studiarne le diverse proprietà e la produzione di campioni standard per saggi di potenziale ossidativo e tossicologici (4), la caratterizzazione e validazione di nuovi strumenti (5). Alcune applicazioni sulla tematica bioaerosol riguardano lo studio degli effetti della qualità dell'aria sulla vitalità batterica (6, 7), lo sviluppo di strategie di monitoraggio real-time (8) e la valutazione della resistenza ad antibiotici da parte di ceppi batterici (9). Un'ulteriore applicazione è lo studio dell'interazione tra specie vegetali e inquinanti atmosferici (10).

L'obiettivo di questa panoramica è quello di diffondere la conoscenza delle potenzialità di ChAMBRé per aprire a nuovi sviluppi multidisciplinari.

Bibliografia

- [1] Massabò et al. 2018. doi: 10.5194/amt-11-5885-2018
- [2] Vernocchi et al. 2022. doi: 10.5194/amt-15-2159-2022
- [3] Danelli et al. 2025. doi: 10.5194/acp-25-9387-2025
- [4] Vernocchi et al. 2025. doi: 10.1016/j.taap.2025.117573
- [5] Isolabella et al. 2025. doi: 10.1016/j.atmosenv.2025.121341
- [6] Vernocchi V. et al., 2023. doi: 10.5194/amt-16-5479-2023
- [7] Gatta et al., Sci Rep, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-94898-y
- [8] Crawford I et al. 2023. doi.org/10.3390/atmos14081214
- [9] Agarwal V. et al. 2024. doi: 10.3390/antibiotics13060558
- [10] Bosio et al., 2025. doi: 10.1016/j.aeaoa.2025.100355

Reti di sensori low-cost per la qualità dell'aria: monitoraggio di PM e NO₂ nell'area urbana di Torino

Davide Gallione^{1*}, Nicole Mastromatteo¹, Sofia Fellini¹, Grazia Fattoruso³, Pietro Salizzoni², Daniele Martinelli¹, Marina Clerico¹

¹Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture Politecnico di Torino; ²Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, UMR CNRS 5509, Université de Lyon, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon I, 69134 Écully, France; ³ENEA RC-Portici, TERIN-SII-EDS, 80055 Portici, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 3459219310, E-mail: davide.gallione@polito.it

Keywords: Low-cost sensors, PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, qualità dell'aria, rete di monitoraggio.

Introduzione: Come si evince dal report EEA sulla qualità dell'aria in Europa, nel 2022 la maggior parte della popolazione europea è esposta a livelli di inquinamento dell'aria molto elevati (1). Tra gli inquinanti atmosferici urbani, il particolato (PM) e il biossido di azoto (NO₂) rimangono i più critici a causa dei loro effetti sulla salute umana, in relazione anche ai superamenti delle soglie normative (2,3). Le stazioni di monitoraggio tradizionali, distribuite all'interno dell'ambiente urbano, potrebbero non sempre caratterizzare accuratamente la variabilità spaziale nell'area circostante e potrebbero non rappresentare l'intera città (1). Negli ultimi anni, diversi studi hanno cercato di caratterizzare meglio le variazioni spaziali nelle concentrazioni di inquinanti atmosferici all'interno di una città, utilizzando reti di sensori a basso costo (4).

Metodi: Per il monitoraggio del PM e dell'NO₂ nella città di Torino, sono state utilizzate n.10 stazioni di micro-sensori a basso costo prodotte da Solerzia Srl, denominate MoNiCa. In seguito a un periodo di calibrazione pari a n.2 settimane come descritto in (2), i MoNiCa sono stati installati nella città di Torino coinvolgendo cittadini, enti di ricerca (CNR) e l'Università degli studi di Torino (Dip. Fisica). **Risultati:** Sono state effettuate due campagne di misura: la prima da febbraio '25 a fine maggio '25 e la seconda, ancora in corso, da dicembre '25. Le due campagne sono state condotte utilizzando l'analoga metodologia e lo stesso posizionamento. Quest'ultimo si è basato sull'effettiva disponibilità, quindi la rete non è spazialmente ottimizzata. Tuttavia, i punti di misura sono stati scelti per coprire un'area sufficientemente rappresentativa della porzione di città analizzata. Durante la prima campagna, gli andamenti delle concentrazioni degli inquinanti sono state coerenti con le caratteristiche meteorologiche (temperatura e umidità), traffico e posizionamento (altezze): le concentrazioni di PM e NO₂ misurate dai MoNiCa si riflettono anche nelle misurazioni degli strumenti certificati che li affiancano e rappresentano il contesto dell'installazione. I MoNiCa hanno quindi dato nel complesso un buon riscontro nell'acquisizione del dato e nel funzionamento. Tuttavia, nella prima campagna non è stato possibile riportare gli andamenti di tre stazioni causa malfunzionamenti nella trasmissione dati, risolti per la seconda campagna.

Conclusioni: La tecnologia utilizzata è risultata utile al fine di una caratterizzazione più precisa dell'area analizzata. Si specifica che tale tecnologia è da considerarsi complementare alle tradizionali metodiche di monitoraggio della qualità dell'aria che risultano essere imprescindibili. L'utilizzo dei sensori low-cost è dipendente dalla presenza di stazioni fisse e certificate ma sono un mezzo efficace per l'acquisizione quantitativa e qualitativa di dati se controllati e verificati con le stazioni tradizionali.

Bibliografia

- [1] Fattoruso G et al. 2022, DOI: 10.3390/atmos13111933
- [2] Fellini S et al. 2025, DOI: 10.21203/rs.3.rs-7178992/v1
- [3] Kang J et al. 2024, DOI: 10.3390/s24103023
- [4] Fattoruso G et al. 2020, DOI: 10.3390/atmos11111215

Qualità dell'aria nelle
aree portuali e costiere

Monitoraggio ad elevata risoluzione spaziale dell'inquinamento da particolato atmosferico nella città portuale di Civitavecchia

A. Pastore^{1,2}, E. Di Martino², C. Tiraboschi^{1,2}, M. A. Frezzini³, A. Di Giosa³, L. Martino³, G. Ialonardi³, A. De Fini³, G. Marchegiani⁴, A. Di Menno di Bucchianico⁴, A. Amoroso⁴, G. Cattani⁴, C. Ancona⁵, C. Perrino⁶, L. Bisceglia⁷, S. Canepari², L. Massimi²

¹Department of Public Health and Infectious Diseases, Sapienza University of Rome, Rome, Italy

²Department of Environmental Biology, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, ³Regional Environmental Protection Agency, ARPA Lazio, Rome, Italy, ⁴Department for Environmental Assessment, Monitoring and Sustainability, ISPRA, Rome, Italy, ⁵ Department of Epidemiology, Lazio Regional Health Service/ASL Roma I, Rome, Italy, ⁶C.N.R. Institute of Atmospheric Pollution Research, Monterotondo St., Rome, Italy

⁷Epidemiology and Care Intelligence Area, AReSS Puglia, Bari, Italy

*Corresponding author. Tel: +39 3453276136. E-Mail: andrea.pastore@uniroma1.it

Keywords: PM₁₀, potenziale ossidativo, PMF, emissioni portuali, distribuzione spaziale

L'esposizione al particolato atmosferico (PM) nelle aree portuali rappresenta una criticità rilevante dal punto di vista ambientale e sanitario. In questi contesti, la compresenza di sorgenti urbane e attività marittime può determinare concentrazioni di PM dannose per la popolazione residente, con effetti sull'apparato cardiovascolare e respiratorio. Per questo motivo, nelle aree urbano-portuali si stanno adottando criteri più stringenti per la valutazione e la gestione delle emissioni da parte dell'IMO (Organizzazione Marittima Internazionale) e dell'Unione Europea, al fine di limitarne gli impatti sulla popolazione. A fronte di ciò, questo studio, che si colloca all'interno del progetto SalPIAm: "Salute Porti Inquinamento Ambientale" del Piano nazionale per gli investimenti complementari (PNC), ha l'obiettivo di valutare la qualità dell'aria nella città portuale di Civitavecchia, con il fine ultimo di identificare e quantificare le principali sorgenti locali di PM₁₀ e di fornire strumenti utili per la stima dell'esposizione e del potenziale impatto sanitario. Per quantificare i contributi delle principali sorgenti locali di PM₁₀ è stato predisposto un programma di monitoraggio ad alta risoluzione spaziale. Sono stati selezionati 19 siti di campionamento distribuiti nell'intero comune di Civitavecchia. In ogni sito sono stati installati campionatori a bassa portata (2 L/min) che hanno operato per 7 periodi consecutivi della durata di circa due mesi ciascuno. Questo approccio ha consentito una caratterizzazione chimica dettagliata del PM₁₀ (macroelementi, microelementi ed elementi in traccia, OC/EC e levoglucosano) e la valutazione del potenziale ossidativo (OP) tramite saggi acellulari (OP^{AA}, OP^{DTT}, OP^{DCFH}). L'identificazione delle sorgenti emmissive e la quantificazione dei loro contributi sono state ottenute applicando il modello a recettore Positive Matrix Factorization (PMF). La concentrazione media di PM₁₀ sull'intero periodo di campionamento è pari a 18,6 µg/m³, con una marcata variabilità spaziale, che va da 11,5 µg/m³ nei siti di fondo urbano a 26,0 µg/m³ nei siti maggiormente influenzati dalle attività antropiche. Il modello PMF ha individuato in totale cinque sorgenti principali, che contribuiscono in misura diversa alla concentrazione media di PM₁₀ nell'area di studio: spray marino (30%), polvere di suolo (26%), traffico veicolare (19%), traffico navale (14%) e riscaldamento domestico (11%). I contributi delle diverse sorgenti mostrano una chiara stagionalità, con massimi estivi per traffico navale e polvere di suolo e un incremento invernale del riscaldamento a biomasse; dal punto di vista spaziale, il traffico navale prevale nei siti portuali, mentre traffico veicolare e riscaldamento risultano più rilevanti nelle aree urbane e residenziali. I saggi di OP sono risultati associati principalmente alle sorgenti di traffico navale e veicolare, con il traffico veicolare che mostra i valori più elevati in tutti i saggi. Il monitoraggio ad alta risoluzione spaziale ha consentito di quantificare il contributo delle principali sorgenti di PM₁₀ e di identificare le aree critiche di esposizione, evidenziando il ruolo del traffico navale. I risultati forniscono indicazioni utili per strategie mirate di mitigazione e una base solida per studi epidemiologici sugli impatti sanitari nei contesti urbano-portuali.

Approccio integrato per la valutazione di scenari di mobilità e qualità dell'aria in contesti portuali: applicazione al porto di Napoli

Domenico Toscano^{1,*}, Santo Lino¹, Guido Pirovano¹, Angelo Riccio², Valentina Agresti¹

¹ *Ricerca sul Sistema Energetico — RSE S.p.A., Via Rubattino 54, 20134 Milano, Italia;*

² *Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli “Parthenope”, Centro Direzionale, Isola C4, 80143 Napoli, Italia;*

* *Corresponding author. email: domenico.toscano@rse-web.it*

Keywords: *Scenari di Mobilità, NO₂, SO₂, PM_{2.5}, PSAT, CAMx*

Introduzione: Il trasporto marittimo è una fonte rilevante di inquinamento atmosferico contribuendo a livello globale per circa il 15% delle emissioni antropogeniche di NO_x, fino al 9% di SO₂ [1] e può contribuire fino al 25% del PM_{2.5} in aree portuali [2]. Una quota significativa delle emissioni si concentra durante le operazioni di ormeggio, quando i motori restano accesi per garantire le attività di carico e scarico. Ridurre questa sorgente emissiva può migliorare sensibilmente la qualità dell'aria nelle zone urbane. Il presente studio analizza l'efficacia di uno scenario di mitigazione basato sull'elettificazione delle banchine nel porto di Napoli, valutandone l'impatto sulle concentrazioni di inquinanti. Inoltre, esplora l'utilizzo di strumenti modellistici per stimare il contributo del settore navale senza ricorrere a simulazioni complete di scenario.

Metodi: La valutazione dello scenario è stata condotta mediante il modello di chimica e trasporto CAMx [3]. Le simulazioni hanno considerato i principali inquinanti atmosferici quali NO₂, SO₂ e PM_{2.5}. Il modello è stato accoppiato con il modulo Particulate Matter Source Apportionment Technology (PSAT) [4] per consentire la stima del contributo del settore navale alle concentrazioni degli inquinanti permettendo di attribuire le concentrazioni per settore emissivo e regione. Lo scenario di intervento analizzato ha previsto l'elettificazione delle banchine presso il molo di Calata Porta di Massa, con eliminazione delle emissioni durante la fase di hotelling per le navi passeggeri [5], rispetto a uno scenario di riferimento basato sulle condizioni operative attuali. Questa configurazione consente di analizzare sia le variazioni di concentrazione dovute allo scenario, sia la coerenza con le attribuzioni settoriali fornite da PSAT.

Risultati: Lo scenario di elettificazione ha determinato una riduzione delle emissioni navali del -18% per NO_x, -7% per SO₂ e -12% per PM_{2.5}, con un conseguente miglioramento della qualità dell'aria nelle aree portuali e urbane limitrofe. La concentrazione di NO₂ si è ridotta fino a -2,25 ppbV (circa -10% rispetto al baseline), mentre per SO₂ è stata valutata una riduzione massima di -0,30 ppbV (-6%) e per PM_{2.5} di circa -0,35 µg/m³ (con una riduzione percentuale di -1,6%).

Conclusioni: Questi risultati confermano l'importanza di interventi mirati nelle aree portuali per ridurre l'impatto sulla qualità dell'aria e sulla salute pubblica. Inoltre, l'integrazione tra simulazioni di scenario e analisi PSAT evidenzia la coerenza tra le riduzioni emissive e le variazioni di concentrazione, dimostrando che gli strumenti modellistici possono essere utilizzati come strumenti affidabili per la stima di valutazioni di scenari senza ricorrere a modellazioni complete.

Bibliografia

- [1] C. Giorio, A. Liati, and F. Canonaco, 'Global impact of marine emissions on atmospheric chemistry and urban air quality', *Atmosphere*, vol. 14, no. 7, p. 1126, 2023, doi: 10.3390/atmos14071126.
- [2] D. Toscano, 'The Impact of Shipping on Air Quality in the Port Cities of the Mediterranean Area: A Review', *Atmosphere*, vol. 14, no. 7, p. 1180, 2023, doi: 10.3390/atmos14071180.
- [3] ENVIRON International Corporation, *Comprehensive Air Quality Model with Extensions (CAMx) Version 7.20 – User's Guide*. 2016.
- [4] S. Lino *et al.*, 'Source apportionment of key air pollutants in Naples using a high-resolution WRF-CAMx-PSAT modeling framework', *Atmos. Environ.*, vol. 364, p. 121638, 2025, doi: 10.1016/j.atmosenv.2025.121638.

Evoluzione stagionale della composizione chimica del PM₁₀ nella città di Ancona

Miriam Sileno^{1*}, Marcello Troli¹, Annamaria Malavolta¹, Lorenzo Massi^{2,3}, Silvia Illuminati²

¹Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche, (ARPAM), Ancona; ²Dip. di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, Ancona; ³Dip. di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari, Venezia.

*Corresponding author, E-mail: miriam.sileno@ambiente.marche.it

Keywords: metalli pesanti, PM₁₀, qualità dell'aria, COVID-19, Ancona

Introduzione: L'inquinamento atmosferico causato da metalli in traccia rappresenta attualmente uno dei principali problemi ambientali nelle aree urbane, dove l'intensificazione delle attività umane favorisce il loro potenziale rilascio¹. Lo scopo principale di questo studio è valutare la distribuzione dei metalli nella città di Ancona, il principale bacino portuale della regione Marche (Italia centrale).

Metodi: Campioni di PM₁₀ sono stati raccolti dall'ARPAM durante una campagna di misure effettuata presso la stazione fissa di fondo urbano, denominata "Ancona Cittadella", dal 2019 al 2024 (Fig. 1). Il campionamento è stato effettuato mediante campionatore automatico con una risoluzione temporale di 24 h. I filtri in quarzo raccolti sono stati digeriti mediante microonde previa aggiunta di una miscela di HNO₃ e H₂O₂. Le soluzioni sono state quindi analizzate mediante ICP-MS.

Risultati: La concentrazione totale degli elementi nel PM₁₀ campionato ad Ancona è di $0.46 \pm 0.14 \mu\text{g m}^{-3}$, con i vari elementi che seguono il seguente ordine decrescente di abbondanza: Fe > Al > Zn > Ba > Cu > Mn > Ti > Pb \cong Cr > Ni \cong Sr > V > Sn > Mo \cong As. La campagna di misure è stata caratterizzata dall'emergenza COVID-19 che ha causato la chiusura di tutte le attività fino a metà giugno 2020, e misure di contenimento fino al 2022.



Fig. 1. Area di studio con evidenziato il Sito campionato, la stazione "Cittadella"

Sorprendentemente, la pandemia sembra aver avuto effetto solo su Cr, Ni e Zn le cui concentrazioni sono risultate significativamente più basse rispetto agli altri anni. Gli elementi studiati presentano valori ben al di sotto dei limiti legali imposti dalla nuova direttiva europea 2024/2881. L'andamento stagionale è metallo-specifico, anche se possono essere individuati dei comportamenti caratteristici. In particolare, Al, Fe e Ti sembrano aumentare durante il periodo estivo, molto probabilmente in corrispondenza di eventi di polveri Sahariane. Dal 2021 anche Ni e V aumentano in estate, probabilmente in relazione alle attività marittime che sono diventate più intense, in seguito anche all'arrivo delle grandi navi da crociera. Altri elementi, come Cr, Cu, Pb, Mo, Sn, Sb e Zn aumentano durante i mesi invernali probabilmente in relazione al traffico veicolare, al riscaldamento domestico e alle attività industriali. I fattori di arricchimento calcolati utilizzando Al come elemento di riferimento crostale indicano un marcato arricchimento per As, Cu, Zn, Mo, Sn e Sb ed un lieve arricchimento per Ni, Pb, V, Cr e Mn.

Conclusioni: La composizione chimica del PM₁₀ nell'area urbana di Ancona risente fortemente delle principali pressioni antropiche sulla città: il traffico veicolare, le attività portuali e la combustione da biomassa. Tuttavia, non possono essere escluse sorgenti naturali che possono modificare la composizione del PM₁₀, anche in maniera significativa.

Bibliografia

[1] Sahu C. et al. 2021. DOI: 10.1007/s13762-020-02779

Nuove evidenze sull'impatto delle emissioni navali nel Mediterraneo centrale conseguenti alla riduzione delle concentrazioni di Zolfo negli oli combustibili pesanti

Silvia Becagli^{1*}, Alcide Giorgio di Sarra², Tatiana Di Iorio², Daniela Meloni², Francesco Monteleone², Giulia Quarratesi¹, Mirko Severi¹, Damiano Sferlazzo² and Rita Traversi¹

¹ Dipartimento di Chimica "Ugo Schiff", Università di Firenze;

² ENEA- Laboratorio Modelli e Misure per la Qualità dell'Aria ed Osservazioni Climatiche

* Corresponding author. Tel: +39 3288317005, E-mail: silvia.becagli@unifi.it

Keywords: Emissioni navali, Mediterraneo, PM10, Solfati, Vanadio, Nichel.

Molti studi effettuati fino al 2020 hanno dimostrato un forte impatto delle emissioni navali in aree portuali, in regioni costiere, ma anche in siti di background nel Mar Mediterraneo centrale (1, 2). L'aerosol di origine navale è caratterizzato da un'elevata concentrazione di solfati, ma anche di metalli (V Ni), che influenzano il bilancio radiativo terrestre e la salute umana. Nel bacino del Mediterraneo, elevati livelli di solfati (spesso superiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hanno permesso di caratterizzare la regione come una delle aree al mondo fortemente influenzate dal forzante radiativo negativo indotto dai solfati. Una recente review di studi di modellazione degli aerosol navali riporta un forzante radiativo medio nella parte superiore dell'atmosfera pari a $+0,12 \pm 0,03 \text{ W}/\text{m}^2$ (3), essenzialmente indotto da cambiamenti nelle proprietà delle nubi. Sebbene il forzante radiativo stimato dovuto a cambiamenti negli aerosol delle navi non sia elevato, il suo effetto è altamente non lineare (ovvero, gli aerosol emessi in una atmosfera inquinata hanno un effetto molto minore sulle nuvole rispetto agli aerosol emessi in un'atmosfera incontaminata), e la riduzione delle emissioni delle navi in aree remote potrebbe avere un impatto significativo sull'albedo terrestre. In questo lavoro è riportato l'effetto dell'implementazione del regolamento 2020 dell'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO), che riduce la concentrazione di zolfo nei combustibili marini fino allo 0.5%, sulla composizione del PM10 nel Mar Mediterraneo centrale. Il PM10 è stato campionato a Lampedusa mediante un campionatore sequenziale di aerosol (Gemini Dadolab srl) dotato di teste di campionamento PM10 e PTS. Il PM10 è stato determinato gravimetricamente e analizzato per il contenuto di ioni e metalli, come riportato in Becagli et al. (1,4). Confrontando le concentrazioni di solfati, V e Ni con quelle ottenute nel periodo precedente al 2020, si possono trarre alcuni interessanti conclusioni. La concentrazione di solfati diminuisce in estate di un fattore 2, tale diminuzione è inferiore a quella osservata nel Mediterraneo orientale, che è diminuita di un fattore 4 dagli anni '90 (5). E' da notare che questa significativa diminuzione dei solfati nell'atmosfera mediterranea è considerata uno dei principali fattori del più rapido riscaldamento del bacino del Mediterraneo rispetto al resto del mondo (5). Una riduzione ancora maggiore della concentrazione si osserva per V e Ni. La concentrazione di questi metalli diminuisce di un fattore di circa 5. Inoltre, la solubilità di V e Ni mostra una forte riduzione rispetto ai dati precedenti al 2020, diventando simile a quella misurata su campioni cristallini. Inoltre, il rapporto V/Ni dell'aerosol delle navi (frazione solubile) si avvicina a 2, un valore simile a quello dell'aerosol minerale. In studi precedenti (4) valori di $V > 8 \text{ ng}/\text{m}^3$ accoppiati a un valore del rapporto V/Ni compreso tra 3 e 3,5 sono stati utilizzati come traccianti per l'identificazione del particolato emesso dalle navi. La presente analisi mostra che questi criteri non sono più validi per le misurazioni attuali.

Bibliografia

- [1] Viana et al. 2014. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.03.046
- [2] Becagli et al. 2017. DOI: 10.5194/acp-17-2067-2017
- [3] Gettelman et al., 2024. DOI: 10.1029/2024gl109077
- [4] Becagli et al. 2012. DOI: 10.5194/acp-12-3479-2012
- [5] Urdiales-Flores et al. 2023. DOI: 10.1038/s41612-023-00423-1

Inquinanti Emergenti

Progetto Interreg Italia Austria Breathing: analisi delle emissioni di particolato ultrafine nel sito di Treviso

Arianna Peron^{1*}, Ulrike Nickus¹, Elena Gregoris^{2,3}, Andrea Gambaro² e Thomas Karl¹

¹ *Department of Atmospheric and Cryospheric Sciences, University of Innsbruck, Innrain 52f, 6020 Innsbruck, Austria;*

² *Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172, Venezia-Mestre, Italy;*

³ *Institute of Polar Sciences, National Research Council of Italy (ISP-CNR) Venice, Via Torino 155, 30172 Venezia-Mestre.*

* *Corresponding author. Tel: +43-512-507-54496, E-mail: arianna.peron@uibk.ac.at*

Keywords: *particolato ultrafine, inquinanti emergenti, monitoraggio qualità dell'aria*

L'attenzione verso gli inquinanti emergenti in atmosfera è aumentata in modo significativo con l'aggiornamento della Direttiva europea sulla qualità dell'aria (Direttiva 2024/2881/UE), che dal 2026 introduce per la prima volta specifiche indicazioni sul monitoraggio del particolato ultrafine (UFP). Il particolato ultrafine, generalmente definito come l'insieme delle particelle con diametro aerodinamico inferiore a 100 nm, rappresenta una frazione particolarmente rilevante dal punto di vista sanitario: la sua elevata superficie specifica e la capacità di penetrare profondamente nel tratto respiratorio lo rendono associato a effetti avversi sia acuti che cronici (Oberdörster et al., 2005; WHO, 2021).

Nell'ambito del progetto **Interreg Italia–Austria “BREATHING”**, l'Università di Innsbruck, in collaborazione con l'Università Ca' Foscari Venezia e ARPA Veneto, ha avviato una campagna di misura dedicata agli UFP nel sito urbano di Treviso, con l'obiettivo di caratterizzarne la variabilità temporale e le principali sorgenti emissive.

I risultati preliminari evidenziano un andamento stagionale delle concentrazioni di UFP. Inoltre, emergono segnali riconducibili alle attività antropiche locali, suggerendo un ruolo dei pattern di mobilità e dei comportamenti della popolazione.

Queste prime evidenze confermano l'importanza di integrare il monitoraggio del particolato ultrafine nei programmi di qualità dell'aria e contribuiscono a rafforzare il quadro conoscitivo su un contaminante atmosferico emergente di crescente rilevanza per la salute pubblica.

Direttiva UE sulla qualità dell'aria, 2024/2881/UE (testo ufficiale 2024).

Oberdörster, G., Oberdörster, E., & Oberdörster, J. (2005). Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental health perspectives*, 113(7), 823-839.

Quality Guidelines, WHO Air. "WHO global air quality guidelines." *Coast. Estuar. Process* (2021): 1-360.

Il Progetto INAIL BRiC CELLOPHAN - Caratterizzazione delle Emissioni in Luoghi di Lavoro di microPlastiche Aerodisperse e Nanoplastiche

A. Pietrodangelo^{1*}, C. Balducci¹, T. Rossi¹, M. Cerasa¹, B. Giannelli Moneta¹, M. Giusto¹, T. Sargolini¹, F. Marcovecchio¹, M. Perilli¹, E. Rantica¹, G. Di Carlo², F. Bianchi², F. Gallucci³, E. Paris³, L. Stabile⁴, E. Caracci⁴, P. Avino⁵, D. Pomata⁶

¹CNR. Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA), Monterotondo St., Roma, 00015 ²CNR Istituto sui Materiali Nanostrutturati (ISMN), Monterotondo St., Roma, 00015 ³CREA C. Ricerca Ingegneria e Trasformaz Agroalimentari, Monterotondo St., Roma, 00015 ⁴Università di Cassino e Lazio Merid., Dip. Ing. Civile e Meccanica, Cassino (FR), 03043 ⁵Università del Molise, Dip. Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Campobasso, 86100 ⁶Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma, 00143

* Corresponding author. Tel: +39 0690672391, E-mail: adriana.pietrodangelo@cnr.it

Keywords: PM10, microplastiche aerodisperse, aria indoor, ambienti di lavoro

L'inhalazione rappresenta la principale via di esposizione alle micro- e nanoplastiche (MNP) in luoghi di lavoro in cui si svolgono attività di produzione, utilizzo o smaltimento di materiali polimerici.

In tali ambienti, la concentrazione indoor di MNP può essere significativamente più elevata rispetto a quella outdoor. Le emissioni di MNP secondarie (non ingegnerizzate) generate da processi di lavorazione non sono tuttora soggette a vincoli normativi, sia per la ridotta disponibilità di dati sulle concentrazioni indoor di MNP, sia per la scarsa confrontabilità dei dati stessi, a causa della carenza di metodi dedicati al campionamento e caratterizzazione delle MNP nella matrice aria, limitando la significatività delle valutazioni sull'esposizione dei lavoratori [1]. In questo contesto, il progetto BRiC CELLOPHAN è finalizzato a: 1) costruire un set-up armonizzato e multi-tecnica per il campionamento e l'analisi delle MNP aerodisperse in luoghi di lavoro; 2) caratterizzare l'impronta di sorgente di emissioni indoor da specifici processi ed identificarla nel mix di particolato (PM) di campioni reali, con specifica attenzione alle MNP ed alla componente organica associata; 3) incrementare la disponibilità di dati di concentrazione e distribuzione dimensionale di MNP e composti organici in siti a diversa esposizione (prossimità a sorgenti/processi specifici, esposizione media, altri ambienti, es. uffici). Sono stati investigati un impianto di imbottigliamento di acque minerali, un'officina per la riparazione di pneumatici e autoveicoli e uno stabilimento tessile.

Il disegno sperimentale ha tenuto conto, ove possibile, dei criteri del NIOSH NEAT 2.0 [2]; ad ogni sito sono stati utilizzati strumenti a lettura diretta, campionatori attivi di PM a basso e alto volume, impattori a cascata e campionatori passivi per VOC, oltre alla raccolta di polveri depositate e campioni di materiali grezzi. Nel progetto è stato messo a punto uno schema analitico multi-tecnica con il quale sullo stesso campione si effettuano diverse determinazioni *bulk* (combinata tra XRF, IC, TOT, GC-HRMS Orbitrap, TGA e Py-GC-MS) o microanalitiche (micro-FTIR, SEM-EDS, HR-SEM). La struttura del progetto ed alcuni risultati principali sono riportati e discussi in questo contributo. A titolo di esempio, a prescindere dal tipo di impianto, i campioni di PM10 raccolti in prossimità di processi di lavorazione mostrano un contenuto in carbonio organico (OC) nettamente superiore a quello dei campioni raccolti in altri ambienti, per i quali l'OC è invece confrontabile con i valori in aria ambiente.

Il progetto CELLOPHAN è finanziato dal programma INAIL BRiC 2022.

[1] Murashov V., Geraci C.L., Schulte P.A and Howard J., 2021. DOI: 10.1080/15459624.2021.1976413

[2] Eastlake, A.C., Beaucham, C., Martinez, K.F., et al., 2016. DOI: 10.1080/15459624.2016.1167278

CONTRIBUTO ATMOSFERICO ALL'INQUINAMENTO DA PFAS NELLA REGIONE UMBRIA

Alice Angeli^{*}, Eleonora Arnesi¹, Mara Galletti¹, Gaia Piccini¹, Andrea Pileri¹

¹ Arpa Umbria, Servizio Attività Analitica Aria, Terni, 05100, Italy

^{*} Corresponding author. Tel: +39 0744 4796734, E-mail: a.angeli@arpa.umbria.it

Keywords: PFAS, monitoraggio aria, HPLC-MS/MS, particolato atmosferico, deposizioni

I composti per- e polifluoroalchilici (PFAS) rappresentano una classe di contaminanti emergenti di crescente interesse ambientale a causa della loro elevata persistenza, mobilità e dei potenziali effetti avversi per la salute umana (1)(2).

Sebbene la loro presenza nelle matrici acquose sia ampiamente documentata, il ruolo dell'atmosfera nella diffusione dei PFAS risulta tuttora poco caratterizzato.

Il presente studio ha quindi come obiettivo la valutazione preliminare dei livelli di contaminazione da PFAS nell'atmosfera della regione Umbria. A tale scopo, è stato sviluppato un metodo analitico per l'estrazione e la purificazione dei PFAS nelle deposizioni atmosferiche e nel particolato aerodisperso, e successiva determinazione strumentale mediante cromatografia liquida ad alte prestazioni accoppiata alla ionizzazione elettrospray con spettrometria di massa tandem (HPLC-MS/MS) (3).

Il monitoraggio è stato condotto in siti rappresentativi delle diverse realtà territoriali della regione, con l'obiettivo di indagare eventuali variazioni spaziali e di fornire una base conoscitiva iniziale per futuri programmi di monitoraggio nel tempo.

I risultati preliminari evidenziano la presenza di diversi composti PFAS sia nelle deposizioni atmosferiche sia nel particolato, suggerendo un ruolo significativo dei processi di trasporto e ricaduta dall'atmosfera come potenziale via di contaminazione ambientale (4)(5).

Bibliografia

- [1] Chen, S., Zhang, X., Lin, J., Huang, J., Zhao, D., Yuan, T., Huang, K., Luo, Y., Jia, Z., Zang, Z., Qiu, Y., Xie, L., 2019. Fugitive road dust PM_{2.5} emissions and their potential health impacts. *Environ. Sci. Technol.* 53 (14), 8455–8465. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00666>.
- [2] Supriya Lath et al. 2019. Sorption of PFOA onto different laboratory materials: Filter membranes and centrifuge tubes. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.096>
- [3] David Pfothenauer et al. 2022. PFAS concentrations and deposition in precipitation: An intensive 5-month study at National Atmospheric Deposition Program – National trends sites (NADP-NTN) across Wisconsin, USA DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119368>
- [4] Megumi S. Shimizu, et al. 2021. Atmospheric Deposition and Annual Flux of Legacy Perfluoroalkyl Substances and Replacement Perfluoroalkyl Ether Carboxylic Acids in Wilmington, NC, USA. *Environmental Science & Technology Letters* 2021 8 (5), 366-372 <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00251>
- [5] Chen, H., Zhang, L., Li, M., Yao, Y., Zhao, Z., Munoz, G., Sun, H., 2019. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in precipitation from mainland China: contributions of unknown precursors and short-chain (C₂-C₃) perfluoroalkylcarboxylic acids. *Water Res.* 153, 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.019>

A new analytical method for quantifying cVMS in indoor and outdoor air.

Giorgia Trevisanato^{1*}, Andrea Gambaro¹, Carlo Barbante¹, Jeremy Durham², Marco Vecchiato¹

¹ Department of Environmental Science, Informatics and Statistics (DAIS), Ca' Foscari University of Venice, Mestre – Venice via Torino 155, 30172, Italy;

² The Dow Chemical Company, 1803 Building, Midland, MI 48674, USA.

* *Corresponding author.* giorgia.trevisanato@unive.it, vecchiato@unive.it

Keywords: *Cyclic volatile methylsiloxanes (cVMS), contamination, indoor and outdoor air, remote areas.*

Introduction: Cyclic volatile methylsiloxanes (cVMS) are widely used in industrial applications, notably in the production of silicone polymers and personal care products (PCPs) [1,2]. The environmental detection of octamethylcyclotetrasiloxane (D4), decamethylcyclopentasiloxane (D5) and dodecamethylcyclohexasiloxane (D6) has raised growing concern, leading to recent regulatory restrictions on their use [3]. However, key environmental processes, including the deposition of cVMS in remote regions, remain poorly understood. In this context, the atmosphere represents a critical matrix for elucidating their environmental fate. The determination of cVMS in air is analytically challenging due to the high risk of contamination during sample preparation, arising both from operator handling— particularly the use of siloxane-containing PCPs—and from their widespread presence in laboratory materials and instrumentation [4].

Method: One of the aims of this work is to develop a new method for monitoring cVMS in air with minimal sample handling and external contamination. Analytical steps were carefully evaluated to select optimal sampling support, adsorber, and elution conditions, with strict blank control. The final method was applied to indoor air sampling in various Ca' Foscari University laboratories—including general-purpose and clean-room facilities for organic contaminants—as well as in a private residence, to assess different potential contamination levels during routine activities. These indoor measurements were compared with cVMS levels in outdoor urban and alpine atmospheres. The improved method provides a robust tool to study cVMS atmospheric behavior and lays the groundwork for future environmental research.

Results: A final method configuration was established, providing recoveries of 77–87% and trueness of 95–99%. The method was then applied to indoor and outdoor air sampling. The highest cVMS concentrations were observed in indoor environments, particularly in the private residence (D4: 122–1,420 ng/m³; D5: 632–62,400 ng/m³; D6: 38–469 ng/m³). No significant differences were found among the different types of clean rooms (D4: 1.8–29.7 ng/m³; D5: 0.38–53.6 ng/m³; D6: 0.47–11.7 ng/m³), with concentrations comparable to those measured in outdoor urban air in Mestre (D4: 4.7–68.8 ng/m³; D5: 6.6–59.4 ng/m³; D6: 1.0–24.5 ng/m³). Blank elutions performed in remote areas showed lower absolute cVMS amounts (D4: 0.72 ± 0.10 ng abs; D5: 1.43 ± 0.23 ng abs; D6: 0.84 ± 0.47 ng abs) compared to those obtained in laboratory fume hoods (D4: 1.32 ± 0.68 ng abs; D5: 2.07 ± 1.00 ng abs; D6: 1.52 ± 0.78 ng abs); however, most remote outdoor samples had concentrations below the limit of detection (LOD) and were comparable to the elution blanks.

Conclusions: The results indicate that indoor environments are a potential source of cVMS contamination, likely due to the ubiquity of silicone-containing materials and the presence of operators. The study also highlights the importance of low-contamination sampling strategies for the accurate determination of cVMS in air, particularly in outdoor settings and remote areas, where concentrations are generally near detection limits.

Bibliography:

[1] Hobson J.F. et al. 1997. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68331-5_6

[2] Montemayor B.P. et al. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.10.043>

[3] European Commission. 2024. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1328>

[4] Gerhards R. et al. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158275>

Micro- e nanoplastiche nel sistema vascolare umano e loro associazione con l'esposizione ambientale al PM_{2.5}

Giovanni Falco^{1*}, Angelo Fenti², Simona Galoppo³, Pasquale Iovino¹

¹ *Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Biologiche e Farmaceutiche, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Via Vivaldi 43, 81100 Caserta*

² *Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche Avanzate, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", P.zza L. Miraglia 2, 80138 Napoli*

³ *Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Via Roma 29, 81031 Aversa (CE)*

* *Corresponding author. Tel: 0823274148, E-mail: giovanni.falco@unicampania.it*

Keywords: *Micro- e nanoplastiche, PM_{2.5}, esposizione cardiovascolare*

Introduzione: Le micro- e nanoplastiche (MNPs) sono contaminanti emergenti ampiamente rilevati nell'atmosfera, spesso associati al particolato fine (PM_{2.5}) e potenzialmente inalabili (1,2). Recenti evidenze suggeriscono che il PM_{2.5} possa agire come vettore per le MNPs, favorendone la deposizione polmonare e la successiva traslocazione sistemica (3,4). Tuttavia, le prove dirette dell'accumulo di MNPs nei compartimenti vascolari umani e la loro relazione con l'esposizione ambientale al PM_{2.5} restano limitate.

Metodi: In questo studio sono stati analizzati campioni di sangue coronarico e periferico di 61 soggetti sottoposti ad angiografia coronarica. Le MNPs sono state identificate e quantificate mediante pirolisi-gascromatografia/spettrometria di massa (Py-GCMS) e spettroscopia infrarossa con raggio laser (LDIR). L'esposizione al PM_{2.5} è stata stimata sia acutamente sia come media dei due anni precedenti sulla base dei dati delle agenzie ambientali regionali e delle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (5).

Risultati: La presenza di MNPs nei campioni biologici risultava associata ai livelli ambientali di PM_{2.5} rilevati dalle centraline urbane, sia per esposizioni a breve che a lungo termine. Una maggiore probabilità di rilevazione di MNPs è stata osservata nei soggetti residenti in aree caratterizzate da livelli medi cronici di PM_{2.5} superiori a 15 µg/m³. Tali associazioni non escludono il contributo di altre vie di esposizione ambientale alle micro- e nanoplastiche.

Conclusioni: I risultati evidenziano la presenza di MNPs nel sistema vascolare umano e una loro associazione con l'esposizione al particolato fine. Sebbene il PM_{2.5} possa rappresentare un potenziale vettore o indicatore di esposizione atmosferica alle MNPs, non è possibile attribuire all'inquinamento atmosferico un ruolo esclusivo o causale nella loro presenza sistemica. Questi dati evidenziano la complessità delle vie di esposizione umana alle MNPs e supportano l'inclusione di tali particelle negli studi sul PM, considerandole come una componente emergente di una miscela complessa di inquinanti atmosferici.

Bibliografia

[1] Montone RA et al. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae001>

[2] Thompson RC et al. 2024. DOI: [10.1126/science.adl2746](https://doi.org/10.1126/science.adl2746)

[3] Rajagopalan S et al. 2021. DOI: [10.1056/NEJMra2030281](https://doi.org/10.1056/NEJMra2030281)

[4] Prattichizzo F et al. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae552>

[5] World Health Organization. WHO global air quality guidelines. Geneva; 2021

Studio della degradazione di micro e nanoplastiche all'interfaccia acqua-aria

Anna Murdoch¹, Jing Dou², Areeb Hassan³, Peter A. Alpert⁴, Pablo Corral Arroyo⁴, Benjamin Watts⁵, Markus Ammann⁴, Ulrich K. Krieger⁶, Jonathan Duplissy¹, Angelica Bianco⁷, Dina Alfaouri¹, Debora Fabbri³, Davide Vione³, Monica Passananti^{1,3*}

¹ Institute for Atmospheric and Earth System Research/Physics, University of Helsinki, Helsinki, Finland;

² Division of Physical Science and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia;

³ Dipartimento di Chimica, Università di Torino, Torino, Italy;

⁴ Laboratory of Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland;

⁵ Laboratory for Condensed Matter, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland;

⁶ Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zürich, Zürich, Switzerland;

⁷ Laboratoire de Météorologie Physique, CNRS, Université Clermont Auvergne, Aubière, France

* Corresponding author. Tel: +39 011 670 7810, E-mail: monica.passananti@helsinki.fi

Keywords: *Micro e nanoplastiche, coefficiente di assorbimento dell'ozono, reazioni eterogenee*

Introduzione: Micro e nanoplastiche (MNP) sono state ritrovate in tutti i comparti ambientali, in particolare nei mari e recentemente anche in atmosfera. A causa della loro bassa densità, le MNP possono galleggiare sulla superficie dei corpi idrici e interagire sia con ossidanti in fase gassosa (ad esempio l'ozono), sia con la luce, che con specie reattive (foto)generate in acqua.

In questo lavoro abbiamo studiato le reazioni all'interfaccia acqua-aria di piccole microplastiche (< 30 μm) e nanoplastiche (< 1 μm), in particolare abbiamo valutato il potenziale effetto della luce e l'assorbimento dell'ozono.

Metodi: Le plastiche disperse in acqua sono state esposte all'ozono (e/o alla luce) in un sistema di irradiazione costruito per tale scopo. Il potenziale rilascio di composti dalla degradazione delle plastiche è stato studiato tramite spettrometria di massa. Le modifiche delle particelle di plastica sono state studiate mediante microscopia a scansione a trasmissione di raggi X (STXM) accoppiata alla spettroscopia NEXAFS (near-edge X-ray absorption fine structure spectroscopy) o tramite microscopia elettronica a scansione (SEM).

Risultati: I risultati hanno mostrato che il coefficiente di assorbimento dell'ozono varia al variare della temperatura, della concentrazione e del tipo di plastica utilizzata. In alcuni casi è stata osservata l'ossidazione parziale delle particelle di plastica, le quali subiscono facilmente cambiamenti morfologici durante le manipolazioni in laboratorio. I dati di spettrometria di massa evidenziano che i prodotti di degradazione rilasciati in fase acquosa derivano dalla rottura della catena polimerica.

Conclusioni: Questi risultati indicano che le MNP nell'ambiente possono essere reattive nei confronti degli ossidanti in fase gassosa ed essere coinvolti in reazioni eterogenee acqua-aria. Inoltre, le modifiche superficiali delle plastiche potrebbero interferire con l'eventuale capacità di fungere da nuclei di condensazione.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Swiss Light Source (Paul Scherrer Institute) per l'accesso alle strutture (progetti 20190883 e 20180904). Questo lavoro fa parte di un progetto che ha ricevuto finanziamenti dal Consiglio Europeo della Ricerca (ERC) nell'ambito del programma di ricerca e innovazione Horizon 2020 dell'Unione Europea, grant agreement n. 948666 – ERC-2020-StG NaPuE, dalla Fondazione CRT Erogazioni Ordinarie 2020 n. 2020.1874, dal Bando MIUR FARE progetto NATtA n. R20T85832Z e dal progetto PRIN 2022EW9CZN BIOPPLACE.

Aree naturali remote e
polari

Studio del particolato atmosferico che raggiunge il plateau Antartico mediante analisi isotopica

Elisa Cerri^{1*}, Stefano Bertinetti², Mery Malandrino², David Cappelletti³, Federica Bruschi³, Silvia Nava⁴, Rita Traversi⁵, Francisco Ardini¹, Marco Grotti¹

¹ Dip. di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova;

² Dip. Di Chimica, Università di Torino,

³ Dip. Di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia,

⁴ Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze e INFN,

⁵ Dipartimento di Chimica, Università di Firenze

* Corresponding author. Tel: +39 010 3536178, [E-mail: elisa.cerri@edu.unige.it](mailto:elisa.cerri@edu.unige.it)

Keywords: *Antartide, PM10, composizione isotopica, fonti naturali e antropiche*

Introduzione: Il particolato atmosferico (PM) che raggiunge il plateau Antartico può avere origine da diverse fonti, naturali o antropiche, le quali possono variare nel corso del tempo. Infatti, durante i periodi glaciali, la principale fonte di PM è stata identificata nel Sud America [1], mentre per i periodi interglaciali, incluso l'attuale olocene, le principali fonti non sono ancora state univocamente identificate. Il presente studio, facente parte del progetto PNRA-SIDDARTA, mira a individuare le principali fonti di PM che raggiungono l'altopiano antartico, sottolineandone variazioni, in termini di composizione e provenienza, avvenute durante gli ultimi decenni.

Metodi: I campioni di PM₁₀ analizzati sono stati campionati dal 2017 al 2024, con risoluzione mensile, presso Dome C, nell'Antartide orientale. Per evitare contaminazioni, è stato utilizzato un meteo-trigger per interrompere il campionamento se le masse d'aria provenivano dalla vicina Stazione Concordia. Per valutare l'impatto dalle potenziali aree sorgenti (PSA), sono stati prelevati campioni lungo un transetto nord-sud in Australia e in varie regioni dell'Argentina. Per permettere un confronto affidabile con la composizione del PM che giunge in Antartide, i campioni di suolo sono stati risospesi in un'apposita camera e il PM_{2.5} risultante è stato raccolto su filtri in PTFE, usando un campionatore a basso volume [2]. I filtri sono stati preparati mediante una digestione acida assistita da microonde, seguendo la procedura prevista dall'attuale normativa della Comunità Europea sulla qualità dell'aria UNI 14902:2005 [3] e analizzati mediante spettrometria di massa con sorgente a plasma (ICP-MS) al fine di determinare i rapporti isotopici del piombo, quali traccianti di provenienza [4].

Risultati: Dall'analisi dei suoli risospesi delle PSA è emerso una differenza significativa nella composizione isotopica ($^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ e $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) dei suoli provenienti dall'Australia rispetto alla Patagonia. L'analisi dei campioni di PM₁₀ ha evidenziato come, dal 2017, l'apporto antropico di Pb al plateau Antartico sia stato di circa il 50%. Infine, dal confronto della composizione isotopica del PM₁₀ con i valori ottenuti dalle PSA, è emerso un'origine mista del PM, con fonti sia in Patagonia sia in alcune regioni dell'Australia.

Conclusioni: I risultati confermano l'impatto delle attività antropiche sulle regioni più isolate del pianeta, permettendo di evidenziare il contributo di Sud America e Australia al PM che giunge sul plateau Antartico e confermando l'efficacia dell'analisi isotopica negli studi di identificazioni delle fonti e del trasporto di PM in atmosfera.

Bibliografia

- [1] Marino F et al. 2009. DOI: 10.1029/2009GL040732
- [2] Bertinetti S. et al. 2022. DOI : 10.1039/d1ja00329a
- [3] <https://store.uni.com/uni-en-14902-2005>
- [4] Ardini et al. 2020. DOI: 10.1071/EN19227

Chemical characterization of size-segregated atmospheric aerosols in Antarctica

Lorenzo Massi^{1,2*}, Federico Girolametti¹, Behixhe Ajdini¹, Cristina Truzzi¹, Anna Annibaldi¹, Emanuela Frapiccini³, Matteo Fanelli³, Sébastien Bau⁴, Silvia Illuminati¹

¹Department of Life and Environmental Sciences, Università Politecnica delle Marche, Ancona, 60131, Italy; ²Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University, Venice, 30123, Italy;

³Institute for Biological Resources and Marine Biotechnology of the National Research Council, Ancona, 60131, Italy;

⁴Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre les Nancy, 54519, France.

*Corresponding author. Tel: +39 071 220 4302, E-mail: 956820@stud.unive.it

Keywords: heavy metal(loid)s, size distribution, summer evolution, Antarctica,

Introduction: Antarctica's atmosphere provides a pristine setting for studying elemental biogeochemical cycles¹. This work investigates the size-resolved distribution, seasonal patterns, and potential sources of heavy metal(loid)s in Antarctic aerosols.

Methods: A total of eight size-segregated aerosol samples and four field blanks were collected at Faraglione Camp during the austral summer 2018-2019. A six-stage high-volume cascade impactor (TISCH 235) was used, following a 10-day sampling strategy². Filters were subjected to acid microwave digestion (5 mL HNO₃ + 1 mL HF + 1 mL H₂O₂).

Results: Concentrations of major, minor constituents and trace elements were determined using ICP-OES, GF-AAS, and DMA. Total PM₁₀ metal concentrations averaged $4.9 \pm 1.4 \mu\text{g m}^{-3}$, with abundances following the order: Na > Al > K > Ca > Mg > Fe > Mn \cong Cr > Pb > Cu \cong Ni > V > As \cong Hg \cong Cd. Seasonal evolution of size-segregated PM₁₀ were element-specific and strongly influenced by katabatic winds and pack-ice dynamics. Elements such as Cu, Cr, Ca, Na, Hg exhibited a bell-shaped trend, with maxima observed in late December, coincident with pack-ice melt. Fe, Al, K, Mn, Pb, displayed a decreasing trend, reaching their minimum concentrations during the end-campaign period. On the contrary, Ni and Mg showed an increasing behaviour with high concentrations in January. V, As, and Cd exhibited a constant trend. The inversion procedure³ applied to the dataset reveals the presence of three modes: one accumulation mode (ACM, $0.1 < D_p < 1 \mu\text{m}$) and two coarse modes (CM1 $\sim 2.5\text{--}3 \mu\text{m}$; CM2 $\sim 9.5 \mu\text{m}$). Most of the metals were predominantly associated with the ACM. Mg, and Cd were distributed almost equally between the fine and the coarse modes; Ni, V, and Hg were primarily in CMs. Enrichment factors were also computed using Al as crustal reference (Fig. 1). Most metals exhibited EF values within the lowest category. Cd, Hg, and As presented moderate to high enrichment, revealing a potential anthropogenic contribution.

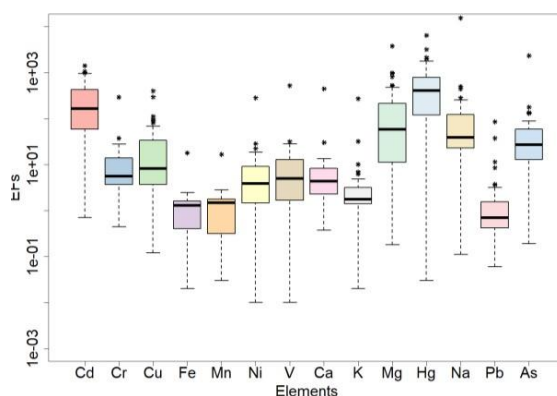


Figure 1 Enrichment Factors of all the elements studied

Conclusions: The results emphasize the necessity of ongoing monitoring of atmospheric particulate matter in polar areas. Further investigations are needed to better identify the potential sources of metals.

Bibliography

- [1] Bodhaine, B. A. et al. 1992. DOI :10.1034/J.16000889.1992.T01-3 00002.X
- [2] Truzzi C. et al. 2017 DOI : 10.1007/s11869-017-0470-3
- [3] Bau & Witschger. 2013. DOI : 10.1088/1742-6596/429/1/012002

Sorgenti e distribuzione dell'aerosol organico nell'Oceano Antartico: evidenze da osservazioni ¹H-NMR multi-sito e multi-stagione

Marco Paglione^{1*}, Stefano Decesari¹, Matteo Rinaldi¹, Diego Fellin¹, Marco Rapuano¹, Karam Mansour¹, David C.S. Beddows², Roy M. Harrison², Anna Jones³, Emilio Tagliavini⁴, Andrea Mazzanti⁵, Niccolò Losi⁶, Luca Ferrero⁶, Angelo Lupi⁷, Manuel Dall'Osto⁸.

¹ *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR, Bologna, Italia.*

² *Nat. Centre for Atmos. Science, Univ. of Birmingham, Birmingham, B152TT, Gran Bretagna*

³ *British Antarctic Survey, Cambridge, CB30ET, Gran Bretagna.*

⁴ *Univ. Bologna, Dip. di Chimica, Bologna, 40126.*

⁵ *Univ. Bologna, Dip. Chim. Ind. Toso Montanari, Bologna, 40136.*

⁶ *Univ. di Milano Bicocca, Dip. di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Milano, Italia.*

⁷ *Istituto di Scienze Polari, CNR, Bologna, Italia.*

⁸ *Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC), Barcelona, ES-08003, Spagna.*

* *Corresponding author. Tel: +39 0516399560, email: m.paglione@isac.cnr.it*

Keywords: Aerosol Organico marino, H-NMR, Sorgenti e bio-regioni antartiche

Lontano dalla maggior parte delle influenze antropiche, l'Oceano Antartico rappresenta una delle regioni più incontaminate del pianeta e una preziosa finestra sulle condizioni atmosferiche preindustriali [1]. Nonostante ciò, la comprensione dei processi atmosferici e oceanici che caratterizzano quest'area e dei loro effetti sul clima globale presenta ancora numerose incertezze. Tali lacune sono dovute in larga misura alla scarsità di dati sulla composizione chimica dell'aerosol atmosferico, sulle sue sorgenti e sui processi di trasformazione che avvengono all'interfaccia con oceano e ghiaccio, in particolare quelli legati all'attività biologica [2]. Con l'obiettivo di migliorare la caratterizzazione chimica dell'aerosol marino, con particolare attenzione alla componente organica, questo lavoro sintetizza misure raccolte nell'ambito di diversi progetti internazionali e nazionali (PEGASO, PI-ICE, CAIAC e SOC), svolti tra il 2015 e il 2024 in differenti eco-regioni dell'Oceano Antartico. Campioni di aerosol submicrometrico (PM₁), sia ambientali sia prodotti mediante esperimenti di *bubble bursting* (produzione in situ di spray marino da acque e ghiaccio), sono stati raccolti presso stazioni di misura fisse - Signy (Isole Orcadi Meridionali) e Halley (Brunt Ice Shelf, lungo la costa meridionale del Mare di Weddell) - e a bordo delle navi di ricerca Hesperides e Laura Bassi. Le campagne si sono svolte nel Mare di Weddell e intorno alla Penisola Antartica (2015, 2018–19 e 2024) così come nel Mare di Ross (2023). I campioni sono stati raccolti e analizzati mediante spettroscopia ¹H-NMR (risonanza magnetica nucleare al protone) [2] per la caratterizzazione della frazione organica solubile in acqua (WSOM), in termini di traccianti e abbondanza dei gruppi funzionali. L'applicazione di tecniche di analisi fattoriale (Positive Matrix Factorization, PMF) agli spettri ¹H-NMR dell'intero dataset ha permesso di identificare diverse tipologie di aerosol organico (OA), sia primario (POA) sia secondario (SOA), associate a differenti sorgenti e meccanismi di formazione. Nel complesso, i risultati indicano che le emissioni provenienti dagli ecosistemi simpagici e pelagici contribuiscono in modo significativo alla variabilità della composizione dell'aerosol submicrometrico nelle diverse aree di studio. La circolazione atmosferica determina marcati gradienti latitudinali per alcune componenti dell'aerosol (ad esempio quelle di origine simpagica), mentre altre (come le componenti pelagiche e/o invecchiate) risultano distribuite su vaste aree attorno al continente antartico.

Bibliografia

- [1] Hamilton D.S., 2015: <https://doi.org/10.1002/wea.2540>
- [2] Decesari et al., 2020, <https://doi.org/10.5194/acp-20-4193-2020>

Chimica atmosferica a Dome C (Antartide Orientale): 18 anni di storia e realizzazione di un Nuovo Osservatorio

Rita Traversi^{1*}, Silvia Becagli¹, Mirko Severi¹, Linda Andreotti¹, Silvia Nava², Franco Lucarelli², Paolo Cristofanelli³, Davide Putero⁴, Mery Malandrino⁵, Marco Grotti⁶, Elena Barbaro⁷, Marco Roman⁸

1 Department of Chemistry, University of Florence,

2 Department of Physics and Astronomy University of Florence and INFN-Florence;

3 CNR-ISAC Bologna;

4 CNR-ISAC Torino;

5 Department of Chemistry, University of Torino,

6 Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genoa,

7 CNR-ISP Venice;

8 Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice

Keywords: *Antartide, Dome C, composizione chimica, PM10*

Introduzione: Lo studio della composizione chimica dell'aerosol sul Plateau Antartico può fornire informazioni rilevanti sui principali input naturali (e antropici), sulla reattività atmosferica e sui processi di trasporto a lungo raggio dei componenti dell'aerosol (1). Inoltre, una migliore definizione dei processi chimici e fisici che si verificano all'interfaccia atmosfera-neve è necessaria per valutare l'impatto della chimica atmosferica sulla composizione della neve e per interpretare più correttamente le stratigrafie chimiche delle carote di ghiaccio profonde, perforate in questi siti (2).

Metodi: A questo scopo, sono stati effettuati campionamenti continuativi e simultanei di aerosol e neve superficiale presso la stazione Dome C (75° 06' S; 123° 20' E, 3233 m slm) dal 2004/05 ad oggi nell'ambito dei progetti LTCPAA (2016-2020), STEAR (2020-2024), SIDDARTA (dal 2017). Tale attività ha portato alla realizzazione di un Nuovo Osservatorio dedicato allo studio della composizione chimica dell'aerosol atmosferico e dell'ozono a Dome C (CATCH-O, 2023-2027). L'obiettivo dell'Osservatorio è quello di unire dati Near-Real Time (relativi alla concentrazione dell'ozono e di selezionati marker ionici di sorgenti e processi atmosferici) a dati di composizione chimica off-line ottenuti dal campionamento e successiva analisi chimica di un ampio numero di marker che includono ioni in traccia, metalli ed elementi, carbonio organico ed elementare, anidro-zuccheri e amminoacidi. **Risultati:** I 18 anni di osservazioni relative alla composizione chimica dell'aerosol e della neve superficiale a Dome C hanno consentito di caratterizzare la variabilità stagionale e inter-annuale dei principali contributi naturali e potenzialmente antropici dall'analisi di marker chimici specifici. Particolare attenzione è stata rivolta alle sorgenti marine primaria (3) e secondaria (4). Lo studio contemporaneo dell'aerosol e della neve superficiale ha inoltre permesso di evidenziare processi di scambio atmosfera-neve che interessano le specie del ciclo dell'azoto (5), grazie anche al confronto con i record di ozono a ground-level nello stesso sito.

Conclusioni: I risultati ottenuti hanno evidenziato la necessità di proseguire le osservazioni svolte finora, ottimizzandone l'efficienza e i tempi di analisi. A tale scopo, nell'ambito del Nuovo Osservatorio CATCH-O è stata installata, nella Campagna 2025/26, una strumentazione capace di fornire dati in Near-Real time di rilevanti traccianti ionici (cloruri, nitrati, solfati) presenti sia nella fase particolata che gassosa dell'atmosfera.

Bibliografia

- [1] Legrand M et al. 2017. DOI : 10.5194/acp-17-14055-2017.
- [2] Savarino J et al. 2016. DOI: 10.5194/acp-16-2659-2016
- [3] Udisti R et al. 2012. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.10.018
- [4] Becagli et al. 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151285
- [5] Traversi R. et al. 2017. DOI : 10.1016/j.chemosphere.2016.12.143

Confronto tra gli scambi Stratosfera-Troposfera in Antartide determinati utilizzando i due principali database meteorologici globali ad alta risoluzione

Stefano Crocchianti^{1*}, Davide Putero², Giacomo Labbri², Paolo Cristofanelli³, David Cappelletti¹, Chiara Petroselli¹, Alessandro Zappi⁴

¹ *Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università di Perugia;*

² *CNR - ISAC Torino;*

³ *CNR-ISAC Bologna;*

⁴ *Dipartimento di Chimica "G. Giamician", Università di Bologna*

* *Corresponding author. Tel: +39 075 585.5515, E-mail: stefano.crocchianti@unipg.it*

Introduzione: La determinazione degli apporti stratosferici alle concentrazioni di inquinanti nella troposfera antartica risulta di difficile valutazione a causa della presenza di processi al suolo o alla superficie dell'oceano capaci di contribuire in maniera significativa. Per questo motivo si rendono necessari studi modellistici capaci di stimare l'entità dei primi in relazione ai secondi ed ad eventuali contributi di altri continenti.

Metodi: Un'intensa campagna di calcolo delle masse di aria che hanno raggiunto tre siti di interesse del continente antartico è stata effettuata impiegando il modello Hysplit[1] e i campi meteorologici globali ad alta risoluzione NOAA (USA) e ECMWF (EU). Le altezze della tropopausa sono state determinate a partire dai dati di rianalisi ERA5 (ECMWF) impiegando il valore soglia di 3.5 unità della Vorticità Potenziale[2]

Risultati: Sono state calcolate 24 traiettorie per ogni giorno degli anni 2007-2023 impiegando diverse versioni del modello Hysplit[1] e campi meteorologici GDAS/GFS di risoluzione orizzontale 0.5x0.5° (fino alla metà del 2016) e 0.25x0.25° (negli anni più recenti). Sono state inoltre calcolate retrotraiettorie corrispondenti utilizzando campi meteorologici ERA5 (risoluzione orizzontale 0.25x0.25°). Le traiettorie che hanno raggiunto le stazioni Amundsen-Scott, Concordia e Zucchelli all'altezza di 10 m a.g.l. sono state propagate per 240 ore. I contributi dalla stratosfera sono stati stimati dal rapporto tra i punti della traiettoria al di sopra della tropopausa ed i punti totali. Nel caso delle traiettorie ottenute con dati GDAS/GFS la percentuale e l'entità dello scambio varia notevolmente a seconda della versione del modello utilizzata e degli anni di riferimento, mostrando spesso un andamento oscillante. Le versioni più recenti del codice tendono a ridurre significativamente gli scambi. I calcoli equivalenti con traiettorie ERA5 mostrano solo scambi sporadici.

Conclusioni: Lo studio suggerisce di prestare particolare attenzione nella valutazione dei risultati di retrotraiettorie, anche se con campi ad alta risoluzione, in particolare se calcolate nelle regioni polari. Oltre a dipendere sostanzialmente da bug presenti nelle versioni meno recenti del modello, l'accuratezza nella coordinata verticale e, in minor misura, in quelle orizzontali appare dipendere fortemente dal tipo di stima del campo di velocità verticale. Tale accuratezza potrebbe anche variare significativamente in base alla latitudine dei siti recettori, in particolar modo avvicinandosi ai poli. Le stime ottenute da campi GDAS/GFS sembrano tendere alla sporadicità di quelle ERA5 al migliorare della versione del modello e della stima del parametro meteorologico.

Bibliografia

[1] Stein A.F. et al. DOI:<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>

[2] Hoffmann L. et al. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-22-4019-2022>

Studio delle sorgenti di aerosol atmosferico in Artico: confronto integrato tra due stazioni a diversa altitudine presso Ny-Ålesund

Elena Barbaro¹, Francisco Ardini², Silvia Becagli³, Stefano Bertinetti⁴, Federica Bruschi⁵, Giulia Calzolai⁶, Alice Cavaliere¹, David Cappelletti⁵, Stefano Crocchianti⁵, Matteo Feltracco^{7,1}, Andrea Gambaro^{7,1}, Fabio Giardi⁵, Stefania Gilardoni¹, Marco Grotti², Dominic Heslin-Rees⁸, Radovan Krejci⁸, Mery Malandrino⁴, Matilde Mataloni², Simone Meroni^{7,1}, Simonetta Montaguti⁹, Silvia Nava^{10,5}, Marco Paglione⁹, Matteo Rinaldi⁹, Chiara Ripa¹, Mirko Severi³, Andrea Spolaor¹, Rita Traversi³, Hilde Uggerud¹¹, Giulio Verazzo¹, Tessa Vignozzi¹, Karl Espen Yttri¹¹, Wenche Aas¹¹, Mauro Mazzola¹.

¹Institute of Polar Sciences-CNR, Venice; ²Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genoa; ³University of Florence - Department of Chemistry "Ugo Schiff"; ⁴Department of Analytical Chemistry, University of Torino; ⁵National Institute for Nuclear Physics, INFN-Florence; ⁶Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia; ⁷Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice; ⁸Department of Environmental Science, Stockholm University; ⁹Institute of Atmospheric Sciences and Climate-CNR, Bologna; ¹⁰Department of Physics and Astronomy, University of Florence; ¹¹NILU, Kjeller, 2007, Norway.

* Corresponding author. Tel: +39 059 433625, E-mail: aranzi@arpae.it

Keywords: Artico, chimica atmosferica, sorgenti

Introduzione: Il progetto "Boundary layer Evolution Through Harmonization of Aerosol measurements at Ny-Ålesund research stations (BETHA-NyÅ)" è stato sviluppato con l'obiettivo di armonizzare le misure di aerosol tra due osservatori atmosferici artici situati nei pressi di Ny-Ålesund (Svalbard) posti a differente altitudine: il laboratorio atmosferico di Gruebadet (61 m s.l.m.) e l'osservatorio Zeppelin (472 m s.l.m.). Lo scopo principale è stato quello di valutare l'influenza dello strato limite atmosferico artico (Arctic Boundary Layer, ABL) sulla composizione atmosferica e sulla variabilità degli aerosol.

Metodi: Tra febbraio 2022 e marzo 2023 è stata condotta una campagna di campionamento coordinata che ha consentito un confronto diretto delle proprietà ottiche, chimiche e fisiche degli aerosol nei due siti. Le misure sono state integrate con dati meteorologici provenienti dalla torre climatica Amundsen- Nobile. L'analisi ha incluso la caratterizzazione dei traccianti chimici antropogenici e biogenici, degli elementi in tracce, dei rapporti isotopici del piombo e dei composti organici, al fine di distinguere le sorgenti naturali da quelle antropogeniche e valutare il ruolo del trasporto a lunga distanza.

Risultati: È stata dimostrata una forte coerenza stagionale tra i due osservatori per i marker antropogenici, quali solfato e ammonio, con una chiara evidenza del fenomeno dell'Arctic Haze durante il periodo invernale-primaverile. Differenze locali emergono principalmente per i traccianti biogenici (ad esempio arabitolo e mannitolo), rilevati a Gruebadet ma trascurabili all'osservatorio Zeppelin, indicando l'influenza delle sorgenti prossime alla superficie e della stratificazione dell'ABL. L'analisi degli elementi in tracce, dei rapporti isotopici del piombo e dei marker organici conferma il ruolo dominante del trasporto a lunga distanza e la persistenza di firme isotopiche coerenti con sorgenti eurasiatiche.

Conclusioni: Il confronto sistematico tra i due siti dimostra la robustezza del protocollo di armonizzazione e sottolinea l'importanza di una rete di monitoraggio integrata per lo studio dei processi atmosferici in ambiente artico.

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito delle attività del Gruppo di Lavoro 4 "Aerosol in aree polari e remote" della Società Italiana Aerosol (IAS), rappresentando un ottimo esperimento di ricerca collaborativa.

Variazioni nella composizione dell'aerosol nell'Oceano Artico durante l'inizio della fusione del ghiaccio marino (ARTofMELT 2023)

D. Fellin^{1,2*}, L. Heikkinen^{3,4}, F. Mattsson^{3,4}, J. Kojou^{3,4}, L. Haberstock^{3,4}, C. Zang⁵, L. D. Thomsen⁶, C. Mohr^{3,4,7,8}, I. Riipinen^{3,4}, L. Ickes⁹, M. D. Willis⁵, M. Glasius⁶, E. Barbaro^{1,2}, A. Gambaro¹, P. Zieger^{3,4}, S. Gilardoni²

¹ Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia, Italia; ² Istituto di Scienze Polari, CNR, Milano, Italia; ³ Dept. Environmental Science, Stockholm University, Svezia; ⁴ Bolin Centre for Climate Research, Svezia; ⁵ Dept. Chemistry, Colorado State University, USA; ⁶ Dept. Chemistry, Aarhus University, Danimarca; ⁷ Lab. Atmospheric Chemistry, Paul Scherrer Institute, Svizzera; ⁸ Dip. Environmental Systems Science, ETH Zurich, Svizzera; ⁹ Chalmers University of Technology, Svezia

* Corresponding author. E-mail: diego.fellin@unive.it

Keywords: Aerosol artico, composizione chimica, fiumi atmosferici, SP-AMS

Introduzione: L'Artico è altamente sensibile alle perturbazioni nella popolazione di particolato atmosferico, che influenzano il trasferimento radiativo e la microfisica delle nubi (1). Durante la transizione primaverile, piccole variazioni nella composizione dell'aerosol possono avere effetti significativi sulle proprietà delle nubi e sul bilancio energetico superficiale (2). La spedizione ARTofMELT 2023 (7 maggio – 14 giugno) nella regione dello Stretto di Fram ha fornito osservazioni dettagliate sulla composizione chimica dell'aerosol all'inizio della fusione del ghiaccio marino.

Metodi: Le misure online sono state effettuate mediante uno spettrometro di massa per aerosol ad alta risoluzione (SP-AMS) per caratterizzare la composizione chimica del particolato submicronico, fornendo informazioni sulle principali componenti non refrattarie, sui traccianti organici, sui rapporti elementari e sulla speciazione dei composti solforati (4). Le misure sono state integrate da rilevazioni di black carbon equivalente (eBC), dalla distribuzione dimensionale delle particelle, dalle analisi delle retro-traiettorie e da analisi offline su campioni segregati dimensionalmente mediante cromatografia ionica e analisi del carbonio totale.

Risultati: Sono stati identificati nove regimi distinti, caratterizzati da diverse condizioni superficiali e traiettorie di trasporto. Il PM₁ medio è dominato dal solfato (66%), seguito dall'aerosol organico (29%) e da quote minori di nitrato, ammonio, cloruro ed eBC (~1%). La cromatografia ionica ha confermato che il solfato submicronico è prevalentemente non marino (nss-SO₄²⁻), mentre il contributo del sale marino (ss-SO₄²⁻) rimane confinato a particelle più grossolane. Avvicinandosi all'inizio della fusione, osservata il 10 giugno, le condizioni sono passate da aerosol nella moda di accumulazione ricco di solfato ad aerosol dominato dalla moda di Aitken con maggiore contributo organico. L'analisi dei pattern di frammentazione dell'OA (4) ha mostrato uno spostamento verso materiale meno ossidato durante l'ultimo periodo. Il carbonio totale era concentrato a diametri <0.15 µm e aumentava con l'esposizione ad acque aperte (3).

Conclusioni: Questi risultati dimostrano che la composizione dell'aerosol artico durante l'inizio della fusione risponde dinamicamente al forcing sinottico e alle condizioni superficiali in evoluzione. Aerosol organici della moda di Aitken, date le bassissime concentrazioni di particelle più grandi, possono ricoprire un ruolo fondamentale nel sistema climatico artico in rapido cambiamento.

Bibliografia

- [1] Willis MD et al. 2018. DOI: 10.1029/2018RG000602
- [2] Dada L et al. 2022. DOI: 10.1038/s41467-022-32872-2
- [3] Moschos V et al. 2022. DOI: 10.1038/s41561-021-00891-1
- [4] Heutte B et al. 2025. DOI: 10.1021/acs.est.5c09788

Contaminanti emergenti durante eventi di Rain-On-Snow artici: risultati dalla campagna 2023-24 a Ny-Ålesund

Azzurra Spagnesi^{1,2*}, Stefania Gilardoni³, Roberto Salzano^{4,*}, Matteo Feltracco^{1,2}, Beatrice Ulgelmo^{2,1}, Riccardo Maetzke⁴, Francisco Ardini⁵, Marco Grotti⁵, Veronica L.M. Coppolaro^{2,6}, Tessa Viglezio², Simonetta Montaguti⁷, Federico Scoto^{2,1}, Andrea Spolaor^{2,1}, Andrea Gambaro^{1,2}, Carlo Barbante^{1,2}, Elena Barbaro^{2,1}

¹Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari Venezia, Venezia, Italia

²Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Polari (CNR-ISP), Venezia, Italia

³Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Polari (CNR-ISP), Milano, Italia

⁴Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA-CNR), Sesto Fiorentino, Italia

⁵Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova, Genova, Italia

⁶Centre for Earth Observation Science, University of Manitoba, Winnipeg, Canada

⁷Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), Bologna, Italia

* Corresponding author. Tel: +39 041 2348667, E-mail: azzurra.spagnesi@unive.it

Keywords: Rain-On-Snow, Artico, inquinanti emergenti

Introduzione: Negli ultimi decenni, l'arcipelago delle Svalbard ha sperimentato un rapido riscaldamento, che ha determinato un aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi di *Rain-on-Snow* (ROS) [1]. Sebbene gli impatti fisici ed ecologici dei ROS nell'Artico siano ampiamente documentati, il loro potenziale ruolo nel determinare il destino atmosferico dei contaminanti emergenti rimane in gran parte inesplorato [2].

Metodi: Questo studio analizza la firma chimica di quattro eventi di ROS osservati durante la campagna di campionamento 2023–24 a Ny-Ålesund (Kongsfjorden, Svalbard, Norvegia). Il comportamento degli inquinanti emergenti è stato valutato prima, durante e dopo ciascun evento, integrando misure di aerosol e di deposizione umida (pioggia e neve) con parametri meteorologici e analisi delle retro-traiettorie delle masse d'aria. L'analisi si è concentrata sui derivati dei benzotiazoli, sulla tris(2-carbossietil)fosfina (TCEP) utilizzata come ritardante di fiamma, sui pesticidi e sugli acidi aloacetici [3].

Risultati: I risultati mostrano una marcata variabilità nei pattern di contaminazione tra i diversi eventi di ROS, evidenziando una forte influenza dell'origine delle masse d'aria su scala sinottica e delle condizioni meteorologiche locali. L'uso di rapporti diagnostici e di traccianti ionici inorganici ha inoltre fornito indicazioni sui potenziali processi di trasformazione atmosferica e sui meccanismi di trasporto degli inquinanti.

Conclusioni: Questo studio presenta la prima caratterizzazione chimica dettagliata degli aerosol e delle deposizioni associate agli eventi di *Rain-on-Snow*, offrendo un quadro preliminare per una migliore comprensione delle interazioni tra i processi di ROS e il ciclo dei contaminanti in un Artico in rapido riscaldamento.

Bibliografia:

[1] Vickers H et al. 2024. DOI:10.3389/feart.2024.1342731

[2] Rennert K et al. 2009. DOI:10.1175/2008JCLI2117.1

[3] Spagnesi A et al. *under review*

Caratterizzazione ad alta risoluzione spaziale dei parametri chimici e fisici climaticamente rilevanti dell'aerosol Artico fino a 90°N

Fabio Giardi¹, Cosimo Fratticioli^{1,2}, Marcus Acton-Bond³, Vera Bernardoni³, Marco Potenza³, Luca Ferrero⁴, Niccolò Losi⁴, Ferdinando Pasqualini⁵, Alessandro Bracci⁵, Spartaco Ciampichetti⁵, Maurizio Busetto⁵, Luca Di Liberto⁵, Angelo Lupi⁶, Piotr Markuszewski⁷, Janna Rückert⁸, Ingo Schewe⁹, Giulia Calzolari^{1*}

¹*INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), Sezione di Firenze,*

²*Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze,*

³*Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano,*

⁴*Centro GEMMA, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano-Bicocca,*

⁵*Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), CNR,*

⁶*Istituto di Scienze Polari (ISP), CNR,*

⁷*IOPAN, Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences, Polonia,*

⁸*Università di Brema, Institute of Environmental Physics, Brema, Germania,*

⁹*Alfred Wegener Institut (AWI), Bremerhaven, Germania*

* *Corresponding author. Tel: +39 055 4572625, E-mail: giulia.calzolari@fi.infn.it*

Keywords: *Artico, clima, alta risoluzione, laboratorio mobile, proprietà ottiche e chimiche*

I modelli climatici attuali sono fortemente limitati da ampie incertezze legate al ruolo degli aerosol atmosferici, in particolare per quanto riguarda le interazioni aerosol-radiazione solare in condizioni di cielo variabile e l'impatto climatico delle diverse sorgenti di aerosol, incluse quelle emergenti dai rapidi cambiamenti in atto nell'Artico. Una descrizione completa della variabilità spaziale di tali parametri sulla superficie marina, che copre gran parte dell'Artico, è tuttora mancante. Inoltre, diversi studi di modellistica suggeriscono un possibile contributo al trasporto di calore dalle medie latitudini verso l'Artico dovuto all'assorbimento della radiazione solare da parte dell'aerosol. Il progetto GAIA (New integrated experimental and modelling tools for Georeferenced source apportionment of Aerosol climate-relevant parameters from the Mediterranean area till the Arctic) mira a colmare queste lacune, con particolare attenzione alle interazioni aerosol-radiazione. Il progetto sviluppa e integra strumenti sperimentali e di modellistica innovativi per fornire informazioni sull'impatto climatico georeferenziato delle diverse sorgenti e tipologie di aerosol in tutte le condizioni di cielo, dalle medie latitudini fino all'Oceano Artico. Nello specifico, GAIA ha sviluppato una nuova infrastruttura di ricerca versatile (GAInfrA), installabile su diverse navi da ricerca, progettata per ospitare strumentazione dedicata alla caratterizzazione chimica degli aerosol (elementi, ioni, black carbon e carbonio totale), fisica (distribuzioni dimensionali) e ottica (coefficienti di assorbimento e diffusione della luce a più lunghezze d'onda), oltre a misure dei bilanci radiativi broadband e risolti spettralmente, profili verticali e altre osservazioni atmosferiche. Durante l'estate 2024, all'interno del progetto GAIA sono state condotte due campagne di misura, una a bordo della rompighiaccio tedesca Polarstern (AWI), raggiungendo i 90°N, e l'altra sulla nave da ricerca polacca Oceaia (IOPAN). Per la campagna sulla Polarstern, la maggior parte delle misure è stata effettuata per l'intero periodo estivo (giugno-ottobre), con un incremento della risoluzione temporale della caratterizzazione chimica per un mese, in modo da consentire un miglioramento della risoluzione spaziale lungo la rotta della nave. In questo contributo viene presentata una selezione dei risultati ottenuti fino a 90°N.

Finanziamenti – Questo lavoro è stato finanziato dall'Unione Europea – Next Generation EU, M4.C2.1.1, PRIN_2022JLCRZ- PNRR- CUP I53D23002000006, e dal grant n. AWI PS143/2_05. Gli autori ringraziano Aerosol doo e DadoLab srl per aver messo a disposizione parte della strumentazione.

Determinazione del Parametro di Scattering Multiplo per due Aethalometri nell'Artico

M. Acton-Bond¹, F. Giardi², C. Fratticioli², G. Calzolari², L. Ferrero³, N. Losi³, A. Bracci⁴, F. Pasqualini⁴, L. Di Liberto⁴, P. Markuszewski⁵, M. Rigler⁶, A. Gregoric⁶, J.E. Rückert⁷, I. Schewe⁸, Vera Bernardoni¹

¹*Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano – INFN-Milano, Italia;*

²*Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze – INFN-Firenze, Italia;*

³*GEMMA Center, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Italia;*

⁴*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Italia;*

⁵*IOPAN, Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences, Poland;*

⁶*Aerosol d.o.o., Kamniška 39A, SI-1000 Ljubljana, Slovenia;*

⁷*University of Bremen, Institute of Environmental Physics, Bremen, Germany;*

⁸*Alfred Wegener Institute (AWI), 27568, Bremerhaven, Germany.*

Keywords: *assorbimento del particolato atmosferico, aethalometro, parametro di scattering multiplo, artico.*

Studiare nel dettaglio come l'aerosol atmosferico assorbe la radiazione luminosa a diverse lunghezze d'onda (λ) è necessario per lo sviluppo di metodologie di apporzionamento ottico e per migliorare le stime di forcing radiativo positivo dell'aerosol stesso.

Il coefficiente di assorbimento dell'aerosol (b_{abs}) è spesso stimato tramite misure su filtri, le quali sono inevitabilmente influenzate da effetti di loading e da processi non lineari di scattering multiplo. Gli aethalometri AE33 [1] e AE36s misurano in continuo il segnale di attenuazione attraverso un filtro su cui viene depositato aerosol atmosferico rispettivamente a $7-\lambda$ e a $9-\lambda$ (370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm per l'AE33 e 340, 370, 400, 470, 520, 590, 630, 880, 950 nm per l'AE36s). In entrambi gli strumenti, la metodologia dual-spot permette di quantificare gli effetti di loading on-line e un parametro di scattering multiplo (C_0) indipendente dalla lunghezza d'onda viene utilizzato per stimare gli effetti di scattering multiplo sulle misure di $b_{abs}(\lambda)$. Il fotometro polare PP_UniMI dell'Università degli Studi di Milano [2], applicando lo stesso modello di trasferimento radiativo implementato nel MAAP [3], fornisce stime di b_{abs} off-line a $5-\lambda$ (405, 448, 532, 635 e 780 nm) da misure ad alta risoluzione angolare della luce diffusa da filtri bianchi e, quindi, senza alcuna assunzione sull'andamento delle funzioni di fase dei filtri stessi, permettendo così la misura su qualsiasi tipo di filtro.

Durante il progetto di ricerca PRIN2022-GAIA, un AE33 è stato adoperato sul vascello di ricerca Oceania (IOPAN) e un AE36s sulla rompighiaccio Polarstern (AWI). Entrambe le navi hanno eseguito crociere di ricerca in ambiente artico durante l'estate del 2024. Dopo il termine della campagna di misura, gli spot campionati di entrambi gli aethalometri sono stati analizzati tramite PP_UniMI per stimare b_{abs} . Questi valori, una volta riportati alle stesse lunghezze d'onda dell'aethalometro, sono stati confrontati con le misure di attenuazione degli aethalometri corrette solo per il loading, ottenendo così una stima di coefficienti di scattering multiplo opportuni a diverse lunghezze d'onda $C(\lambda)$. Infine, applicando la metodologia descritta da [4] si sono stimati valori di $C(\lambda)$ per entrambi gli aethalometri sfruttando i dati disponibili ad alta risoluzione e sono stati confronti con quelli ottenuti da PP_UniMI.

Bibliografia

[1] Drinovec et al., 2015, <https://doi.org/10.5194/amt-8-1965-2015>.

[2] Bernardoni et al., 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.02.009>.

[3] Petzold and Schönlinner, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2003.09.005>.

[4] Ferrero et al., 2024, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170221>.

Variabilità chimica dell'aerosol dall'Europa all'Artico durante la campagna AREX2024 – GAIA

Niccolò Losi^{1*}, Ferdinando Pasqualini², Alessandro Bracci², Fabio Giardi³, Cosimo Fraticcioli³, Marcus Acton-Bond⁴, Vera Bernardoni⁴, Luca Ferrero¹, Luca Di Liberto², Angelo Lupi⁵, Giulia Calzolai³

¹ *GEMMA and POLARIS Centre, Università degli Studi di Milano-Bicocca;*

² *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), CNR-Roma;*

³ *INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), Sezione di Firenze;*

⁴ *Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano;*

⁵ *Istituto di Scienze Polari (ISP), CNR-Bologna*

* *Corresponding author. Tel: +39 3476501968, E-mail: niccolo.losi@unimib.it*

Keywords: *Artico, proprietà chimiche, clima*

Gli aerosols influenzano il clima sia direttamente (interazione con la radiazione solare) che indirettamente (alterazione delle caratteristiche e dell'estensione della copertura nuvolosa), innescando feedback complessi a differenti scale spaziali e temporali. Perciò le proprietà dell'aerosol, come la sua composizione chimica, sono fondamentali per descrivere il suo ruolo all'interno dei cambiamenti climatici (1). In particolare la regione artica sta sperimentando una trasformazione ed un aumento delle temperature accelerati rispetto al resto del Globo (2). Le emissioni locali e globali di aerosol contribuiscono attivamente a questi cambiamenti ed al contempo ne sono influenzate: il ritiro della banchisa e delle calotte artiche può ad esempio portare ad un aumento del particolato biogenico marino e crostale.

Attualmente la caratterizzazione chimica e delle proprietà del particolato atmosferico in ambiente remoto marino è limitata. Sono quindi necessari ulteriori studi sperimentali sia per monitorare l'evoluzione dell'aerosol nella regione Artica che per comprenderne meglio l'impatto sul clima. Per questo, all'interno del progetto GAIA (New integrated experimental and modelling tools for Georeferenced source apportionment of Aerosol climate-relevant parameters from the Mediterranean area till the Arctic) nell'estate del 2024 è stata condotta una campagna di misura a bordo della nave da ricerca Oceania (IOPAN, Poland) da Danzica fino al Nord delle Svalbard (80°N). La strumentazione a bordo ha permesso di raccogliere campioni di PM10 con risoluzione giornaliera, sia su supporti in teflon che in quarzo; la presenza di un etalometro (AE33, Aerosol Magee Scientific) ha inoltre garantito la determinazione ad alta risoluzione temporale delle concentrazioni e dei coefficienti di assorbimento dei Light Absorbing Aerosols (e.g. Black Carbon). Sono state quindi effettuate diverse analisi di laboratorio per la caratterizzazione chimica del PM10: cromatografia ionica per i principali ioni inorganici; PIXE per gli elementi; SUNSET per Total ed Organic Carbon. In questo contributo verranno quindi presentati i risultati della composizione chimica confrontando l'andamento latitudinale (dal Baltico al Nord delle Svalbard), diviso per macro-aree, e le differenze interne all'Artico. I dati ottenuti saranno poi paragonati a quelli derivati da campagne AREX precedenti (2018-2019) e da una seconda campagna GAIA condotta a bordo della rompighiaccio Polarstern (AWI) fino a 90°N. I risultati preliminari mostrano una diminuzione verso Nord della componente antropica, in particolare del BC, ma la presenza di hotspots non trascurabili in Artico. Il contributo della componente biogenica al Solfato totale si è rivelato importante (in particolare sul Mare di Barents), ma con differenze distinguibili tra aree marine diverse.

Bibliografia

[1] L. Ferrero, et al., Atmosphere 2019, 10.2, 54.

[2] M. Rantanen, et al., Communications earth & environment 2022, 3.1, 168.

Qualità dell'aria indoor

Caratterizzazione del particolato atmosferico (PM_{2.5}) in scuole della regione campania e valutazione di impatto sulla salute

Elisa Magli^{1*}, Stefania Vertuccio², Francesca Barone³, Salvatore Di Rosa³, Amalia Acampora³, Giovanni del Monaco³, Nadia Finizio³, Giovanni Trinchillo³, Ferdinando Fiorino², Vincenzo Santagada², Beatrice Severino², Giuseppe Caliendo², Fiorentina Roviezzo², Elisa Perissutti².

¹Dipartimento di Sanità Pubblica, Università degli Studi di Napoli Federico II, 80131 Napoli, via Sergio Pansini 5.

²Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Napoli Federico II, 80131 Napoli, via Domenico Montesano 4.

³ARPAC: Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale, Dipartimento di Caserta, 81100 Caserta, via Arena.

*Corresponding author. Tel: +39 081-678646, email: elisa.magli@unina.it

Keywords: *Qualità dell'aria indoor, PM_{2.5}, Scuole, Analisi quali-quantitativa di inquinanti atmosferici, Valutazione di impatto sulla salute dei bambini.*

Introduzione. L'inquinamento atmosferico rappresenta una delle principali emergenze di salute pubblica a livello globale, con evidenze scientifiche sempre più solide che ne documentano gli effetti nocivi. I bambini risultano particolarmente vulnerabili all'inquinamento atmosferico a causa soprattutto della maggiore frequenza respiratoria e dell'immaturità dei sistemi immunitario e di detossificazione [1].

Metodi. Al fine di valutare l'esposizione *indoor* agli inquinanti atmosferici in età pediatrica, sono state selezionate tre Scuole (due primarie ed una secondaria) della Regione Campania, ubicate in aree ad elevata pressione ambientale [2-4]: Acerra (sito industriale, caratterizzato dalla presenza di impianti produttivi e di un termovalorizzatore), Portici (sito urbano-costiero, densamente popolato e sede di un'area portuale) e San Felice a Cancelli (sito suburbano, contraddistinto da intenso traffico veicolare. La selezione degli Istituti è stata effettuata anche tenendo conto della prossimità alle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria *outdoor* dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania (ARPAC), Ente con cui il progetto di ricerca è condotto in stretta collaborazione. La campagna di monitoraggio dell'aria *indoor* è stata realizzata mediante un campionatore attivo, opportunamente posizionato in un'area comune di ciascuna Scuola. Ogni sito è stato monitorato per circa tre settimane per stagione (primavera, estate, autunno e inverno) da Aprile 2024 ad Aprile 2025, per un totale complessivo di circa 300 campioni raccolti. I campioni sono stati poi sottoposti, previo opportuno pretrattamento, a caratterizzazione chimica mediante l'impiego di tecniche analitiche tra le quali la gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa (GC-MS), la spettrometria di massa con plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) e la cromatografia ionica (IC), in grado di garantire elevata sensibilità e specificità nell'identificazione e quantificazione degli inquinanti. Inoltre, le frazioni di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) sono state determinate tramite analisi termo-ottica (TOC) consentendo una approfondita caratterizzazione della componente carboniosa del particolato. Una parte dei campioni è stata, inoltre, oggetto di valutazione tossicologica presso il Dipartimento di Farmacia dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, sotto la supervisione della Prof.ssa Fiorentina Roviezzo, al fine di integrare i dati chimici con evidenze di tipo biologico.

Risultati. I dati preliminari hanno evidenziato significative variazioni stagionali nelle concentrazioni e nella composizione del PM_{2.5} nei tre siti indagati, con alcuni superamenti dei limiti normativi, in particolare nei mesi invernali. Il sito di Acerra ha mostrato le criticità più rilevanti, con concentrazioni di benzo[a]pirene superiori al valore limite di 1 ng·m⁻³ stabilito dal Decreto Legislativo 155/2010. Inoltre, il confronto dei valori di PM_{2.5}

indoor ed *outdoor* (questi ultimi forniti dall'ARPAC), ha evidenziato un andamento sovrapponibile, suggerendo un contributo significativo delle fonti emissive esterne ai livelli riscontrati negli ambienti scolastici.

Conclusioni. Al termine dell'elaborazione completa dei dati di caratterizzazione chimica, integrati con le evidenze epidemiologiche e tossicologiche, sarà effettuata una valutazione dell'impatto sanitario del PM_{2.5} sulla popolazione pediatrica. L'obiettivo del progetto è fornire un quadro conoscitivo rigoroso e scientificamente fondato sulla composizione e sulla morfologia del particolato atmosferico nelle aree della Regione Campania ad elevata pressione ambientale, al fine di consentire una più accurata stima dell'esposizione e del rischio associato. I risultati potranno costituire un supporto strategico per gli enti pubblici impegnati nel monitoraggio ambientale, contribuendo alla definizione di politiche di sviluppo locale sostenibili e orientate alla tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

Bibliografia

- [1] L. Li-Zi, C. Jin-Hui, et. al., **2023**, *Lancet-eBioMedicine*, <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104609>.
- [2] Report Qualità dell'Aria, ARPAC, <https://www.arpacampania.it/web/guest/relazioni-e-report>
- [3] P. Di Vaio, E. Magli et. al., **2016**, *Atmosphere*, <https://doi.org/10.3390/atmos7120163>
- [4] P. Di Vaio, E. Magli et. al., **2018**, *Atmosphere*, <https://doi.org/10.3390/atmos9020058>

Caratterizzazione chimica del PM₁₀ in ambienti *indoor* e *outdoor* di un cantiere nautico con reparto veleria

Fabio Candiano^{1*}, Sara Astolfi¹, Francesca Buiarelli¹, Andrea Fricano¹, Patrizia Di Filippo², Lorenzo Massimi³, Adriana Pietrodangelo⁴, Donatella Pomata², Carmela Riccardi², Giulia Simonetti¹.

¹ Dip. Chimica, Sapienza Università di Roma;

² DIT, INAIL Roma,

³ Dip. di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma; ⁴ IIA, CNR Roma

* Corresponding author. Tel: +39 06 49913642, E-mail:fabio.candiano@uniroma1.it

Keywords: PM₁₀, fibre polimeriche; additivi plastici, veleria, GC-MS, HPLC-MS/MS, ICP-MS.

Introduzione: I luoghi di lavoro in cui vengono impiegate fibre sintetiche di natura polimerica possono comportare l'esposizione dei lavoratori non solo alle fibre, ma anche agli additivi plastici incorporati. Il sito oggetto di studio è un laboratorio artigianale specializzato nella produzione di vele, dove le principali fasi operative includono la selezione dei materiali, il taglio dei tessuti tramite laser a bassa potenza e la cucitura. I tessuti impiegati sono polimeri tecnici quali Dacron (nome commerciale del polietilene tereftalato, PET), Nylon (Nylon 6,6), Kevlar e Twaron (due fibre sintetiche para-aramidiche) e il più recente laminato Carbon, composto da fibre di carbonio disposte su una matrice di PBT e policarbonato. All'esterno della struttura, l'attività di cantieristica nautica comporta l'alaggio di imbarcazioni tramite gru, per processi di manutenzione e riparazione.

Metodi: Considerata la complessità del contesto operativo e la particolare collocazione geografica, sottovento rispetto a un importante scalo aeroportuale, è stato condotto uno studio sulle concentrazioni di PM₁₀ e sulla sua composizione chimica. Il campionamento del particolato aerodisperso è stato effettuato tramite otto sistemi SMART SAMPLER 01.2 (0,5 L/min), su filtri in PTFE (Ø = 47 mm). Quattro campionatori sono stati installati all'interno della veleria e quattro all'esterno, per quattro campagne stagionali distribuite nell'arco di un anno. Sono state quindi determinate le concentrazioni di PM, analizzati gli elementi metallici e i composti organici. Le metodiche analitiche impiegate includono ED-XRF [1] e ICP-MS [2], per la componente inorganica, e GC-MS, GC-MS/MS, HPLC-MS/MS e HPLC/QTrap per la componente organica [3]. In parallelo al campionamento del PM, sono state raccolte e analizzate polveri depositate, al fine di effettuare un confronto composizionale, utile a valutare affinità, differenze e possibili sorgenti comuni.

Risultati: Le concentrazioni di PM₁₀ rilevate risultano non trascurabili, con valori compresi tra 29–43 µg/m³ *indoor* e 42–74 µg/m³ *outdoor*. L'analisi elementare indica un significativo contributo da risospensione di suolo, particolarmente marcato all'esterno, che condiziona fortemente la concentrazione del particolato atmosferico. La componente organica evidenzia sia l'influenza dello smog aeroportuale, sia la presenza di additivi plastici, più abbondanti nei campioni *indoor*, verosimilmente associati alle lavorazioni dei materiali polimerici utilizzati.

Conclusioni: I risultati preliminari confermano la necessità, per ambienti lavorativi caratterizzati da materiali avanzati e processi misti *indoor/outdoor*, di adottare un approccio analitico ampio e integrato in grado di distinguere le diverse sorgenti del particolato aerodisperso. L'approccio multitecnica applicato si è dimostrato uno strumento utile per comprendere la natura espositiva dei lavoratori, consentendo di individuare sia contributi di origine ambientale sia emissioni specifiche legate alle attività produttive.

Bibliografia

[1] Pietrodangelo A. et al. 2012. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.11.059

[2] Massimi et al. 2022. DOI: 10.1016/j.atmosres.2021.105970

[3] Fricano et al. 2025. DOI: 10.1093/jaoacint/qsaf091

Qualità dell'aria indoor e destinazione d'uso degli ambienti: un anno di monitoraggio con sensori low-cost in un quartiere di Bologna

Geremia Avellini^{1*}, Francesco Suriano¹, Francesco Riminucci¹, Francesco Marucci¹, Stefano Zampolli², Marco Paglione³, Matteo Rinaldi³

¹ PROAMBIENTE S.c.r.l., Bologna, Italia;

² Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (ISMN), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna, Italia;

³ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), CNR, Bologna, Italia

* Corresponding author. Tel: +39 051 6399967, [E-mail: g.avellini@consorzioproambiente.it](mailto:g.avellini@consorzioproambiente.it)

Keywords: Indoor air quality, monitoraggio a lungo termine, sensoristica low-cost, CO₂, PM_{2.5}, tVOC.

Introduzione: Le persone trascorrono in media l'80–90% del proprio tempo in ambienti chiusi (1); per questo è fondamentale studiare le dinamiche della qualità dell'aria indoor (IAQ) e valutare l'esposizione agli inquinanti presenti. Le concentrazioni indoor degli inquinanti sono il risultato delle interazioni tra contributi esterni, sorgenti interne e processi di ventilazione, e possono differire in modo significativo dalle concentrazioni e composizioni outdoor (2). Questi processi sono caratterizzati da una forte variabilità temporale e spaziale, rendendo necessari monitoraggi a lungo termine (3). In questo contesto, il presente studio analizza un anno di monitoraggi in continuo multi-parametrici della IAQ, in sette ambienti residenziali e uffici situati in un quartiere residenziale di Bologna (Bolognina), nell'ambito del progetto PNRR Ecosister (4). Le misure di CO₂, PM_{2.5} e tVOC, ottenute tramite sensori low-cost, sono state integrate con informazioni raccolte tramite questionario, utilizzate per caratterizzare gli ambienti e le rispettive destinazioni d'uso.

Metodi: Le serie temporali di CO₂, PM_{2.5} e tVOC sono state analizzate mediante statistiche descrittive per caratterizzare la loro variabilità giornaliera, settimanale e stagionale nei diversi ambienti. Successivamente sono stati analizzati i superamenti dei valori soglia di CO₂ e PM_{2.5} (5). Infine, tramite questionari sono state raccolte informazioni sulle caratteristiche edilizie, sui pattern di occupazione, sulle pratiche di ventilazione e sulle principali attività indoor per ciascuno degli ambienti monitorati.

Risultati: Le concentrazioni di CO₂ e PM_{2.5} mostrano una chiara dipendenza stagionale, con valori mediamente più elevati e distribuzioni più ampie durante la stagione autunnale e invernale, mentre nel periodo primaverile ed estivo risultano generalmente più basse e stabili, coerentemente con i maggiori ricambi d'aria con l'outdoor. In autunno e inverno, il 10–20% delle mediane orarie supera la soglia per la CO₂ nella maggior parte degli ambienti (fino a ~45% in un sito residenziale), mentre per il PM_{2.5} i superamenti raggiungono il 30–50% in diversi siti, in particolare negli ambienti situati in prossimità di assi stradali ad elevata intensità di traffico; in primavera ed estate, le percentuali di superamento risultano generalmente inferiori al 10%, per entrambi i parametri. I tVOC, espressi come indice aggregato, mostrano una variabilità più contenuta e non evidenziano pattern robusti.

Conclusioni: Il monitoraggio indoor a lungo termine consente una lettura coerente dei processi che governano la IAQ e supportano la caratterizzazione dei diversi ambienti sulla base della destinazione d'uso, evidenziando limiti e prospettive nell'utilizzo della sensoristica low-cost. Integrare le informazioni sulla IAQ con le evidenze dai questionari ha permesso di identificare dei pattern riconducibili a specifiche informazioni sull'ambiente e sulle sue destinazioni d'uso.

Bibliografia

- [1] Dimitroulopoulou S. et al. 2023. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108127>
- [2] González-Martín J. et al. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128376>.
- [3] Luengas A. et al. 2015. DOI: 10.1007/s11157-015-9363-9
- [4] Project funded under the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mis.04 Comp.2 Inv.1.5 – NextGen.EU, RFT n. 3277, 30/12/2021.
- [5] Morawska L. et al. 2024. DOI : 10.1126/science.adl0677

Proprietà chimico-fisiche e processi di formazione del particolato sub- micrometrico in ambienti indoor: evidenze da spettrometria di massa online in tre casi studio italiani

Matteo Rinaldi^{1*}, Karam Mansour¹, Marco Paglione¹, Maurizio Busetto¹, Stefano Decesari¹, Francesca Costabile¹, Luca Di Liberto¹, Gianluca Di Iulio¹, Nora Zannoni¹, Angela Marinoni¹, Simonetta Montaguti¹, Paolo Cristofanelli¹, Francesco Suriano²

¹ *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche;*

² *Proambiente S.C.r.l.*

* *Corresponding author. Tel: +39 051 6399558, E-mail: matteo.rinaldi@cnr.it*

Keywords: *Qualità dell'aria indoor, composizione chimica, aerosol organici secondari, sorgenti.*

L'esposizione al particolato (PM) in ambiente indoor è associata a effetti avversi sulla salute [1], mentre il ruolo delle sorgenti interne ed esterne nel determinare proprietà e livelli del PM indoor è ancora poco caratterizzato [2].

Per valutare il contributo di sorgenti esterne ed interne al PM sub-micrometrico indoor, sono stati condotti esperimenti in diversi ambienti:

1. un'aula universitaria in un edificio degli anni '50, situata nel centro di Roma;
2. due uffici non occupati, rappresentativi degli standard edilizi degli anni '90, a Bologna;
3. un ufficio occupato (1-4 persone), situato in un edificio moderno a Bologna.

In tutti gli studi, il PM è stato misurato alternativamente sia indoor che outdoor, con una risoluzione temporale di 10 minuti. Le principali proprietà dell'aerosol osservate includono composizione chimica (mediante HR-ToF-AMS), concentrazione di black carbon, concentrazione in numero delle particelle e distribuzione dimensionale.

Tutti gli ambienti investigati hanno mostrato un impatto non trascurabile dell'inquinamento outdoor sui livelli di PM indoor, con differenze dipendenti dalla specifica situazione. I livelli di infiltrazione più elevati sono stati osservati nel caso 1, ovvero nell'edificio più datato. In tutti gli ambienti indoor si osserva una perdita significativa di nitrato d'ammonio e di alcuni componenti organici semi-volatili rispetto all'outdoor, legata alle differenze di temperatura. L'analisi della distribuzione dimensionale del PM, nel caso 1, ha evidenziato perdite significative di particelle nell'intervallo di nucleazione (< 30 nm), indicando l'assenza di importanti sorgenti interne, una scarsa capacità di penetrazione dall'esterno e/o una rapida rimozione all'interno. L'apporcionamiento delle sorgenti di aerosol organico ha evidenziato una modesta formazione indoor di aerosol organico secondario legata alla presenza di persone nei casi (1) e (3), in linea con Avery et al. [3].

Nel complesso, i dati indicano che il particolato sub-micrometrico outdoor subisce modifiche significative una volta trasportato in ambiente indoor, con potenziali implicazioni per le proprietà tossicologiche delle particelle, ancora non pienamente quantificate.

Progetto finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 04 Componente 2 Investimento 1.5 – NextGenerationEU, Avviso n. 3277 del 30/12/2021. Numero di concessione: 0001052 del 23/06/2022 (ECS_00000033_ECOSISTER). Lavoro supportato da INAIL (progetto BRIC2019-ID12).

Bibliografia

- [1] Morawska L et al. 2013. DOI: 10.1111/ina.12044.
- [2] Goldstein AH et al. 2021. DOI: 10.1021/acs.est.0c05727
- [3] Avery AM et al. 2019. DOI: 10.1039/C9EM00097F

TGA-FTIR e μ -FTIR per lo studio di microplastiche nel particolato atmosferico

Sara Astolfi^{1*}, Fabio Candiano¹, Martina Luziani¹, Francesca Buiarelli¹, Sergio Brutti¹, Patrizia Di Filippo², Donatella Pomata², Carmela Riccardi², Piergiorgio Schiavi¹, Andrea Fricano¹, Giulia Simonetti¹.

¹Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma, 00185:

²DIT, INAIL Ricerca, Roma, 00143.

* Corresponding author. Tel: +39 3398740107, E-mail: sara.astolfi@uniroma1.it

Keywords: *Microplastiche, Particolato atmosferico (PM), TGA-FTIR, Micro-FTIR ATR*

Introduzione: Le microplastiche (MP) sono contaminanti ubiquitari con forte impatto ecologico e sanitario. In particolare, lo studio delle MP aerodisperse risulta molto complesso a causa della loro eterogeneità, dovuta a forma, dimensione e composizione chimica, e della coesistenza con le numerose sostanze organiche e inorganiche costituenti il particolato atmosferico (PM). Questo ne rende difficile l'isolamento selettivo e l'identificazione e la quantificazione accurata [1]. Tra le tecniche di analisi più diffuse abbiamo la spettroscopia vibrazionale, i metodi termoanalitici e la spettrometria di massa, tra cui la pirolisi accoppiata a gascromatografia/spettrometria di massa (Pyr-GC/MS). Invece, un approccio ancora poco utilizzato nello studio delle MP nel PM è rappresentato dall'accoppiamento dell'analisi termogravimetrica con la spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (TGA-FTIR) che, grazie alle proprietà termiche dei polimeri unite agli spettri IR evolutivi, può fornire informazioni dettagliate su polimeri e additivi [2]. Pertanto, il presente lavoro ha lo scopo di sviluppare un metodo robusto e innovativo per l'analisi delle MP aerodisperse in contesti ambientali complessi, combinando processi di pretrattamento di campioni di PM a diversa granulometria raccolti in un impianto di packaging, che utilizza come materia prima prevalentemente granuli di polietilene, e successiva caratterizzazione mediante μ -FTIR e analisi polimerica semiquantitativa tramite TGA-FTIR.

Metodi: Il PM collezionato è stato rimosso meccanicamente dai filtri e le MP sono state separate per densità dalla componente carboniosa e minerale dei PM, mediante flottazione in soluzione salina sovrasatura. La frazione surnatante è stata quindi digerita con H₂O₂, per rimuovere i contaminanti organici, provando diverse concentrazioni, temperature e tempi di contatto. I campioni trattati sono stati, quindi, filtrati con diverse membrane filtranti (PTFE, esteri di cellulosa, PC, ecc.). Parallelamente, sono state ottimizzate le rampe termiche dell'analisi in TGA-FTIR di diversi polimeri standard (PE, PET, PP, PS, PVC) per verificare la loro separazione durante la decomposizione termica. Per ciascun polimero sono state costruite curve di calibrazione correlando le bande caratteristiche FTIR alla quantità di polimero utilizzato. I campioni di PM trattati sono stati quindi analizzati mediante μ -FTIR ATR per determinarne morfologia, dimensione e composizione polimerica e con TGA-FTIR per stimare il contenuto polimerico totale presente nei filtri.

Risultati: Dopo l'ottimizzazione, il metodo TGA-FTIR è stato applicato a campioni di polvere depositata e di PM a diversa granulometria collezionati nell'impianto di packaging. I risultati hanno confermato la presenza prevalente del PE, sia nei campioni di polvere che nelle frazioni del PM e in questo caso in misura maggiore nelle frazioni più grossolane. Il metodo si è quindi dimostrato valido per la caratterizzazione e la misura semiquantitativa di campioni di microplastiche aerodisperse.

Bibliografia

[1] Thurston GD et al. 2017. DOI: 10.1183/13993003.00419-2016

[2] Dang T et al. 2024. Chemosphere, 368, 143777. DOI : 10.1016/j.chemosphere.2024.143777

Caratteristiche dimensionali ed elementali del PM10 aerodisperso in ambienti di lavoro dove si impiegano plastiche: risultati dal progetto CELLOPHAN

Tommaso Rossi^{1*}, A. Pietrodangelo¹, C. Balducci¹, M. Giusto¹, T. Sargolini¹, F. Marcovecchio¹, M. Perilli¹, G. Di Carlo², F. Bianchi², L. Stabile⁴, E. Caracci⁴, D. Pomata⁶

¹CNR. Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA), Monterotondo St., Roma, 00015

²CNR Istituto sui Materiali Nanostrutturati (ISMN), Monterotondo St., Roma, 00015

³Università di Cassino e Lazio Merid., Dip. Ing. Civile e Meccanica, Cassino (FR), 03043

⁵Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma, 00143

* Corresponding author E-mail: tommasorossi@cnr.it

Keywords: PM indoor, nanoparticelle, ambienti di lavoro, misure on-line, microscopia elettronica

A causa della loro elevata persistenza ambientale, le micro- e nanoplastiche (MNP) stanno diventando ubiquitarie negli oceani, nei suoli e nell'atmosfera. Le MNP aerodisperse possono influenzare la salute umana, in particolare per quanto riguarda i lavoratori impiegati in impianti in cui le materie plastiche vengono lavorate (Murashov et al., 2021). Con un focus sugli ambienti di lavoro, il progetto BRiC INAIL ID14 CELLOPHAN – Caratterizzazione delle Emissioni in Luoghi di Lavoro di microPlasticHe Aerodisperse e Nanoplastiche - è finalizzato a migliorare le conoscenze sulle MNP aerodisperse e a definire un approccio armonizzato per la caratterizzazione di sorgenti e processi che rilasciano MNP in aria.

Nell'ambito delle attività progettuali, misure con contatori ottici e campioni di PM10 sono stati acquisiti a diverse risoluzioni temporali in tre impianti che lavorano materiali polimerici: un'officina di riparazione pneumatici e autoveicoli, un impianto di imbottigliamento di acque minerali e un'industria tessile. Per ogni impianto i punti di misura sono stati collocati sia in prossimità delle sorgenti emissive indoor che in altri ambienti. I contatori ottici sono stati co-localizzati nei diversi siti di ogni impianto, ottenendo dataset di grandi dimensioni di misure simultanee ad alta risoluzione temporale. Mediante l'impiego di metodi di analisi multivariata (analisi in componenti principali, PCA) è stato possibile analizzare i percorsi di diffusione del particolato aerodisperso all'interno degli ambienti a partire dal sito da cui l'emissione aveva origine e di valutarne la relazione con le diverse attività lavorative. Inoltre, campioni di PM10 raccolti con finalità di indagine microanalitica sono stati analizzati in microscopia elettronica a scansione combinata a spettroscopia in emissione di raggi X con detector a dispersione di energia (SEM-EDS) in modalità single-particle. Le concentrazioni di particelle rilevate negli ambienti esaminati sono estremamente diversificate nel tempo e complesse nelle dinamiche di propagazione ad altri ambienti, ma tendono ad essere maggiori negli ambienti di lavorazione, dai quali la diffusione indoor segue diverse direzioni di propagazione. Dai dati di composizione elementale delle singole particelle sono state identificate le principali classi di particelle aerodisperse per tipologia di sito ed ambiente di lavoro. I risultati relativi alle misure ottiche co-localizzate ed alle analisi SEM-EDS dei campioni raccolti ai tre impianti sono descritti e discussi in questo contributo.

Bibliografia

[1] Yakovenko N, Pérez-Serrano L, Segur T, Hagelskjaer O, Margenat H, Le Roux G, et al. (2025) Human exposure to PM10 microplastics in indoor air. PLoS One 20(7): e0328011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328011>

POSTER

Distribuzione elementare e isotopica nelle precipitazioni secche e umide durante eventi di pioggia su neve alle Svalbard

Francisco Ardini^{1*}, Viola Minutoli¹, Matilde Mataloni¹, Azzurra Spagnesi^{2,3}, Elena Barbaro^{3,2}, Marco Grotti¹

¹ Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova

² Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari Venezia

³ Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Polari (CNR-ISP), Venezia

* Corresponding author. Tel: +39 010 3538711, E-mail: francisco.ardini@unige.it

Keywords: PM10, deposizioni, Rain-On-Snow, Artide

Introduzione: L'Artide è un osservatorio privilegiato dei processi ambientali globali, essendo particolarmente vulnerabile agli effetti dei cambiamenti climatici; in particolare, a causa del riscaldamento che ha subito negli ultimi anni è stato riscontrato un aumento della frequenza degli eventi di pioggia su neve (ROS, "Rain On Snow"). Questi fenomeni possono alterare le proprietà della neve e accelerarne la fusione, con conseguenze sull'ambiente circostante non ancora chiarite in termini di rilascio e distribuzione di specie chimiche. [1] Tra i marker utilizzati per tracciare l'origine dell'aerosol atmosferico nell'Artide, gli elementi in tracce e la loro composizione isotopica (in particolare il Pb) si sono dimostrati particolarmente efficaci per valutare le sorgenti geografiche degli apporti sia naturali che antropici. [2-3]

Metodi: durante la campagna 2023–2024 a Ny-Ålesund (Svalbard, Norvegia) è stata studiata la composizione elementare e isotopica di deposizioni secche e umide. In particolare, il PM10 è stato raccolto con cadenza settimanale su filtri di PTFE, che sono stati successivamente trattati mediante digestione acida assistita da microonde secondo il metodo UNI 14902:2005. Le precipitazioni umide (pioggia, neve e pioggia mista a neve) sono state raccolte mediante un campionatore Wet & Dry in sacchetti puliti in polipropilene; dopo essere state acidificate, sono state quindi preconcentrate mediante liofilizzazione per l'analisi isotopica del piombo o analizzate tal quali per l'analisi elementare. Le analisi sono state effettuate mediante ICP-MS (elementi in tracce e rapporti isotopici) e ICP-AES (elementi maggiori). Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del Progetto di Rilevante Interesse Nazionale ROSETTA ("Rain-On-Snow (ROS) Events: how their composition influences snow properties in the high Arctic") finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca.

Risultati: i risultati mostrano una varietà di origine degli elementi nei campioni, con apporti prevalentemente crostali (es. Fe, Mn, V), marini (es. Mg, Sr) o antropici (es. Cd, Pb, Zn). L'analisi isotopica del Pb ha permesso di stabilire l'origine geografica del particolato (prevalentemente Russia e Kazakistan nel periodo considerato). Le deposizioni hanno mostrato maggiore contributo naturale, senza differenze significative in base alla tipologia di matrice (pioggia o neve).

Conclusioni: i dati ottenuti rappresentano il primo studio sulla composizione elementare e isotopica delle precipitazioni legate agli eventi ROS nel corso di una stagione, confermando l'efficacia di tali marker per la valutazione dell'origine dei contaminanti e del loro trasporto nell'ambiente.

Bibliografia

- [1] Peeters et al. 2019. DOI: 10.1088/1748-9326/aaefb3
- [2] Becagli et al. 2020. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2020.140511
- [3] Ardini et al. 2020. DOI : 10.1071/EN19227

Influenza dei protocolli di digestione acida sulla composizione elementare delle frazioni granulometriche di suoli aeolici risospesi da aree sorgente di *dust* minerale

M. Massetti^{1,2}, F. Bruschi¹, S. Bertinetti³, B. Moroni¹, C. Petroselli¹, M. Malandrino³, M. Grotti⁴, S. Nava⁵,
S. Crocchianti¹, D. Cappelletti¹

¹ Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Perugia, 06123, Italy

² Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Mestre, 30170, Italy

³ Department of Chemistry, University of Turin, Turin, 10125, Italy

⁴ Department of Chemistry and Industrial Chemistry, University of Genoa, Genoa, 16146, Italy

⁵ Department of Physics and Astronomy, University of Florence and INFN, Sesto F.no, 50019, Italy

Keywords: mineral dust, aerosol polare, digestione acida, caratterizzazione chimica, PM

Introduzione: Le polveri minerali (*mineral dust*) costituiscono una delle principali componenti degli aerosol atmosferici e svolgono un ruolo rilevante nei processi climatici, influenzando il bilancio radiativo e le proprietà delle nubi. Nelle regioni polari, le interazioni tra aerosol minerali, copertura nevosa e radiazione solare risultano particolarmente rilevanti. Recenti studi hanno evidenziato il contributo significativo delle sorgenti locali ad alta latitudine alle concentrazioni di particolato nell'atmosfera. In questo contesto, risulta fondamentale disporre di metodologie affidabili per la caratterizzazione chimica del *mineral dust* da aree sorgente classiche e in ambiente polare.

Metodi: Una camera di risospensione è stata sviluppata ed utilizzata presso l'Università di Perugia per simulare i processi di erosione eolica di suoli naturali e generare aerosol minerali in condizioni controllate. Le particelle prodotte sono state raccolte su filtri suddivisi in classi dimensionali PM₁, PM_{2.5} e PM₁₀. Lo studio metodologico verrà condotto su tipologie di campioni rappresentativi di contesti ambientali differenti: un suolo australiano, un suolo proveniente dalle isole Svalbard (Norvegia) e un campione di *road dust* prelevato in un'area urbana ad elevato traffico. A questi casi reali si aggiungono alcuni suoli certificati. I campioni vengono sottoposti a protocolli di digestione acida parziale e totale al fine di valutarne l'efficacia e analizzati in ICP-MS QQQ.

Risultati: Il presente studio si propone di valutare in modo sistematico le differenze tra protocolli di digestione totale e parziale in termini di capacità di recupero degli elementi maggioritari e in traccia e di solubilizzazione della matrice minerale. L'analisi è finalizzata a verificare la riproducibilità delle procedure per gli elementi maggiormente biodisponibili e di interesse atmosferico, nonché a indagare l'eventuale variabilità composizionale tra le diverse frazioni granulometriche e il possibile arricchimento di metalli nelle frazioni più fini.

Conclusioni: I risultati attesi contribuiranno all'individuazione di procedure analitiche robuste e confrontabili, utili per il miglioramento dell'interpretazione dei processi di trasporto e deposizione degli aerosol e per il supporto alla modellistica climatica regionale.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Shi, Y. et al. 2022. DOI: 10.5194/acp-22-2909-2022
- 2) Bullard, J. E., et al. 2016. DOI: 10.1002/2016RG000518
- 3) Meinander, O. et al. 2022. DOI: 10.5194/acp-22-11889-2022

Caratterizzazione delle particelle nucleanti ghiaccio (INP) a Ny-Ålesund mediante Dynamic Filter Processing Chamber (DFPC)

Matteo Rinaldi^{1*}, Alessia Nicosia¹, Marco Paglione¹, Karam Mansour¹, Stefano Decesari¹, Mauro Mazzola², Gianni Santachiara¹, F. Belosi¹

¹ *Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche;* ² *Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche;*

* *Corresponding author. Tel: +39 051 6399558, E-mail: matteo.rinaldi@cnr.it*

Keywords: *INP, condensation freezing, Artico, interazione oceano-atmosfera, Dynamic Filter Processing Chamber*

Le particelle nucleanti ghiaccio (Ice-Nucleating Particles, INP) svolgono un ruolo cruciale nelle nubi artiche, in quanto avviano la formazione dei cristalli di ghiaccio, un processo che governa la fase delle nubi, le loro proprietà ottiche e la loro permanenza [1]. Questo studio presenta dati sulla concentrazione atmosferica di INP provenienti dall'osservatorio di Gruvebadet (GVB) a Ny-Ålesund (Svalbard).

Le attività di campionamento sono state condotte tra il 2018 e il 2020, per un totale di sei campagne intensive che coprono tre stagioni (primavera, estate e autunno). Le concentrazioni ambientali di INP sono state misurate offline sui filtri raccolti, in modalità "condensation-freezing" in condizioni di vapore soprassaturo rispetto all'acqua, mediante la Dynamic Filter Processing Chamber (DFPC [2]). Sono state considerate tre temperature di attivazione: -15, -18 e -22°C.

Nell'intervallo dimensionale PM₁₀, la concentrazione di INP è risultata compresa tra 0.3 e 315 m⁻³, in accordo con osservazioni precedenti nell'Artico [3]. La frazione attivata stimata (Activated Fraction, AF), calcolata per l'intervallo dimensionale 0.1–10 µm, varia tra 10⁻⁸ e 10⁻⁵, aumentando al diminuire della temperatura.

La stagionalità delle proprietà di nucleazione del ghiaccio è stata analizzata combinando i risultati delle sei campagne. I dati mostrano un moderato aumento estivo della concentrazione di INP (3.3 volte rispetto ai livelli mediani autunnali) solo a -15 °C, mentre la AF presenta un'evoluzione stagionale più marcata, con massimi tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno. È stata inoltre osservata una pronunciata variazione stagionale del contributo di INP super-micrometriche, che aumenta dalla primavera (15–20%) all'estate (circa 60%), per poi diminuire in autunno (20–50%). Le particelle super- micrometriche mostrano una AF di almeno due ordini di grandezza superiore rispetto a quelle sub- micrometriche.

L'analisi basata su traccianti di emissioni antropiche a lunga distanza, dati satellitari di copertura del suolo e retro-traiettorie indica che le principali sorgenti delle INP primaverili osservate a GVB sono localizzate al di fuori dell'Artico. Al contrario, durante l'estate e l'autunno dominano sorgenti locali, sia marine sia terrestri, quando terra e mare sono in gran parte liberi da neve e ghiaccio. In particolare, potenziali sorgenti marine di INP sono identificate nelle acque attorno alle Svalbard ed immediatamente a sud, fino all'area circostante l'Islanda.

Questo lavoro è stato supportato dal progetto Horizon Europe CleanCloud (Grant Agreement ID: 101137639).

Bibliografia

- [1] Murray B et al. 2021. DOI: 10.5194/acp-21-665-2021
- [2] Santachiara G et al. 2010. DOI: 10.1016/j.atmosres.2009.08.004
- [3] Rinaldi M et al. 2020. DOI: 10.5194/acp-21-14725-2021

Identificazione delle sorgenti del PM₁₀ artico: uno studio su scala annuale a Ny-Ålesund

Stefano Bertinetti^{1*}, Aleandro Diana¹, Matteo Marafante¹, Riccardo Cecire¹, Paolo Inaudi², Agnese Giacomino², Ornella Abollino², Mery Malandrino¹

¹Dip. Chimica, Università di Torino, ²Dip. Scienze e Tecnologie del Farmaco, Università di Torino

* Corresponding author: stefano.bertinetti@unito.it

Keywords: PM10, Artide, analisi elementare, retrotraiettorie, PSCF

Introduzione: Lo studio della composizione chimica del particolato atmosferico (PM) nella regione artica è fondamentale per comprendere i suoi effetti sul clima e sull'ambiente. L'analisi della composizione elementare del PM consente di ipotizzare la tipologia delle sorgenti coinvolte nella sua formazione (crostali, marine e antropiche) e di valutarne il contributo relativo [1]. L'integrazione di questi dati con le simulazioni delle retrotraiettorie (BTs) permette inoltre di stimare la localizzazione delle sorgenti e di approfondire la conoscenza della circolazione atmosferica alle alte latitudini dell'emisfero boreale. In questo lavoro è stata condotta l'analisi elementare del PM₁₀ campionato presso l'osservatorio atmosferico di Gruvebadet (Ny-Ålesund, Isole Svalbard) nel corso del 2018. La campagna ha anche incluso i periodi autunnale e invernale contribuendo a migliorare la conoscenza della variabilità annuale della composizione del PM.

Metodi: L'indagine è stata condotta mediante due procedure: (a) la determinazione delle concentrazioni pseudo-totali di elementi selezionati (Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Cd, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Pb) tramite estrazione con una soluzione di acido nitrico e perossido di idrogeno, secondo la norma UNI EN 14902:2005; e (b) una procedura di frazionamento mediante estrazione con acido nitrico diluito (0.032 M). Le soluzioni ottenute sono state analizzate mediante spettrometria di emissione ottica a plasma accoppiato induttivamente (ICP-OES) e spettrometria di massa con sorgente a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS) in funzione delle concentrazioni degli analiti. L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata applicata per l'esplorazione multivariata del dataset. Le retrotraiettorie delle masse d'aria sono state simulate con il modello HYSPLIT del NOAA, mentre la localizzazione geografica delle sorgenti è stata stimata tramite il metodo PSCF (Potential Source Contribution Function [2]) utilizzando il pacchetto *openair* di R.

Risultati: L'analisi delle concentrazioni pseudo-totali ha evidenziato un marcato andamento stagionale, con contenuti elementari più elevati nei mesi invernali. Le sorgenti predominanti influenzano sia la variabilità annuale sia la distribuzione degli elementi tra le diverse frazioni. Gli elementi di origine prevalentemente marina (Na, Mg, K, Ca) sono risultati quasi completamente recuperati nella frazione acida diluita, analogamente a diversi elementi associati prevalentemente a sorgenti antropiche (Zn, Cd, As, Pb, Cu), che mostrano un impatto più significativo in primavera rispetto agli altri mesi freddi. La PCA ha individuato due componenti principali: PC1, associata principalmente a polveri minerali ed elementi di prevalente origine antropica, e PC2, correlata a elementi di prevalente origine marina. La combinazione delle componenti principali con le BTs a 10 giorni ha permesso il calcolo della PSCF, evidenziando il ruolo delle regioni limitrofe, in particolare dell'Eurasia, nell'influenzare la qualità dell'aria delle Isole Svalbard.

Bibliografia

- [1] Viana M et al. 2008. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2008.05.007
- [2] Petroselli C et al. 2018. DOI : 10.1016/j.atmosres.2018.01.011

APECS ITALIA: Plasmare il futuro della ricerca polare

Stefano Bertinetti^{1*}, Elisa Cerri², Letizia Roscelli³, Alice Guzzi⁴, Rocco Cogliati⁵, Antonino Ian Ferola⁶, Sofia Cerri⁷, Diego Fellin⁸

¹ Dip. Chimica, Università di Torino, ² Dip. Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova, ³ Università Cà Foscari, Venezia e Istituto di Scienze Polari-Consiglio Nazionale di Ricerca (ISP-CNR), Bologna, ⁴ Dip. scienze della terra, dell'ambiente e della vita, Università di Genova e Museo Nazionale dell'Antartide (MNA), Genova e Centro Nazionale per la Biodiversità (NBFC), Palermo ⁵ Dip. Fisica, Università di Torino ⁶ Agenzia Spaziale Europea, ESRI, Frascati ⁷ Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Cà Foscari, Venezia e Gemma centre, Dip. Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università Bicocca, Milano ⁸ Dip. Scienze ambientali, Informatica e Statistica, Università Cà Foscari, Venezia e Istituto di Scienze Polari- Consiglio Nazionale di Ricerca (ISP-CNR), Milano

* Corresponding author E-mail: stefano.bertinetti@unito.it

Keywords: APECS Italia; early career scientists; aree polari; networking scientifico

La ricerca sugli aerosol atmosferici e sul particolato rappresenta una delle principali sfide scientifiche attuali, richiedendo approcci interdisciplinari e competenze che spaziano dalla chimica dell'atmosfera alla fisica, dalle scienze ambientali alle tecniche analitiche avanzate. In questo contesto, il contributo delle nuove generazioni di ricercatrici e ricercatori è cruciale. APECS (Association of Polar Early Career Scientists) è una rete internazionale che riunisce early career scientists attivi nello studio degli ambienti polari, includendo ricerche sull'atmosfera e sul clima.

APECS Italia [1] rappresenta il ramo nazionale dell'associazione ed è caratterizzata da una comunità numerosa (oltre 100 membri), attiva e fortemente interdisciplinare, proveniente dalle principali università e centri di ricerca italiani.

I membri di APECS Italia sono giovani ricercatrici e ricercatori impegnati in prima linea nello studio della caratterizzazione chimica e fisica degli aerosol [2], nell'analisi della presenza di contaminanti organici emergenti in fase aerosol [3] e nello sviluppo e nell'applicazione di metodologie analitiche innovative [4]. Le attività di ricerca includono misure condotte in ambienti alpini e remoti, evidenziando come, anche questi contesti, siano influenzati dai processi di trasporto a lunga distanza degli aerosol [5].

La varietà e la qualità dei contributi scientifici dei membri di APECS Italia testimoniano la vivacità della comunità e la sua capacità di contribuire in modo significativo al progresso delle conoscenze sugli aerosol atmosferici e sul loro impatto in aree remote, spesso attraverso collaborazioni nazionali e internazionali. Oltre alla produzione scientifica, APECS Italia promuove attivamente iniziative di networking, quali il congresso nazionale annuale e workshop tematici, oltre ad attività di formazione e divulgazione, offrendo uno spazio di confronto e crescita per early career scientists operanti nel settore delle scienze polari.

APECS Italia si propone quindi come una piattaforma aperta e inclusiva, invitando ricercatrici e ricercatori presenti al congresso PM2026 a conoscere l'associazione, condividere esperienze e partecipare attivamente alle sue iniziative.

Bibliografia

- [1] <https://www.apecsitaly.it/home-it/>
- [2] Vecchio MA et al. 2024. DOI : 10.1016/j.atmosenv.2024.120850
- [3] Vecchiato M et al. 2024. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122864
- [4] Teruzzi L et al. 2024. DOI: 10.1088/1748-0221/19/04/P04035
- [5] D'amico A et al 2025. DOI: 10.1039/D5EM00131E

La diffusione del polline di *Ambrosia*: risultati di 33 anni di monitoraggio a Parma

Roberto Albertini^{1,2}, Marta Pezzato¹, Maria Eugenia Colucci¹, Paola Affanni¹, Roberta Zoni¹,
Licia Veronesi¹, Cesira Pasquarella¹

¹Dipartimento di Medicina e Chirurgia, University of Parma; ²U.O Medicina interna di Comunità, Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma

* Corresponding author. Tel: +39 0521 702966, E-mail: roberto.albertini@unipr.it

Keywords: *Ambrosia*, Diffusione pollinica, *Ophraella communa*, Salute ambientale, Salute umana.

Introduzione: Il polline di *Ambrosia* è estremamente allergenico e anche pochi granuli in aria possono essere sufficienti per scatenare asma ed altri sintomi respiratori, come rinite e congiuntivite, negli individui sensibilizzati, costituendo un importante problema di salute pubblica in alcune regioni italiane (1). Inoltre, i cambiamenti climatici potrebbero favorire la diffusione dell'*Ambrosia*, e prolungare la stagionalità e quantità di pollini prodotti (2). Dalla metà degli anni '90, anche nel territorio di Parma, si è osservata una crescita significativa della diffusione del polline di *Ambrosia*, e successivamente delle piante, con concomitante aumento degli individui sensibilizzati (3). Nel 2013, con la comparsa in Lombardia di *Ophraella communa* (Oc), un coleottero che si ciba delle foglie di questa pianta, è iniziata una mitigazione naturale della diffusione del polline di *Ambrosia* (4). L'obiettivo del nostro studio è di aggiornare la situazione confrontando i dati su un lungo periodo.

Metodi: Lo studio è stato condotto a Parma, campionando il polline aerodisperso tramite un campionatore tipo Hirst. I dati pollinici dal 1992 al 2024 sono stati analizzati confrontando due periodi (1992-2012 vs 2013-2024), basati sul primo campionamento del polline di *Ambrosia* e Oc, rispettivamente. Abbiamo esaminato l'inizio dell'impollinazione (ST.JD), la fine (EN.JD), la data del picco (PK.JD) come DOY (Day of the Year – giorno dell'anno), la durata (LN.PS), il valore del picco (PK.VAL), l'integrale del polline (SM.PS), la durata del periodo pre-picco (SM.PRPK), l'integrale del polline del periodo pre-picco (SM.PRPK), la durata del periodo post-picco (LN.PSPK), l'integrale del polline del periodo post-picco (SM.PSPK) (5). Inoltre, sono state analizzate le temperature medie stagionali, le precipitazioni e l'umidità relativa annuale (RH). Tendenze e correlazioni sono state valutate mediante regressione lineare e il test U di Mann-Whitney con SPSS-29.

Risultati: I parametri SM.PS ($R^2=0,6355$), SM.PSPK ($R^2=0,5526$) e SM.TT ($R^2=0,6366$), sono aumentati significativamente fino al 2012. L'apparizione di Oc ha ridotto significativamente il polline di *Ambrosia*: SM.PS ($p=0,001$) e SM.PSPK ($p=0,001$) nel periodo successivo. Il contesto climatico è stato caratterizzato, nel suo complesso, dall'aumento significativo della temperatura media annua ($p=0,014$), estiva ($p=0,032$) e autunnale ($p=0,023$), e da una diminuzione dell'RH annuale ($R^2=0,4417$).

Conclusioni: Lo studio conferma la diffusione del polline di *Ambrosia*, seppur con una riduzione delle concentrazioni, probabilmente conseguenza della diffusione di Oc. Pertanto, rimane la necessità di seguire, nella sua evoluzione, la diffusione di *Ambrosia* nella nostra regione, e, seguendo l'esempio virtuoso della Lombardia, predisporre misure per il suo contrasto limitando l'impatto sulla salute pubblica e sulla spesa sanitaria.

Bibliografia

- [1] Gentili et al. 2016. DOI: 10.1080/11263504.2016.1176966
- [2] Lechner et al. 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-15074-6_12
- [3] Albertini et al. 2017. DOI: 10.7416/ai.2017.2182
- [4] Boriani et al. 2013. Inf. Agr., 69(34): 61.
- [5] Rojo et al. 2019. DOI: 10.1111/2041-210X.13203

Optical properties of atmospheric aerosols over Gozo: Comparative analysis of ground-based measurements and satellite data

Julia Salerno¹, Alfred Micallef^{1*}, Adam Gauci¹

¹ Department of Geosciences, Faculty of Science, University of Malta, Msida MSD 2080, Malta

* Corresponding author. Tel: +356 79067382, [E-mail: alfred.micallef@um.edu.mt](mailto:alfred.micallef@um.edu.mt)

Keywords: Aerosol Optical Depth, AOD, AERONET, MODIS-MAIAC, CAMS, Broadband AOD, Saharan Dust, Remote Sensing, Random Forest, LSTM

Introduction and Objective: This study presents an in-depth evaluation of Aerosol Optical Depth (AOD) over the Maltese Islands (Gozo, specifically) by using a combination of data from satellite remote sensing, reanalysis products and ground-based observations. The main objective was to evaluate the accuracy, spectral behaviour and temporal consistency of AOD retrieved from the Aerosol Robotic Network (AERONET), the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction (MODIS-MAIAC), both TERRA and AQUA, and the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), as well as the Broadband Aerosol Optical Depth (BAOD) that was obtained from AERONET and calculated using the Ångström power-law fit, which was also used for further comparison and reference.

Methodology and Results: Satellite-derived and reanalysis AOD exhibited strong seasonal agreement with ground-based sun-photometric observations, i.e., AERONET, although specific differences in magnitude were apparent during high-intensity dust events. CAMS had the highest correlations ($r \approx 0.89$ – 0.90) across all wavelengths that were considered, while a consistent negative bias was observed due to underrepresentation of coarse-mode dust particles, which increased at longer wavelengths. MODIS-MAIAC showed good performance under strict quality-assurance filtering, but it failed to capture the extreme values in AOD, in cases of heavy dust loading. A pronounced seasonal AOD cycle was evident, peaking in spring and summer, in good agreement with documented Saharan dust outbreaks affecting Malta and the wider Mediterranean basin. In order to address the substantial temporal gaps in all datasets, a Random Forest (RF) model and a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network/algorithm were applied. The RF model yielded highly accurate reconstructions for AERONET and BAOD ($r \approx 0.99$), a moderate performance for CAMS, and a lower accuracy for MODIS-MAIAC due to sparsity in the retrieval. The LSTM model captured the general temporal behaviour successfully ($r \approx 0.85$). However, it consistently underestimated the magnitude of extreme AOD events due to sparsity within the training dataset and insufficient representation of high-AOD cases.

Conclusions: Overall, this work presents the first multi-year, multi-sensor AOD evaluation for the Maltese Islands. It shows that the integration of ground-based, satellite, and model data with machine-learning-based gap filling provides a very robust framework for aerosol monitoring over small islands. Results emphasise strengths and weaknesses of current AOD products regarding dust-driven variability and give a base for further improvements of aerosol modelling and prediction in the Central Mediterranean.

NOTE: The associated journal paper is being submitted for peer-review to *Science of the Total Environment*.

Mass absorption cross-section e influenza sulla stima della concentrazione in massa di black carbon in un sito urbano dell'area Mediterranea.

Carmina Sirignano^{1,2,*}, Gianluca Di Iulio^{1,3}, Stefano Listrani⁴, Alessandro Di Giosa⁴, Ferdinando Pasqualini¹, Laura Renzi¹, Stefano Decesari^{1,2}, Angela Marinoni¹, Francesca Costabile^{1,2}

¹Institute of Atmospheric Sciences and Climate (CNR-ISAC), Italy; ²National Biodiversity Future Center (NBFC), Italy; ³Department of Public Health and Infectious Diseases, Sapienza University of Rome, Italy; ⁴Regional Environmental Protection Agency (ARPA), Italy

* Corresponding author. [E-mail: carmina.sirignano@cnr.it](mailto:carmina.sirignano@cnr.it)

Keywords: eBC; MAC; aree urbane; combustibili fossili e da biomassa.

Introduzione. Gli aerosol di black carbon (BC) nelle aree urbane impattano sulla salute umana [1] e sul clima [2] determinando un crescente impegno nel monitoraggio. In un contesto urbano mediterraneo (Roma, Italia), gli obiettivi di questo studio includono:

- i. determinare localmente il parametro mass absorption cross-section (MAC), cioè il fattore di normalizzazione per convertire le misure ottiche di BC in misure di concentrazione in massa, BC equivalente (eBC);
- ii. caratterizzare la variabilità temporale di eBC e il suo contributo alla massa degli aerosol sub-micrometrici;
- iii. ripartire eBC in base alle sorgenti, combustibili fossili (eBC_{ff}) e da biomassa (eBC_{bb});
- iv. analizzare i trend di eBC con e senza correzioni basate su MAC.

Metodi. Per questo studio sono stati analizzati quattro anni (2020-2024) di dati di assorbimento ottico, misurati con un etalometro (modello AE33, Magee Scientific) in un sito urbano di background a Roma. Per migliorare la confrontabilità dei dati di eBC e MAC locale (MAC_{exp}), sono stati adottati protocolli armonizzati ACTRIS e RI-URBANS [3]. Il modello aethalometrico [4] è stato impiegato per la stima di eBC_{ff} ed eBC_{bb}.

Risultati: Le emissioni da traffico rappresentano la sorgente principale, con eBC_{ff} ≈ 70% della massa totale di eBC. La diminuzione di eBC stimata con MAC costante (-10% all'anno, p<0,001) scompare quando si tiene conto della variabilità del MAC, che diminuisce a un tasso eccezionale di -12% all'anno (≈ -1 m² g⁻¹ anno⁻¹). Il rapporto tra eBC^{MAC_{exp}} (corretto) ed eBC non corretto è mediamente prossimo a 1 su base intra-annuale, ma varia da 0,7 in estate a 1,2 in inverno. Le variazioni temporali delle condizioni meteorologiche e dei profili emissivi influenzano sia MAC_{exp}, sia le proprietà degli aerosol di BC. Il rapporto eBC_{ff}/eBC mostra un trend positivo significativo (+0,01 anno⁻¹), coerente con l'aumento del parco veicolare, mentre eBC_{bb}/eBC presenta un trend negativo, associato a un incremento della temperatura di +1,2 °C (+0,3 °C anno⁻¹). La diminuzione osservata di MAC_{exp} è coerente con un trend negativo dell'esponente di assorbimento di Ångström (AAE) (-0,018 anno⁻¹). Conclusioni. I risultati dimostrano che la variabilità del MAC locale può alterare in modo sostanziale i livelli stimati e le tendenze apparenti di eBC. Considerare MAC_{exp} variabile è quindi essenziale per interpretazioni robuste delle dinamiche del BC, per l'armonizzazione delle misure e per il miglioramento dei modelli climatici e di qualità dell'aria, con ricadute operative per strategie efficaci di tutela della salute umana e del pianeta.

Bibliografia

- [1] S. Chowdhury *et al.*, 2022, doi: 10.1016/j.envint.2021.107020.
- [2] S. Szopa *et al.*, 2021, doi: 10.1017/9781009157896.008.
- [3] <https://www.actrisecac.eu/particlelightabsorption.html>; <http://www.RIURBANS.eu>.
- [5] J. Sandradewi *et al.*, 2008, doi: 10.1021/es702253m.

Emissioni e composti secondari del riscaldamento residenziale a biomassa: caratterizzazione fisico-chimica e risposta tossicologica nell'esperimento MIND-BB dentro la camera di simulazione atmosferica EUPHORE

Ettore Petralia^{1*}, Mila Ródenas², Maurizio Gualtieri³, Ilaria D'Elia¹, Laura Caiazzo¹, Teresa M.G. La Torretta¹, Giandomenico Pace¹, Antonio Piersanti¹, Milena Stracquadanio¹, Teresa Vera², Rubén Soler², Esther Borrás², Beatriz Domínguez², Rossella Bengalli³, Sara Marchetti³, Giulia Motta³ and Amalia Muñoz²

¹ ENEA – Dipartimento Sostenibilità, Italia; ² Fondazione CEAM, Spagna;

³ Università degli Studi Milano-Bicocca, Italia

* Corresponding author. Tel: +39 051 6098132, E-mail: ettore.petralia@enea.it

Keywords: *combustione biomassa, PM₁ e PM_{2.5}, caratterizzazione chimica*

La combustione di biomassa (BB) rappresenta una delle principali sorgenti emissive di inquinanti atmosferici, con impatti rilevanti su qualità dell'aria, salute pubblica e clima. Essa costituisce una fonte primaria di particolato atmosferico (PM), *black* e *brown carbon* e di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), oltre a contribuire alla formazione secondaria di ozono attraverso reazioni fotochimiche tra composti organici volatili e ossidi di azoto.

Nonostante il suo ruolo chiave nelle emissioni di PM nel settore del riscaldamento residenziale, la biomassa legnosa rimane un'alternativa strategica, economica e rinnovabile ai combustibili fossili per la riduzione della CO₂ in atmosfera, favorendone una crescente diffusione sia in aree rurali che urbane. Permangono, tuttavia, significative incertezze nei fattori di emissione associati alla BB riguardo al contributo sugli inquinanti e alla stima degli impatti sulla salute. Una comprensione più approfondita su composizione ed effetti del BB richiede pertanto esperimenti integrati che possano combinare caratterizzazione chimica più di dettaglio con valutazioni tossicologiche.

Durante la campagna MIND-BB, le emissioni primarie e la formazione di inquinanti secondari durante l'invecchiamento ossidativo di BB in fase gas e particolata provenienti da dispositivi di riscaldamento domestici alimentati a biomassa legnosa sono state campionate e misurate all'interno della camera di simulazione atmosferica EUPHORE (European Photo Reactor, situata presso il CEAM, Valencia, Spagna), monitorandone le proprietà chimiche e fisiche. La camera EUPHORE, grazie alle sue ampie dimensioni, alla copertura in Teflon® FEP e alla possibilità di operare in condizioni controllate diurne e notturne, consente di simulare condizioni quasi reali. Sono state testate una stufa a pellet certificato e una stufa tradizionale, quest'ultima alimentata con due diverse tipologie di legno: pino e quercia. Per ciascun tipo di combustibile e in diverse condizioni sperimentali (notturna e con luce diurna; fiamma viva, combustione lenta in spegnimento), sono state eseguite misurazioni sulle emissioni primarie e sui composti secondari formati durante l'invecchiamento ossidativo, con relativa caratterizzazione chimica e studio delle proprietà ottiche. Inoltre, per la prima volta in una camera di simulazione atmosferica, è stata eseguita in parallelo l'esposizione diretta di cellule epiteliali polmonari umane (A549, coltivate in interfaccia aria-liquido) alle emissioni primarie e invecchiate per valutarne il rischio tossicologico simulando le condizioni di esposizione umana.

Ringraziamenti:

L'attività ha avuto il supporto finanziario della CE nell'ambito del Programma Quadro Horizon 2020-R&I attraverso l'Attività Integrativa ATMO-ACCESS, dal progetto di Ricerca e Sviluppo ATMOBE, dal progetto "ERDF A way of making Europe", da EVER CIPROM/20200/37. Ringraziamo inoltre Tatiana Gómez e M.Luisa Martinez per il supporto nella attività di laboratorio.

Particolato ultrafine e new particle formation sul territorio italiano: un dataset della collaborazione IAS

Myriam Agro^{1*}, Alessandro Bigi², Cristina Colombi³, Marianna Conte⁴, Daniele Contini⁵, Stefano Decesari⁶, Massimo Del Guasta⁷, Giuseppe Deluca⁵, Adelaide Dinoi⁵, Pierina Ielpo⁵, Angela Marinoni⁶, Martina Mazzini⁶, Lucia Mona⁸, Teresa Laurita⁸, Celestine Oliewo², Marco Paglione⁶, Ferdinando Pasqualini⁶, Matteo Rinaldi⁶, Arianna Trentini⁹, Serena Trippetta⁸, Daniela Cesari⁵, Federico Bianchi¹

¹Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR), Università di Helsinki; ²Dip. Ingegneria, Università di Modena e Reggio Emilia; ³Dip. Qualità dell'Aria, ARPA Lombardia; ⁴Ist. di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Roma; ⁵Ist. di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Lecce; ⁶Ist. di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, ISAC-CNR, Bologna; ⁷Ist. Nazionale di Ottica, CNR-INO, Sesto Fiorentino; ⁸Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, CNR-IMAA, Potenza; ⁹ARPA Emilia Romagna.

*Corresponding author. Tel: +39 3318830570, E-mail: myriam.agro@helsinki.fi

Keywords: Particolato ultrafine, distribuzioni dimensionali, new particle formation

Introduzione: Il particolato ultrafine e il fenomeno della new particle formation rivestono un ruolo di grande importanza per l'impatto che essi hanno sia sul clima che sulla qualità dell'aria. Le particelle appena formate possono, infatti, accrescere le proprie dimensioni e interagire con la radiazione solare sia direttamente che indirettamente attraverso la formazione delle nubi e l'alterazione delle loro proprietà (1). Le particelle ultrafini, inoltre, sono di particolare interesse anche per i loro effetti sulla salute, data la loro particolare efficienza di penetrazione nel sistema cardio-respiratorio (2). In questo lavoro si presentano e confrontano i dataset di distribuzioni dimensionali raccolti sul territorio italiano all'interno della collaborazione IAS a partire dall'anno 2020. Il presente studio è parte delle attività del WG2 della IAS.

Metodi: Lo studio include dataset provenienti da 4 siti di background urbano (Milano, Lecce, Roma e Bologna), un sito di traffico (Milano), un sito aeroportuale (Milano Linate), due di background rurale (San Pietro Capofiume e Potenza), uno montano (Monte Cimone), uno agricolo (Piacenza) e uno caratterizzato dall'influenza di un inceneritore (Valmadrera).



Figura 1: Mappa dei siti inclusi nello studio.

Nei vari siti, diversi strumenti sono stati utilizzati per la misura di distribuzioni dimensionali di particolato ultrafine (neutro e/o carico) tra cui SMPS, DMPS, NAIS, PSM, ELPI, FMPS, twin-SMPS.

Lo studio si focalizza sull'analisi della variabilità spaziale delle concentrazioni di particolato in diversi range dimensionali, sull'identificazione di eventuali trend temporali e sulla caratterizzazione dei processi di nucleazione e accrescimento delle particelle in diverse condizioni ambientali. Le analisi verranno contestualizzate nel territorio considerando anche variabili ausiliarie quali, a titolo esemplificativo, le variabili meteorologiche e le concentrazioni di inquinanti.

Bibliografia

- [1] Gordon et al. 2017. <https://doi.org/10.1002/2017JD026844>
[2] Schraufnagel 2020. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0403-3>
[3]

Fenomenologia delle proprietà ottiche di assorbimento e scattering a Milano

Stefano Rimoldi^{1*}, Marcus Acton-Bond^{1,2}, Vera Bernardoni^{1,2}, Gianluigi Valli^{1,2}, Laura Cadeo^{1,2}, Cristina Colombi³, Rosario Cosenza³, Roberta Vecchi^{1,2}

¹Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano; ²INFN-Milano; ³ARPA Lombardia

* Corresponding author. E-mail: stefano.rimoldi2@studenti.unimi.it

Keywords: proprietà ottiche del particolato atmosferico, scattering, assorbimento

L'aerosol atmosferico ha una grande impatto, oltre che sulla salute umana, anche sul cambiamento climatico [1], a causa della sua interazione con la radiazione solare, che si manifesta in fenomeni di assorbimento e scattering [2]. Mentre è alto l'interesse sull'assorbimento, anche in virtù della nuova normativa europea 2024/2881/CE che impone il monitoraggio del black carbon dal 2030, meno diffuso è invece lo studio dei fenomeni di scattering, soprattutto sul nostro territorio nazionale. In questo lavoro si presenta, quindi, una fenomenologia delle proprietà ottiche di assorbimento e scattering misurate a Milano tra marzo 2023 e luglio 2024. Per le seconde, si tratta del primo dataset raccolto in Pianura Padana, nonché uno dei primi sul panorama nazionale.

Un Aethalometer AE33 (Magee Scientific) collocato nella stazione di monitoraggio "Milano Pascal" di ARPA Lombardia ha permesso di ricavare i coefficienti di assorbimento (σ_{abs}) a sette lunghezze d'onda (tra 370 e 950 nm). Nello stesso sito sono stati misurati i coefficienti di scattering (σ_{sca}) da un nefelometro Aurora 3000 (Ecotech), a tre lunghezze d'onda (450, 525 e 635 nm). Sfruttando l'informazione multispettrale sono stati calcolati l'Absorption Ångström Exponent (AAE) e lo Scattering Ångström Exponent (SAE). Infine, combinando σ_{abs} e σ_{sca} , si è ottenuta la Single Scattering Albedo (SSA).

I valori mediani dei coefficienti di assorbimento e scattering risultano massimi in inverno, come conseguenza di strati rimescolati più bassi e maggiori sorgenti attive (ad esempio, il riscaldamento domestico). Mentre l'andamento medio giornaliero di σ_{abs} è facilmente riconducibile alle principali sorgenti, questo non è così immediato per σ_{sca} . In inverno, valori mediani di AAE più alti (1.60), soprattutto nelle ore notturne, rispetto all'estate (1.30), confermano la presenza di combustione di biomassa [3]. SAE invece risulta minimo in autunno (1.54), suggerendo che le particelle di aerosol abbiano dimensioni maggiori [3], probabilmente a causa di fenomeni di aging e crescita igroscopica, e massimo in primavera (1.85), quando minori concentrazioni di inquinanti e la presenza di radiazione solare permettono la formazione e la permanenza di particelle di piccole dimensioni. La SSA invece non varia significativamente tra le stagioni, sebbene sia molto più marcato in estate il minimo mattutino legato al traffico.

Dai risultati appare evidente come la possibilità di effettuare uno studio fenomenologico delle proprietà ottiche dell'aerosol permetta di ottenere informazioni sulle sue sorgenti e sui processi di formazione/rimozione. Questo suggerisce che combinare dataset di assorbimento e di scattering può essere uno strumento di grande potenziale per scopi di aerosol typing o source apportionment, come mostrato in [4].

Bibliografia

- [1] IPCC, 2023
- [2] C. F. Bohren, D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, 1998, Wiley
- [3] Valentini et al., 2020. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104799>
- [4] Rimoldi et al., 2026. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2026.108776>

Caratterizzazione della formazione di ghiaccio nelle nubi in fase mista da aerosol urbano

Franziska Vogel^{1*}, Matteo Rinaldi¹, Stefano Decesari¹, Angela Marinoni¹

¹ Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC), National Research Council (CNR), Bologna, Italy

* Corresponding author, [E-mail: f.vogel@isac.cnr.it](mailto:f.vogel@isac.cnr.it)

Keywords: Aerosol urbano, nubi in fase mista, particelle nucleanti ghiaccio (INPs)

Introduzione: Nei modelli climatici, il feedback radiativo associato alle nubi in fase mista, contenenti sia goccioline liquide sia cristalli di ghiaccio, è ancora soggetto a notevoli incertezze [1]. Uno dei fattori chiave di questa incertezza è la formazione di cristalli di ghiaccio, innescata da particelle di aerosol chiamate particelle nucleanti ghiaccio (INP), che dipende fortemente dalla temperatura e dalle particelle di aerosol presenti. Mentre polveri desertiche e l'aerosol biogenico primario sono ben noti per la loro buona capacità di formazione del ghiaccio [2], il contributo dell'aerosol urbano è ancora più incerto e gli studi sono limitati a misurazioni dedicate su un periodo di poche settimane o mesi in Asia [3, 4]. In questo lavoro, presentiamo le prime misure continue della concentrazione di INP in un ambiente urbano in Europa, la Pianura Padana, per caratterizzare l'influenza delle emissioni antropogeniche sulla formazione del ghiaccio nelle nuvole in una delle regioni più inquinate d'Europa.

Metodi: La campagna di misure si è svolta a Bologna, presso l'osservatorio atmosferico di ISAC, in un sito caratterizzato come Urban Background, e i risultati riportati coprono il periodo compreso tra dicembre 2025 e aprile 2026. Le concentrazioni di INP sono state misurate con il Portable Ice Nucleation Experiment (PINE) con una risoluzione temporale di 10 minuti e a temperature comprese tra -20 °C e -28 °C. Le misure dei INP sono state accompagnate da misure della concentrazione totale di particelle, della distribuzione dimensionale e della composizione chimica.

Risultati: I primi risultati della serie temporale della concentrazione di INP mostrano valori piuttosto stabili compresi tra 1.3 L⁻¹ a -20 °C e 74 L⁻¹ a -28 °C, indicando un contributo costante dell'aerosol urbano, indipendente dai cicli diurni e notturni dovuti alla fotochimica o alle emissioni. La concentrazione di INP rientra in un intervallo simile a quello delle precedenti misurazioni dell'aerosol derivante dalla combustione di biomasse [5], indicando che questa potrebbe essere una potenziale sorgente di INP a Bologna. Sono attualmente in fase di analisi le relazioni con le variabili meteorologiche e la composizione chimica dell'aerosol.

Conclusioni: In questo primo studio di monitoraggio a lungo termine della concentrazione di INP in un sito urbano in Europa, abbiamo dimostrato che la popolazione di aerosol presente può contribuire sostanziale alla formazione di ghiaccio nelle nubi in fase mista a temperature comprese tra -20 °C e -28 °C. Questi risultati mostrano l'importanza di rappresentare l'effetto delle sorgenti antropiche sulla capacità di formazione del ghiaccio anche nei modelli climatici.

Bibliografia

- [1] Murray et al. 2021. DOI: 10.5194/acp-21-665-2021
- [2] Kanji et al. 2017. DOI: 10.1175/AMSMONOGRAPHS-D-16-0006.1
- [3] Zhao et al. 2019. DOI: 10.1038/s41561-019-0389-4
- [4] Zhang et al. 2022. DOI: 10.5194/acp-22-7539-2022
- [5] McCluskey et al. 2014. DOI: 10.1002/2014JD021980
- [6]

Chimica delle nubi nel Mediterraneo: risultati della campagna CHOPIN al Monte Helmos e confronto con il Monte Cimone

Marco Paglione^{1*}, Carolina Molina^{2,3}, Panos Karkavitsas⁴, Maria Gini⁴, Angelica Bianco⁵, Matteo Rinaldi¹, Marco Rapuano¹, Maurizio Busetto¹, Karam Mansour¹, Angela Marinoni¹, Marco Zanatta¹, Konstantinos Eleftheriadis⁴, Athanasios Nenes^{2,3}, Stefano Decesari¹.

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR, Bologna, Italia.

² Istituto di Ing. Chimica (ICE-HT), FORTH, Patrasso, Grecia.

³ Scuola di Architettura, Ing. Civile e Ambientale, Politec. di Losanna (EPFL), Svizzera ⁴ Institute of Nuclear and Radiological Sciences & Technology, Energy & Safety, N.C.S.R. Demokritos, Atene, Grecia.

⁵ Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP), Université Clermont Auvergne (UCA), Clermont-Ferrand, Francia.

* Corresponding author. Tel: +39 0516399560, email: m.paglione@isac.cnr.it

Keywords: Interazione aerosol-nubi, Chimica delle nubi, Sorgenti aerosol, Siti montani, Mediterraneo

La comprensione dei processi che regolano le interazioni tra aerosol e nubi rappresenta una sfida centrale per la comunità scientifica, in quanto tali interazioni influenzano in modo significativo le proprietà microfisiche delle nubi, la formazione delle precipitazioni e il bilancio radiativo del sistema climatico. In particolare, la conoscenza della composizione chimica delle nubi e del ruolo degli aerosol naturali e antropogenici nei processi di trasformazione in nube rimane ancora parzialmente limitata dalla scarsità di osservazioni, soprattutto in regioni caratterizzate da complessi regimi di trasporto atmosferico, come il bacino del Mediterraneo. In questo contesto, nell'ambito del progetto europeo CleanCloud, si inserisce la campagna di misura CHOPIN (CleanCloud Helmos Orographic site experimeNt), allo scopo di fornire una base osservativa avanzata per lo studio della chimica delle nubi in ambiente montano mediterraneo in supporto alla modellistica regionale e globale. Durante CHOPIN campioni di acqua di nube sono stati raccolti mediante un campionatore dedicato [1] presso il Monte Helmos (Peloponneso settentrionale, Grecia) tra novembre 2024 e giugno 2025, un periodo che copre quasi un intero ciclo stagionale.

In questo contributo presentiamo le misure di composizione chimica delle nubi raccolte e il confronto con osservazioni analoghe effettuate al Monte Cimone, sito di alta quota nel Mediterraneo centro- settentrionale nell'autunno 2024. La composizione ionica principale è stata determinata mediante cromatografia ionica, consentendo la quantificazione delle specie inorganiche maggiori e la valutazione dei contributi marini, continentali/antropici e di origine desertica. Il contenuto di carbonio organico solubile in acqua (WSOC) è stato misurato tramite analizzatore TOC, fornendo informazioni sul carico organico complessivo e sulla sua variabilità stagionale e sinottica. La composizione dettagliata della frazione organica è stata ulteriormente approfondita mediante spettroscopia H-NMR, che ha permesso l'identificazione di traccianti molecolari e la descrizione dei principali gruppi funzionali, offrendo indicazioni sulle sorgenti degli aerosol organici e sui processi di ossidazione e di trasformazione che essi subiscono in nube.

Il confronto tra Helmos e Cimone evidenzia similitudini e differenze nella composizione chimica delle nubi lungo il gradiente mediterraneo, permettendo di distinguere l'influenza del trasporto a lunga distanza da quella delle sorgenti regionali. I risultati contribuiscono a migliorare la comprensione dei processi chimici in nube e del ruolo della composizione aerosolica nel Mediterraneo, fornendo nuovi elementi utili per l'interpretazione delle interazioni aerosol-nubi in un contesto climatico in evoluzione.

Bibliografia

- [1] Fuzzi et al., 1997: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02404768>

Impianto di trattamento e smaltimento dei rifiuti: valutazione dell'impatto delle emissioni e della qualità dell'aria

Celeste Napolitano^a; Matteo Fanelli^{a,b}, Lorenzo Massi^a, Behixhe Ajdini^a, Cristina Truzzi^a, Anna Annibaldi^a, Silvia Illuminati^a, Andrea Zambrini^c

^a Department of Life and Environmental Sciences (DISVA), Università Politecnica delle Marche, 60131 Ancona, Italy ^b Istituto per le Risorse Biologiche e le Biotecnologie Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRBIM), 60131 Ancona, Italy

^c Presidente di Ascoli Servizi Comunali S.r.l., 63100 Ascoli Piceno, Italy

Keywords: Emissioni odorigene, NH₃, H₂S, percezione olfattiva, discarica

Introduzione: Gli impianti di gestione dei rifiuti solidi urbani (RSU) possono essere fonte di un impatto ambientale negativo, in quanto emettono biogas, composti organici volatili (COV) e altre sostanze odorose [2]. Gli odori, o cattivi odori, si riferiscono a percezioni olfattive sgradevoli derivanti dalla presenza di miscele di sostanze odorose. Questi stimoli sono percepiti dagli esseri umani attraverso due canali: uno fisiologico, legato alla stimolazione dei recettori presenti nel naso, e uno psicologico, influenzato dalle esperienze personali e dai ricordi [1,3]. Poiché l'odore non può essere misurato fisicamente, la sua valutazione è piuttosto complessa [4]. L'obiettivo del presente studio è quello di acquisire una base scientifica a sostegno dello sviluppo di norme tecniche sulla misurazione degli odori e sui valori limite per le sostanze odorose provenienti dalle discariche. La sfida è difficile e complessa, poiché la definizione dei limiti normativi di emissione è un problema non facile da risolvere a causa della soggettività della percezione olfattiva e del metodo di determinazione degli odori nell'ambiente [1,3]. Uno dei compiti principali è quello di disporre di una quantità di dati utili per comprendere i fenomeni che determinano l'insorgenza degli odori provenienti dai vari tipi di fonti chimiche nell'area specifica dell'impianto e, infine, acquisire conoscenze sulle misure di prevenzione da adottare per ridurre gli impatti ambientali [2,4].

Materiali e Metodi: A partire dal giugno 2024, sono state installate due stazioni fisse per misurare le concentrazioni e l'evoluzione stagionale di NH₃ e H₂S in due punti di campionamento della discarica: il sito PA1 a monte della discarica e il sito PA2 a valle della discarica.

Analisi dati: I risultati preliminari evidenziano concentrazioni di contaminanti sono più elevate in PA2 rispetto a PA1 (Fig. 1), con valori medi di $1.9 \pm 1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per NH₃ e $0.80 \pm 0.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per H₂S. Nel sito PA1, entrambi i contaminanti mostrano un aumento delle concentrazioni durante il periodo estivo, probabilmente attribuibile a pratiche legate a una maggiore attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti in discarica. Nel sito PA2, nonostante una marcata variabilità mensile, entrambi i contaminanti hanno evidenziato un andamento pressoché costante durante l'anno. Per valutare l'impatto delle sostanze odorose è stato calcolato l'indice di odore (OI) di NH₃ e H₂S. L'OI valuta la forza o l'intensità di un odore in un dato campione e indica quanto un odore sia percepibile dall'uomo. L'OI in PA1 è pari a 0.43 ± 0.2 , indicando un odore più debole/moderato rispetto a quello in PA2, che è pari a 0.68 ± 0.1 , riflettendo un odore leggermente più intenso.

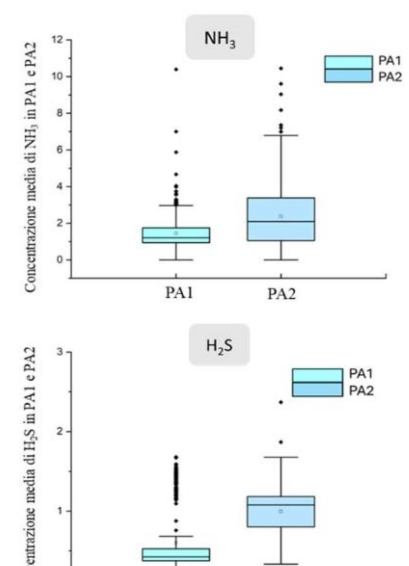


Fig. 1. Box plot delle concentrazioni di NH₃ e H₂S durante il periodo di campionamento

Bibliografia

- [1] Dravnieks, A. <https://doi.org/10.1080/00022470.1980.10465182>.
- [2] Hayes, J.E. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.003>
- [3] Schiffman, S.S. https://doi.org/10.1300/J096v07n01_02
- [4] Shusterman, D. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.339>

Nuovi combustibili e nuove tecnologie per il greening del trasporto navale: tra decarbonizzazione e riduzione delle emissioni

F. Di Natale*, A. Parisi, L. P. Di Bonito, M. Zabatta, D. Flagiello

*Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale Università di Napoli
Federico II – P.le Tecchio 80, 80125, Napoli, Italia*

* *Corresponding author. Tel: +39 081 7682246, [E-mail: francesco.dinatale@unina.it](mailto:francesco.dinatale@unina.it)*

Keywords: *Navigazione Marittima Sostenibile, Motori Marini Dual-Fuel, Combustibili Green, Sistemi di trattamento gas*

Introduzione: Le recenti politiche globali sul cambiamento climatico stanno accelerando la transizione energetica del settore dei trasporti verso combustibili a basse emissioni di carbonio e l'elettrificazione. In questo contesto si collocano i nuovi motori marini alimentati con bio- ed e-fuels, in configurazioni dual-fuel con idrogeno, ammoniaca e metanolo, nonché con sostituzione parziale o totale dei combustibili fossili mediante appunto biocarburanti diesel di nuova generazione come Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) e Fatty Acid Methyl Ester (FAME). Tali soluzioni consentono di ridurre l'impronta climatica delle navi e le emissioni inquinanti. Tuttavia, prendendo a riferimento i limiti normativi europei per motori heavy-duty destinati alla navigazione interna (Regolamento UE 2016/1628), evidenze sperimentali e studi modellistici indicano che le emissioni di particolato risultano ancora elevate. L'impiego di nuovi combustibili, integrato con sistemi dedicati di controllo del particolato, può tuttavia consentire il rispetto di tali requisiti.

Metodi: Sulla base di una review della letteratura tecnico-scientifica, sono stati analizzati i fattori di emissione e le distribuzioni dimensionali del particolato emesso da motori alimentati con nuovi combustibili. Assunta una portata di gas esausti di riferimento, sono stati progettati tre sistemi di trattamento: filtri antiparticolato (DPF), precipitatori elettrostatici a umido (WESP) e scrubber elettrostatici a umido (WES). Le tecnologie sono state confrontate in termini di efficienza di rimozione, consumi energetici e perdite di carico.

Risultati: I combustibili analizzati mostrano una riduzione significativa delle emissioni di PM rispetto agli IFO, a fronte di diminuzioni più contenute del numero di particelle (PN). Prestazioni meno favorevoli si osservano per miscele contenenti FAME. I dati relativi alle emissioni di black carbon (BC) risultano limitati e mancano informazioni sul potenziale ossidativo del particolato; inoltre, sono assenti dati sperimentali specifici per ammoniaca e HVO in motori navali. Nei casi adeguatamente caratterizzati, i sistemi di trattamento raggiungono efficienze superiori al 90% e fino al 99%, risultando adeguati per in motori dual-fuel alimentati con e-fuels, ma non per blend contenenti FAME e, potenzialmente, per quelli a base di HVO. **Conclusioni:** Questo studio – sviluppato nell'ambito dell'attività di ricerca “CN-MOST – Spoke 3 (Waterways)”, finanziata dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) del Ministero dell'Università e della Ricerca (MIUR) italiano e dal programma NextGenerationEU – mostra che l'impiego di bio- ed e-fuels nei nuovi motori marini può contribuire alla riduzione delle emissioni di GHG e, in diversa misura, degli inquinanti atmosferici. L'integrazione di tecnologie di controllo del particolato consente una riduzione delle emissioni di almeno un ordine di grandezza, ampliando il novero dei sistemi di propulsione in grado di soddisfare i requisiti normativi (UE 2016/1628) validi per la navigazione interna in termini di massa e numero di particelle emesse. Inoltre, sistemi quali WES e WESP offrono il potenziale di ridurre simultaneamente anche inquinanti gassosi come SO₂ e NO_x, contribuendo a un controllo più integrato delle emissioni allo scarico.

Una metodologia per identificare le microplastiche nei filtri di PM₁₀ campionati presso la stazione WMO/GAW Lamezia Terme: primi risultati

Claudia Roberta Calidonna^{1,*}, Ivano Ammoscato¹, Alessandro Paone², Francesco D'Amico¹, Teresa Lo Feudo¹, Mariafrancesca De Pino¹, Daniel Gullì¹, Teresa Poerio³, Alberto Figoli³

¹ CNR-ISAC Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Lamezia Terme (CZ) ² UNIVERSITA' Milano Bicocca Dipartimento di Biotecnologia e Bioscienze, Milano (MI) ³ CNR-ITM Istituto per la Tecnologia delle Membrane, Rende (CS)

Corresponding author. Tel: +39 3397573905 E-mail: claudiaroberta.calidonna@cnr.it

Keywords: PM₁₀, dust sahariano, microplastiche, bacino del Mediterraneo.

Introduzione: Le microplastiche rappresentano uno degli inquinanti emergenti e pervasivi presenti nelle matrici ambientali, il cui impatto ed effetti stanno dimostrandosi estremamente nocivi e dalle implicazioni tuttora da studiare per la salute planetaria. Ad oggi, in letteratura, sono pochi gli studi che indagano le microplastiche in ambienti outdoor, e non sono stati messi a punto metodi integrati per valutarne la presenza. Sin dal 2023, presso il sito WMO/GAW di Lamezia Terme (LMT) in Calabria, sono attive le misure di PM₁₀ che hanno permesso di campionare aerosol sotto diverse condizioni meteorologiche ed eventi di trasporto a breve, medio e lungo raggio. Sono stati poi selezionati i filtri sulle ipotesi di maggiore probabilità di successo, considerando alte concentrazioni di aerosol campionato. Il lavoro svolto qui rappresenta i primi risultati ed evidenze della presenza di microplastiche in atmosfera con la messa a punto di una metodologia incrementale ed integrata di indagine, fino alla distruzione del campione quale prova inconfutabile della loro presenza.

Metodi: il PM è stato campionato con lo SWAM 5a dual channel monitor, su filtri in quarzo di 47 mm, giornalmente nei periodi di primavera, estate ed autunno. È stata utilizzata strumentazione per la profilazione del vento per capire la provenienza del trasporto. Sono state isolate le casistiche di trasporto di polvere sahariana, e in relazione ai valori prossimi ai massimi della concentrazione del particolato su filtro e per il quale ne sono stati scelti alcuni. I filtri sono stati sottoposti ad osservazione al microscopio ottico, per identificazione di frammenti polimerici, e successivamente a una quartatura (per permettere la ripetizione dell'analisi distruttiva) con tecnica di spettroscopia IR e gas-massa.

Risultati: Le analisi al microscopio ottico hanno permesso l'individuazione di frammenti traslucidi non identificabili né con particelle di sabbia, spray marino, o altri elementi cristallini, né elementi biologici tipo polline. Sono state identificate particelle traslucide, non metalliche irregolari. Analisi fatte all'IR hanno dimostrato una potenziale presenza di microplastiche (polimeri, policarbonati) ed in particolare dello stirene. Le ipotesi sono state confermate dall'analisi gascromatografica.

Conclusioni: L'ipotesi iniziale di cercare la potenziale presenza di microplastiche, nei filtri in cui si sono depositate le concentrazioni maggiori di aerosol, in concomitanza con episodi severi di dust e il trasporto a lungo raggio, è risultata effettiva ed ha permesso l'individuazione della loro presenza. Il metodo messo a punto di selezione di eventi, analisi visiva, analisi chimica non distruttiva, attraverso analisi IR e successiva gascromatografia si dimostra promettente ai fini del ritrovamento e della concentrazione delle microplastiche nei filtri. Ulteriori analisi su un numero maggiore di filtri permetteranno di dimostrare l'efficacia. Non ultimo, in lunghe serie temporali capire sin da quando questo fenomeno si è manifestato e, soprattutto, estendere geograficamente lo studio per capire la dimensione della diffusione.

Bibliografia

- [1] Calidonna, C.R., et al.: 2020. DOI: 10.3390/atmos11050456
- [2] Paone F. et al. . EMCEI 2025 – ID 565 [T5-OS3-ETS1]
- [3]

L'analisi delle microplastiche sul particolato atmosferico: sperimentazione di una procedura in Arpae Emilia-Romagna

Fabiana Scotto^{1*}, Ilaria Santina Laezza², Veronica Menna³, Dimitri Bacco¹, Arianna Trentini¹

¹ CTR Qualità dell'aria, Arpae Emilia-Romagna; ² Unità analitica Chimica ambientale RE-BO, Arpae Emilia-Romagna; ³ CTR Sistemi Idrici, Arpae Emilia-Romagna

* Corresponding author. Tel: +39 331 4009436, E-mail: fscotto@arpae.it

Keywords: Microplastiche, PM1, PM10, metodiche analitiche

Introduzione: Lo studio delle microplastiche (MP) in atmosfera ha subito un importante avanzamento negli ultimi anni (1, 2), ma gli studi sono condotti in modo isolato, e le differenze nel metodo di raccolta della polvere analizzata, nel metodo di analisi e perfino nella definizione stessa di microplastiche, rendono molto difficile la comparabilità dei risultati. Sebbene la nuova normativa sulla qualità dell'aria ponga l'attenzione sugli inquinanti emergenti, un riferimento esplicito alle microplastiche attualmente non c'è ed una delle maggiori difficoltà è probabilmente legata alla mancanza di un metodo di quantificazione standardizzato per la qualità dell'aria.

Metodi: Arpae Emilia-Romagna vuole verificare la fattibilità di una procedura per la rilevazione delle MP nella matrice aria, avvalendosi degli strumenti e delle competenze acquisiti nella caratterizzazione delle MP nelle acque potabili - mediante analisi con spettroscopia μ -Raman (ISO 16094-2:2025), in accordo alla Decisione (UE) 2024/1441 del 11/03/2024 che integra la direttiva (UE) 2020/2184 - e superficiali, utilizzando dei filtri di particolato (PM10 e PM1) resi disponibili con il campionamento della qualità dell'aria tramite gli strumenti comunemente in uso.

La proposta di protocollo di sperimentazione prevede che filtri di PM1 e di PM10, campionati presso la stazione del supersito di Bologna, vengano analizzati preferibilmente con microscopio confocale Raman oppure mediante analisi ottica e successiva identificazione chimica delle MP.

Il campionamento è pianificato per evitare, per quanto possibile, le contaminazioni legate sia agli strumenti utilizzati, sia agli aspetti legati alla manipolazione. Per questo motivo è necessaria un'analisi preliminare sui bianchi finalizzata a valutare la tipologia dei filtri che possono essere utilizzati nonché eventuali trattamenti preliminari. Scopo di questo progetto pilota è quindi verificare la fattibilità della procedura così descritta, sfruttando il campionamento del particolato - che viene giornalmente misurato dalle agenzie ambientali italiane - per la raccolta delle MP.

Conclusioni: Testare una procedura, per la determinazione di questo inquinante emergente, già implementabile con gli strumenti attualmente disponibili in alcune agenzie italiane, permetterebbe di proporre una possibile metodologia in una futura definizione dei metodi standardizzati.

Bibliografia

[1] O'Brien S et al. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162193>

[2] Zhang et al. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>

Degradazione del 2-Idrossibenzotiazolo: il ruolo del Black Carbon

Giovanna Mazzi^{1*}, Elena Gregoris^{2,1}, Elena Barbaro^{2,1}, Matteo Feltracco¹, Elisa Scalabrin^{2,1}, Ana Kroflic³,
Andrea Gambaro^{1,2}

¹ Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia; ² Istituto di Scienze Polari, Centro Nazionale delle Ricerche, ³ Kemijski Inštitut, Ljubljana

* Corresponding author. Tel: +39 347 8616730, Email: giovanna.mazzi@unive.it

Keywords: degradazione, black carbon, contaminanti emergenti

Introduzione: I composti chimici, una volta entrati in ambiente, sono esposti a reazioni di degradazione chimica, biologica e fotochimica, che possono alterarne la struttura, portando alla formazione di sottoprodotti (1). In particolare, la fotodegradazione può avvenire per via diretta, ovvero solo per interazione luce-inquinante, o per via indiretta. In questa seconda modalità, uno o più composti, detti fotosensibilizzatori (come i nitriti o i nitrati) interagiscono con la luce, formando sottoprodotti che a loro volta possono reagire con gli inquinanti. Il Black Carbon (BC) ricade nella categoria dei fotosensibilizzatori, tuttavia i suoi effetti sono poco esplorati e poco definiti (2). Il presente studio ha voluto studiare l'effetto di questo inquinante su un additivo plastico legato agli pneumatici e alle particelle da loro prodotte a seguito dell'attrito con l'asfalto stradale, che rappresentano una grande e diffusa sorgente di inquinamento.

Metodi: Una soluzione acquosa dell'additivo plastico 2-Idrossibenzotiazolo (BTH-OH) è stata sottoposta a reazioni di fotodegradazione, con luce solare simulata, diretta e indiretta per otto ore, in diverse condizioni di temperatura (20, 30, 35 °C), Ph (2, 4, 7), e fotosensibilizzatori (nitrito NO₂⁻, H₂O₂, particelle di SiO₂, BC, Oxidized-BC). Ogni reazione in luce solare simulata è stata duplicata in condizioni di buio. Sono state prelevate delle aliquote delle miscele di reazione ogni 30-120 minuti, e le analisi sono state effettuate con HPLC-DAD per la determinazione delle cinetiche e HPLC- Orbitrap per l'identificazione dei sottoprodotti.

Risultati: Nelle otto ore di irraggiamento con luce solare simulata, il composto è risultato essere stabile alla fotolisi diretta, sia a diverse temperature che a diversi Ph, dimostrando il medesimo comportamento delle reazioni condotte al buio. Simili risultati sono stati ottenuti con l'aggiunta delle particelle inerti di SiO₂, impiegate per simulare un'eterofase (come quella del particolato atmosferico). Al contrario, le reazioni con il BC come fotosensibilizzatore hanno mostrato un notevole effetto sulla degradazione del composto, portando ad una degradazione del 60% nell'arco delle otto ore. Concentrazioni diverse di BC hanno portato a diversi gradi di degradazione. Inoltre, anche i test condotti con il BC ossidato (O-BC) hanno mostrato un ruolo attivo da parte del materiale carbonioso. Sono stati infine investigati i sottoprodotti.

Conclusioni: Questo studio si unisce ai pochi che mostrano come il BC e l'O-BC siano attivamente coinvolti nei processi di degradazione degli inquinanti. Nonostante sia una simulazione delle condizioni reali, è un primo passo verso la comprensione dell'impatto del BC.

Bibliografia

- [1] Manzetti et al. 2014. DOI : <https://doi.org/10.1021/tx500014w>
- [2] Zhou et al. 2025. DOI : 10.1016/j.watres.2024.122685

Determinazione dei livelli di PFASs nella frazione PM10 in aria ambiente nell'ambito del Progetto inSINergia in Toscana

¹Marina Rosato*, ¹Bianca Patrizia Andreini, ¹Bini Elisa, ¹Chiara Collaveri, ¹Fiammetta Dini, ¹Stefano Fortunato, ²Agostini Andrea, ²Cristiano Baiocchi, ²Michele Mazzetti, ²Pierro Lucia, ²Roberto Signorini

¹ARPAT Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA)

²ARPAT Laboratorio AVL

* Corresponding author. Tel: +39 05532061, E-mail: m.rosato@arpat.toscana.it

Keywords: PFASs, PM10, inSINergia

Per la prima volta in Toscana è stata avviata un'attività a carattere sperimentale finalizzata alla valutazione dei livelli dei PFASs nella frazione di PM10 di aria ambiente campionata nei dintorni di due Siti di Interesse Nazionale per la bonifica nella provincia di Livorno, nell'ambito del Progetto inSINergia, iniziativa strategica nazionale finanziata dal Piano Nazionale per gli Investimenti Complementari (PNC). Il progetto si propone di valutare, per i SIN selezionati, l'esposizione della popolazione ad inquinanti ambientali (organici persistenti, metalli e PFASs) presenti in varie matrici, tra le quali l'aria ambiente, con un focus specifico sulla salute umana per la creazione di un modello integrato Salute-Ambiente- Clima. Per la Toscana i due SIN selezionati sono stati storicamente oggetto di numerose attività industriali pesanti che hanno comportato il rilascio nell'ambiente di sostanze inquinanti, con elevato rischio sanitario e biologico. A quelli già monitorati in passato in aria (come IPA, Metalli pesanti sul PM10) si aggiungono quelli emergenti come i PFASs. Il monitoraggio dei PFASs nei due SIN toscani è stato realizzato con campagne stagionali di almeno 21 giorni consecutivi a partire dalla stagione estiva 2025 e si concluderà nella primavera 2026, per un totale di almeno 80 giorni per sito. La frazione PM10 in aria ambiente è stata raccolta su filtri di quarzo con campionatori sequenziali a basso volume secondo il metodo UNI EN 12341 [3], collocati presso le due centraline di monitoraggio delle qualità dell'aria LI-Stagno (Collesalveti) e LI-Cotone (Piombino). L'intervallo dei livelli di PM10 rilevati nei due siti SIN nei periodi di campionamento estate-autunno 2025 è stato rispettivamente 6-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per LI-Stagno e 6-24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per LI-Cotone. Nel presente lavoro verranno illustrati i risultati preliminari relativi ai PFASs riscontrati, effettuando una loro disamina rispetto ai dati di letteratura ed ai livelli degli altri inquinanti monitorati. Il metodo analitico, applicato a campioni compositi settimanali dei filtri PM10, prevede l'estrazione dei PFAS mediante solvente metanolico assistita da ultrasuoni, erogati tramite sonda a immersione. L'estratto viene successivamente purificato mediante SPE su colonna a carbone grafitato (GCB) e filtrato a 0,2 μm . La determinazione e la quantificazione degli analiti sono effettuate tramite diluizione isotopica con standard isotopicamente marcati al ^{13}C (ILS ^{13}C), utilizzando la cromatografia liquida ad alta prestazione accoppiata a spettrometria di massa ad alta risoluzione (HPLC-HRMS) con tecnologia Orbitrap e ionizzazione elettrospray (ESI) negativa. I risultati evidenziano recuperi degli analiti isotopicamente arricchiti in linea con i criteri di qualità per le concentrazioni considerate, indicando una buona performance del metodo applicato, caratterizzato inoltre da semplicità e rapidità di esecuzione.

Bibliografia

- [1] S. Moretti et al.: Separations 2024, 11(2), 42
- [2] M. Scrivanti et al.: Atti convegno PM2024 Torino
- [3] R. Zangrando et al.: Atti convegno PM2024 Torino

Approccio integrato di source apportionment fisico e machine learning (XGBoost/SHAP) su serie oraria multiannuale di PM10: dalla comprensione dei fattori ambientali di influenza al supporto per politiche di risanamento

Henri Diémoz^{*1}, Annachiara Bellini¹, Claudia Desandrè¹, Devis Panont¹, Tiziana Magri¹, Francesca Barnaba²

¹ARPA Valle d'Aosta; ²CNR-ISAC

* Corresponding author. Tel: +39(0)165278576, E-mail: h.diemoz@arpa.vda.it

Keywords: *PM₁₀ source apportionment, XGBoost, SHAP, fattori ambientali, modello predittivo*

ARPA Valle d'Aosta ha recentemente sviluppato un algoritmo originale di *source apportionment* del PM₁₀ basato esclusivamente su misure fisiche del particolato, automatiche e ad alta risoluzione temporale. L'algoritmo, denominato RASPBERRY (Real-time Aerosol Source apportionment using Physics-Based Experimental data and multivariate factor analysis), fa uso della distribuzione dimensionale volumetrica (da OPC) e dell'assorbimento ottico multispettrale (etalometro) delle particelle. Applicato alla città di Aosta, nel fondovalle alpino, utilizzando circa 50.000 osservazioni orarie simultanee delle diverse variabili (periodo 2020-2025), esso ha permesso di identificare e risolvere sei principali sorgenti emmissive di PM₁₀: traffico, combustione di biomassa, aerosol secondario nei modi di condensazione e *droplet*, particolato desertico e risollevario locale grossolano. Rispetto ai metodi tradizionali di *source apportionment* basati sulla composizione chimica, RASPBERRY beneficia dell'elevata risoluzione temporale, che consente di catturare a scala sub-giornaliera l'influenza combinata delle condizioni chemodinamiche ed emmissive.

Le potenzialità delle serie temporali, disaggregate per sorgente, così ottenute vengono qui esplorate tramite un algoritmo di *machine learning*. Lo scopo è di utilizzare l'*output* di RASPBERRY per prevedere le concentrazioni di PM₁₀ (in $\mu\text{g m}^{-3}$) attribuibili a ciascuno dei sei fattori a partire da variabili temporali – utilizzate come *proxy* delle emissioni – e parametri atmosferici e ambientali. Più specificamente, gli obiettivi dello studio sono: (i) verificare la coerenza e l'interpretazione dei fattori derivanti dal *source apportionment* fisico; (ii) analizzare, per ciascuna tipologia di aerosol, le relazioni tra concentrazioni e parametri meteo-emissivi, al fine di identificare le condizioni atmosferiche che favoriscono accumulo, formazione e trasformazione del particolato nel fondovalle alpino; (iii) distinguere il ruolo relativo delle emissioni e delle condizioni ambientali sulle concentrazioni misurate, a supporto di politiche di mitigazione più mirate ed efficaci.

A tale scopo, alla serie pluriennale derivata dal *source apportionment* fisico è applicato l'*Extreme Gradient Boosting (XGBoost)*, algoritmo tra i più utilizzati e performanti per dati tabellari, capace di gestire relazioni non lineari e collinearità dei predittori nonché la presenza di *feature* eterogenee e sparse, e di controllare le interazioni tra variabili. L'interpretazione del modello è supportata dall'uso dei valori di Shapley additivi (SHAP), derivati dalla teoria dei giochi cooperativi, che quantificano il contributo di ciascuna variabile alle previsioni del modello.

Come input, oltre alle variabili meteorologiche misurate al suolo, vengono esplorati i benefici dell'inclusione di informazioni sul profilo verticale, ottenute anche tramite telerilevamento, utilizzate come *proxy* della stabilità e capacità dispersiva atmosferica. Sono, inoltre, impiegati: (i) una classificazione delle retrotraiettorie; (ii) misure del numero di veicoli durante specifiche campagne; (iii) dati sul funzionamento di una acciaieria prossima al centro città. Infine, vengono discusse le differenze tra questo approccio, che attribuisce *a posteriori* l'influenza della chemodinamica sulle diverse tipologie di particolato identificate, e metodi *a priori* proposti in letteratura, quali la normalizzazione per la dispersione a monte del *source apportionment*.

Valutazione comparativa della performance di modelli data driven per la stima dell'esposizione a inquinanti atmosferici in Italia

Maria Antonietta Reatini¹, Federica Nobile², Massimo Stafoggia², Michele Stortini³, Roberta Amorati³, Giorgio Veratti⁴, Giorgio Cattani¹, Raffaele Morelli*¹ per il gruppo di lavoro del progetto ATLAS

¹ *Dip. per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale - ISPRA*, ² *Dip. Epidemiologia SSR Lazio ASL Roma1*, ³ *Arpa Emilia-Romagna*, ⁴ *CNR-ISAC*

* *Corresponding author. Tel: +39 339 7860 730, E-mail: raffaele.morelli@isprambiente.it*

Keywords: stima dell'esposizione, INLA-SPDE, modelli statistici, modelli data driven

Introduzione: le stime di esposizione spaziotemporale ad alta risoluzione rappresentano un elemento fondamentale per gli studi sugli effetti sulla salute [1,2]. L'obiettivo di questo studio, è stato condurre una valutazione comparativa di modelli spaziotemporali in grado di prevedere le concentrazioni giornaliere di biossido di azoto (NO₂) e di particolato atmosferico (PM_{2.5} e PM₁₀) sull'intero territorio italiano.

Metodi: sono stati confrontati modelli gerarchici bayesiani che integrano campi gaussiani latenti implementati tramite gli approcci Integrated Nested Laplace Approximation (INLA) e Stochastic Partial Differential Equation (SPDE), con modelli Random Forest (RF) basati su variabili di uso del suolo. Successivamente, è stato sviluppato un modello additivo generalizzato per combinare le previsioni dei modelli INLA e RF in un modello ensemble specifico per ciascun inquinante. La risoluzione spaziale delle stime è di 1 × 1 km² e quella temporale è giornaliera; le stime sono riferite all'anno 2022.

Risultati: l'approccio INLA-SPDE ha mostrato prestazioni solide e comparabili a quelle dei modelli RF nella previsione delle concentrazioni di PM_{2.5}, PM₁₀ e NO₂. Le pendenze delle rette di regressione tra osservazioni e predizioni si avvicinavano all'unità, con valori pari a 0.99 e 1.02 per PM₁₀ (INLA e RF, rispettivamente), 1.01 e 1.03 per PM_{2.5}, e 0.87 e 1.02 per NO₂. I valori di Root Mean Square Prediction Error (RMSPE) erano pari a 7.16 e 7.56 per PM₁₀ (INLA e RF, rispettivamente) e 5.09 e 5.16 per PM_{2.5}. I coefficienti di correlazione variavano tra 0.86 e 0.87 per PM₁₀, tra 0.87 e 0.89 per PM_{2.5} e tra 0.77 e 0.78 per NO₂. L'analisi complessiva degli indici relativi al particolato ha mostrato una lieve superiorità del modello INLA rispetto al modello RF, in particolare in termini di mean bias (MB); tuttavia, il modello RF è risultato il più performante per NO₂. Si segnala inoltre che, sebbene il modello INLA sia più parsimonioso nel numero di variabili esplicative, il modello RF presenta minori richieste di risorse e carico computazionale. Le predizioni dei modelli ensemble hanno mostrato un miglioramento moderato rispetto ai singoli modelli RF e INLA, con incrementi delle prestazioni secondo tutte le metriche e per tutti gli inquinanti.

Conclusioni: I progressi ottenuti mediante l'approccio ensemble consentono di migliorare l'affidabilità delle stime di esposizione, in particolare per NO₂, riducendo così il rischio di misclassificazione dell'esposizione negli studi epidemiologici.

Progetto realizzato con il supporto tecnico e finanziato dal Ministero della Salute-PNC PREV-A-2022-12376981 Aria outdoor e salute: un atlante integrato a supporto delle decisioni e della ricerca.

Bibliografia

- [1] Stafoggia et al. 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2019.01.016
- [2] Fioravanti et al. 2021. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.118192

Caratterizzazione a lungo termine (2016–2023) dell'eBC mediante il metodo di prossimità O₃/NO_x, presso la stazione WMO/GAW di Lamezia Terme

Francesco D'Amico¹, Teresa Lo Feudo^{1,*}, Ivano Ammoscato¹, Mariafrancesca De Pino¹, Daniel Gulli¹, and Claudia Calidonna¹

¹ CNR-ISAC Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Lamezia Terme (CZ)

* Corresponding author. Tel: +39 328 4434875 E-mail: teresa.lofeudo@cnr.it

Keywords: Black Carbon, Indicatori di prossimità, fattore di progressione di prossimità (PPF), bacino del Mediterraneo.

Introduzione: Il black carbon equivalente (eBC) rappresenta uno dei principali indicatori delle emissioni da combustione, con effetti rilevanti sulla salute e sul clima. Il suo tempo di vita in atmosfera è di pochi giorni, rendendone particolarmente sensibile la variabilità spaziale e temporale. Presso il sito WMO/GAW di Lamezia Terme (LMT), in Calabria, la metodologia basata sul rapporto O₃/NO_x, metodo di prossimità (ONRPI, Ozone to Nitrogen Oxides Ratio Proximity Indicator), già applicata con successo a CO, CO₂, CH₄ ed SO₂, non era mai stata utilizzata per caratterizzare gli aerosol carboniosi. Questo studio analizza otto anni di misure continue di eBC (2016–2023) per valutare la capacità della metodologia di distinguere le masse d'aria locali, prossimali e remote e identificare le principali sorgenti emissive che influenzano il sito.

Metodi: L'eBC è stato misurato mediante il MAAP Thermo Scientific 5012 ($\lambda = 637$ nm), con integrazione dei dati al minuto e aggregazione oraria. Le categorie di prossimità (URB, N-URB, LOC, N-SRC, R-SRC, BKG) sono state definite dal rapporto O₃/NO_x, includendo anche versioni corrette ("cor" ed "ecor") per tener conto di sovrastime strumentali del NO₂ e dei picchi fotochimici delle stagioni calde boreali. I dataset sono stati integrati con dati meteorologici, con una copertura complessiva del 79,6%. L'analisi ha incluso cicli giornalieri e stagionali, statistiche non parametriche (Kruskal-Wallis e Wilcoxon) e il calcolo del Proximity Progression Factor (PPF), indicatore sintetico della variazione da LOC a BKG.

Risultati: L'eBC mostra una chiara decrescita dalle masse d'aria locali verso quelle di fondo atmosferico (LOC: 0,879 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; BKG: 0,264 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), con il PPF più elevato fra tutti i parametri analizzati (0,345). Le concentrazioni massime si osservano nelle ore mattutine e tardo-pomeridiane, coerentemente con le inversioni locali del vento e il traffico veicolare. La variabilità stagionale riflette la prevalenza del riscaldamento domestico in inverno e il contributo degli incendi boschivi nel periodo estivo. La direzione del vento evidenzia contributi maggiori dal settore nord-orientale, indicativo della dominanza delle sorgenti antropiche locali. Tendenze settimanali significative sono state identificate nelle categorie LOC e N-SRC.

Conclusioni: La metodologia ONRPI si conferma efficace per l'interpretazione dell'eBC, permettendo di separare l'influenza delle sorgenti locali da quelle remote e di caratterizzare con precisione la dinamica degli aerosol carboniosi nel Mediterraneo. L'elevato PPF evidenzia la forte natura locale delle emissioni, rendendo l'eBC un indicatore particolarmente adatto per valutare impatti, tendenze e interventi di mitigazione.

Bibliografia

- [1] Cristofanelli P. et al. 2017. DOI: 10.1525/elementa.216
- [2] D'Amico F. et al. 2025. DOI: 10.3390/environments12080273

Il trasporto long-range di aerosol da incendi canadesi: analisi dell'episodio di giugno 2025

F. Calastrini^{1,3}, A. Orlandi², G. Messeri^{1,3}, R. Benedetti³, A. Zaldei¹, C. Vagnoli¹, B. Gioli¹, G. Gualtieri¹, T. Giordano¹, S. Putzolu¹, S. Becagli⁴, R. Traversi⁴, M. Severi⁴, S. Nava^{5,6}, G. Calzolari^{5,6}, F. Giardi^{5,6}, C. Fratticioli^{5,6} e F. Lucarelli^{5,6}

Istituto di BioEconomia IBE-CNR, 50145 Firenze

² ENEA, SSPT-CLIMAR, 40121 Bologna

³ Consorzio LaMMA, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁴ Dip. di Chimica, Università di Firenze, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁵ I.N.F.N., Sezione di Firenze, Via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁶ Dip. di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

** Corresponding author. Tel: +39 055 5226053, E-mail: francesca.calastrini@cnr.it*

Keywords: PM_{2,5}, PM₁₀, trasporto long-range, incendi, polvere desertica

Negli ultimi anni il trasporto transatlantico dell'aerosol generato da estesi incendi delle foreste canadesi ha interessato l'Europa; in particolare, intensi episodi di trasporto si sono verificati nell'autunno 2023 [1], nell'agosto 2024 e nel giugno 2025. L'attribuzione del significativo aumento della concentrazione di PM₁₀ al suolo all'anomalo trasporto di fumi da incendi, piuttosto che alle più frequenti intrusioni di polvere desertica, può essere effettuata tramite una caratterizzazione delle condizioni di flusso atmosferico. A tal fine si rende necessaria un'analisi delle mappe a scala sinottica prodotte da modello meteorologico globale e delle corrispondenti back-trajectories [2] integrandole con immagini satellitari, in modo da stimare l'origine delle masse d'aria responsabili del trasporto long-range ed identificare le aree potenzialmente impattate.

Per valutare l'effettiva ricaduta al suolo dell'aerosol trasportato, sono determinanti le misure effettuate da stazioni a terra, ad esempio dalle stazioni di monitoraggio del particolato atmosferico. In questo contesto, l'analisi dei dati rilevati dalle stazioni low-cost della rete AirQino [3] e in particolare dei valori di concentrazione di PM₁₀ e PM_{2.5}, permette di valutare in dettaglio l'evoluzione spazio-temporale degli eventi connessi al trasporto long-range di aerosol, grazie alla notevole copertura della rete AirQino (oltre 300 stazioni) ed alle misure effettuate su base oraria. Inoltre, analizzando il rapporto tra la concentrazione di PM_{2.5} e PM₁₀ si possono ottenere informazioni su natura e origine del particolato. L'aumento della frazione grossolana può essere considerato indicativo del sopraggiungere di aerosol desertico, mentre al contrario, l'aumento della frazione fine, come rilevato nell'episodio di giugno 2025, potrebbe confermare l'ipotesi di trasporto di aerosol derivante da incendi.

Per ottenere informazioni dettagliate sulla composizione chimica dell'aerosol, in questo studio verranno analizzate misure di composizione ionica, elementare e delle componenti EC-OC nel PM raccolto nell'area fiorentina. In particolare, dati di composizione con risoluzione sia giornaliera che oraria, tramite spettrometro XRF Xact 625i, permetteranno di caratterizzare la composizione del PM proveniente dagli incendi canadesi e di quantificare il suo contributo all'anomalo aumento della concentrazione di PM₁₀ nel giugno 2025.

Bibliografia

[1] Masoom A. et al. 2025. DOI : 10.5194/egusphere-2025-2755

[2] <https://www.arl.noaa.gov/hysplit/>

[3] <https://www.airqino.it>

Atmospheric particulate matter removal by biochar derived from multiple waste feedstocks pyrolyzed at different temperatures: feedstock-dependent performance and multivariate analysis

Antonino Fiorentino^{1*}, Andrea Bergomi¹, Valeria Comite¹, Antonio Faggiano², Oriana Motta³, Antonio Proto², Paola Fermo¹

¹ Department of Chemistry, University of Milan, Via Golgi 19, 20133 Milan, Italy

² Department of Chemistry and Biology "Adolfo Zambelli", University of Salerno, via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano, SA, Italy

³ Department of Medicine Surgery and Dentistry "Scuola Medica Salernitana", University of Salerno, via S. Allende I, 84081 Baronissi, SA, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 3490937792, E-mail: antonino.fiorentino@unimi.it

Keywords: Biochar; Particulate matter removal; Waste valorisation

Atmospheric particulate matter (PM) poses serious risks to human health and climate, motivating the development of sustainable, low-cost sorbent materials for air-quality control. Biochar, a porous carbonaceous solid produced by biomass pyrolysis under oxygen-limited conditions, is attractive because its properties can be tuned through feedstock selection and thermal treatment. This study examines how biomass origin and pyrolysis temperature affect the structure, surface chemistry and PM adsorption performance of biochars derived from spent coffee grounds, municipal sewage sludge, olive stone residues and olive pomace.

The four feedstocks were pyrolyzed at 450, 550 and 650 °C, yielding twelve materials with contrasting compositions. SEM–EDX, nitrogen adsorption–desorption, ATR–FTIR and point-of- zero-charge analyses highlighted strong feedstock-dependent trends, with coffee-ground- and olive- stone-derived biochars developing increasingly aromatic structures at higher temperatures, olive- pomace biochars showing intermediate behaviour, and sewage-sludge-derived materials retaining higher mineral contents and polar surface groups.

Particulate-matter removal tests in sealed exposure-bag chambers under PM₁, PM_{2.5} and PM₁₀ atmospheres demonstrated that all biochars were effective, achieving removal efficiencies between 40 and 80%, though strongly dependent on precursor type and carbonisation temperature. Lignocellulosic biochars performed best after high-temperature pyrolysis, sludge-derived materials showed relatively good low-temperature performance, and olive-pomace biochars exhibited intermediate behaviour. Multivariate analysis confirmed pyrolysis temperature as a key factor for plant-derived biochars, whereas mineral content dominated for sludge-derived ones.

Overall, the results show that PM removal by biochar is strongly feedstock-dependent and can be optimized through appropriate thermal processing, supporting the valorisation of waste biomass into circular-economy-based air-purification materials.

Bibliografia

- [1] Kumar R et al. 2024. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.141866
- [2] Xu J et al. 2025. DOI: 10.1016/j.seppur.2025.131458
- [3] Jagnade P et al. 2024. DOI: 10.1007/s42247-024-00624-1

Qualità dell'aria indoor nelle scuole elementari ed effetti sulla salute: risultati preliminari del progetto MISSION

P. Ielpo¹, I. Ammoscato², A. Palestra³, G. Bregante⁴, E. Galbiati⁴, C. Lionetti⁵, L. Patricola⁵, G. de Palma⁶, R. Ghitti⁶, G. Tocchini⁶, V. P. Granato⁶, C. Mangia¹, C. Pinto⁷, F. Petrachi⁷, S. Mancarella¹, G. Sarno⁸, I. Stanisci⁸, S. Maio⁸, S. Baldacci⁸, V. Todeschini⁹, S. Vitaliti³

¹CNR ISAC (Institute of Atmospheric Sciences and Climate), Lecce, 73100, Italy

²CNR ISAC (Institute of Atmospheric Sciences and Climate), Lamezia Terme, 88046, Italy

³S.C. Laboratorio di Prevenzione ATS Milano, Milano, 20129, Italy

⁴S.C. Medicina del lavoro, Ospedale Pio XI di Desio, Desio MB, 20832, Italy

⁵ATS Insubria, Varese, 21100, Italy

⁶ASST Spedali Civili di Brescia, Brescia, 25080, Italy

⁷DiSTeBA, Università del Salento, Lecce, 73100, Italy

⁸CNR IFC (Institute of Clinical Physiology), Pisa, 56124, Italy

⁹Regione Lombardia, Milano, 20124, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 0832 422408, Email: pierina.ielpo@cnr.it

Keywords: COV, formaldeide, ozono, biossido di azoto, indoor air quality

Introduzione: Il progetto MISSION (Monitoraggio Abbattimento Rischi Sanitari Inquinamento Indoor – finanziato dal Ministero della Salute) intende promuovere una rete tecnico-scientifica nazionale al fine di implementare misure a lungo termine per migliorare la qualità dell'aria nelle scuole e ridurre i rischi per la salute della popolazione scolastica associati all'inquinamento chimico, fisico e biologico dell'aria indoor. Le campagne di monitoraggio sanitario e ambientale sono state condotte in 24 aule per ciascuna delle seguenti regioni: Lombardia, Toscana, Marche, Puglia, Sicilia, al fine di valutare i livelli di concentrazione e la variabilità di diversi parametri chimico-fisici, biologici e microclimatici, nonché valutare le capacità respiratorie degli studenti mediante test sanitari.

Metodi: Il monitoraggio ambientale è stato effettuato sia tramite campionatori passivi diffusivi (Radiello-Fondazione Salvatore Maugeri-IRCCS, Padova, Italia), sia tramite monitor in tempo reale all'interno e all'esterno delle aule. Vengono qui presentati e discussi i dati di concentrazione di COV (Composti Organici Volatili), ozono, formaldeide e biossido di azoto ottenuti mediante campionamento passivo in quattro scuole elementari di Lecce, quattro scuole di Pisa e tre di Milano, nonché i dati di COV, CO₂ e formaldeide ottenuti con i monitor in tempo reale nelle stesse scuole, sia durante la campagna di monitoraggio basale del progetto (inverno 2024/2025), che in quella di follow up (inverno 2025/2026).

Risultati: I rapporti indoor/outdoor delle concentrazioni di benzene sono stati sempre trovati < 1 (con valori maggiori per le scuole situate in siti con elevata intensità di traffico veicolare), suggerendo un contributo prevalente della fonte esterna. Quelli di toluene, tetracloroetilene, etilbenzene, xileni e stirene sono stati trovati notevolmente più grandi di 1, in particolare in alcune scuole delle tre città considerate, suggerendo un contributo rilevante delle fonti interne. Durante il monitoraggio di follow up è stata verificata l'efficienza dei purificatori di aria installati nella metà delle aule monitorate.

Conclusioni: La sinergia tra monitoraggio ambientale e sanitario sviluppata nell'ambito del progetto MISSION ha permesso di mettere in relazione la qualità dell'aria indoor con aspetti di salute pubblica, e di valutare l'efficacia di azioni di mitigazione dell'inquinamento indoor.

Bibliografia

[1] Bergomi, A. et al 2024. DOI: 10.1007/s11869-024-01509-2

[2] Ielpo, P. et al 2021. DOI: 10.3390/app11198870.

Downscaling ad alta risoluzione spaziale delle concentrazioni di inquinanti atmosferici per la valutazione del contributo portuale nelle città di Genova, Ancona, Civitavecchia, Bari e Brindisi

Raffaele Morelli^{1*}, Alessandra Gaeta¹, Mariacarmela Cusano¹, Gianluca Leone¹, Giorgio Cattani¹, Carla Ancona², Lucia Bisceglia³ per il GdL progetto SALPIAM

¹ Dip. per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale - ISPRA; ² Dip. Epidemiologia SSR Lazio; ³ AReSS Puglia;

* Corresponding author. Tel: +39 339 7860 730, e-mail: raffaele.morelli@isprambiente.it*

Keywords: Downscaling, Modelli Additivi Generalizzati, Emissioni portuali, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}

Introduzione: Nell'ambito del progetto SALPIAM (Sostenibilità per l'ambiente e la salute dei cittadini nelle città portuali in Italia), lo studio si pone l'obiettivo di valutare il contributo delle attività portuali all'inquinamento atmosferico (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}) in cinque sistemi città-porto: Genova, Ancona, Civitavecchia, Bari e Brindisi. Nello specifico, il lavoro presenta una metodologia per aumentare la risoluzione spaziale delle stime di inquinanti atmosferici in tali città. Attraverso l'integrazione di stime modellistiche e dati ambientali, la ricerca mira a fornire strumenti per la stima dell'esposizione dei cittadini e la valutazione dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico.

Metodi: Le stime nazionali di concentrazione a 1 km x 1 km, ottenute precedentemente con modelli bayesiani INLA-SPDE [1], sono state utilizzate come base per un processo di *downscaling* alla risoluzione spaziale di 100m x 100m su un grigliato di celle regolari. Sono stati impiegati Modelli Additivi Generalizzati (GAMs) [2] per descrivere le relazioni tra le concentrazioni e vari predittori spaziali locali, tra cui l'uso del suolo (*Urban Atlas*, *Corine Land Cover*), la morfologia urbana (altezze degli edifici), la distribuzione della popolazione e la vicinanza a infrastrutture di trasporto. Per l'anno 2022, sono state introdotte specifiche *variabili-porto* per pesare le emissioni dei *terminal* portuali in base alla distanza e alla frequenza dei venti. La robustezza del modello è stata verificata tramite le tecniche *Cross-validation* con il metodo del *Bootstrapping*. I modelli sono stati sviluppati per gli anni 2022 e 2013.

Risultati: risultati mostrano che le prestazioni dei modelli per l'NO₂ sono generalmente superiori a quelle per il particolato, con valori di R²-adj che raggiungono 0.85 a Genova e 0.79 a Civitavecchia per il 2022. Tutti i modelli hanno soddisfatto i criteri di accettabilità statistica (FAC2, FB, NMSE) definiti in letteratura. Nei casi in cui le variabili portuali sono risultate significative è stato possibile stimare e rappresentare spazialmente il contributo del porto rispetto al fondo ambientale.

Conclusioni: L'approccio basato sui GAMs si conferma uno strumento efficace per descrivere la variabilità spaziale degli inquinanti ad alta risoluzione in contesti urbani complessi. La capacità del modello di stimare il contributo emissivo portuale fornisce una base scientifica affidabile per la pianificazione di interventi di risanamento atmosferico e per la valutazione dell'impatto sanitario sulla popolazione residente nelle aree limitrofe ai porti italiani.

Bibliografia

[1] Fioravanti, G.; et al. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118192>.

[2] Leone, G.; et al. 2023. <https://doi.org/10.3390/atmos14020231>.

Impatti sulla qualità dell'aria delle navi da crociera nell'area urbana della Spezia

Roberto Cresta^{1*}, Andrea Bisignano¹, Maria Chiara Bove¹, Chiara Righi¹, Marcello Foti¹, Daniele Francenschini¹, Valerio Stabielli¹

¹ Arpal Dipartimento Stato dell'Ambiente e Tutela dai Rischi Naturali – U.O. Qualità dell'Aria, Genova, 16100

* Corresponding author. Tel: +3901064371, E-mail: roberto.cresta@arpal.liguria.it

Keywords: qualità dell'aria, area portuale, inquinanti, navi da crociera

Nel corso dell'ultimo decennio si è assistito ad una forte crescita del traffico crocieristico nel golfo della Spezia. Al fine di valutare i possibili impatti dello stazionamento delle navi nelle banchine dell'area portuale, Arpal con il supporto di Comune e dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, dal 2016 ha attivato un focus sui principali inquinanti in atmosfera nell'area cittadina.

Si è da subito evidenziato che, in determinate condizioni meteorologiche, tipiche soprattutto del periodo estivo, presso la postazione della Rete di Qualità dell'Aria di via San Cipriano, posta a circa 500 m dalla zona di attracco delle navi, alcuni inquinanti presentano valori significativamente più elevati rispetto a quanto rilevato nel resto della rete. La morfologia del golfo e le dinamiche meteo a microscala che vedono specie nella stagione estiva dominare i regimi di brezza portano in particolari condizioni i fumi emessi nella zona portuale verso l'area urbana, dove si registra un aumento della concentrazione di alcuni inquinanti, con crescite molto evidenti soprattutto per gli ossidi di azoto. La presenza di ventilazione con differente direzione, più rara nella stagione estiva, rende meno evidente il fenomeno in quanto viene favorita una dispersione dei fumi su un'area più vasta o differente da quella urbana.

Tali eventi, pur non avendo mai determinato alcun superamento dei limiti normativi su base oraria, hanno evidenziato un impatto significativo in particolare sui valori ad alta frequenza nella postazione di via San Cipriano.

Gli eventi di inquinamento acuto riguardano principalmente gli NOX ed in casi più limitati si evidenzia anche una crescita percentualmente significativa di SO₂, PM₁₀ e PM_{2.5}.

Nel corso degli anni l'attività di studio è stata dapprima integrata con le informazioni raccolte mediante l'utilizzo di nr. 2 Laboratori Mobili che ARPAL impiega nelle sue attività di monitoraggio della qualità dell'aria posizionati opportunamente e con campionatori vento selettivi.

Anche sulla base delle lamentele della cittadinanza si è successivamente definito di indagare la distribuzione degli inquinanti anche a quote diverse dal suolo: i piani alti degli edifici più prossimi all'area di attracco risultano infatti interessati in modo più diretto dai fumi delle navi che presentano emissioni tipicamente a quote intorno ai 50 m.

Dopo una sperimentazione con l'impiego di strumentazione non convenzionale (smart sensor) nel periodo 2020÷2024, che non ha però prodotto i risultati sperati, dal maggio 2023 Arpal ha proceduto all'acquisizione di un primo prototipo di 'mini-cabina' fornita di strumentazione certificata, installata in alloggiamenti di dimensioni più contenute, così da poterla impiegare in siti non raggiungibili con le 'classiche' postazioni di rilevamento. Questo sistema è operativo in modo pressoché continuo sul tetto della sede ASL5, ad una distanza di circa 500 m dall'area di attracco delle navi da crociera.

Il punto di misura nelle condizioni sopra descritte si trova sottovento all'area portuale ed il posizionamento in quota (circa 20 m dal suolo), pur non rispondente pienamente alle specifiche normative, risulta scarsamente influenzato dal traffico veicolare permettendo di isolare l'effetto puntuale delle emissioni navali.

Stima del contributo al particolato atmosferico derivante dalla movimentazione di rinfuse solide nel porto di Ravenna

Samuele Marinello^{1*}, Elisa Pollini¹, Deborah Valbonetti¹, Francesca Liguori¹

¹ Arpae Emilia-Romagna, Area Prevenzione Ambientale (APA) Est

* Corresponding author. Tel: +39 331-1363510, E-mail:smarinello@arpae.it

Keywords: aree portuali, emissioni polverulente, modellistica numerica.

Introduzione: le moderne aree portuali non si limitano ad accogliere le sole attività trasportistiche, ma si configurano come complessi sistemi territoriali di aggregazione produttiva (hub). Essi ospitano una pluralità di funzioni legate alla logistica, all'industria, alle costruzioni ed ai servizi (1). In questo contesto si inserisce lo scalo di Ravenna, unico porto industriale dell'Emilia-Romagna, con una movimentazione annua di circa 25,5 milioni di tonnellate di merci. Lo scalo è specializzato nel settore delle rinfuse solide (prodotti metallurgici, materie prime ceramiche, chimica fine e cereali) e, marginalmente, dei container (circa 200.000 TEU/anno) (2). Il presente studio illustra l'approccio metodologico ed i risultati modellistici volti a stimare l'impatto delle attività di movimentazione e stoccaggio di tali rinfuse sulle concentrazioni di particolato atmosferico del sito. Metodi: per stimare le emissioni diffuse di polveri nell'area portuale sono state analizzate le sorgenti caratterizzanti 1) le operazioni di carico/scarico tramite gru con benna di materiali alla rinfusa (sorgenti di tipo areale), 2) il rimaneggiamento dei cumuli con mezzi a terra (sorgenti di tipo areale), 3) il trasporto merci su gomma in ambito portuale (sorgenti di tipo lineare), 4) lo stoccaggio di materiale in cumuli all'aperto (sorgenti di tipo areale). Tali sorgenti sono state identificate e geolocalizzate attraverso sopralluoghi tecnici e questionari somministrati a 40 aziende portuali. I dati raccolti hanno permesso di stimare le emissioni di particolato applicando i fattori di emissione EPA AP-42 (3). Ai fini della modellizzazione, le sorgenti areali sono state aggregate in un grigliato con risoluzione 100x100 metri. La simulazione è stata effettuata utilizzando il modello ADMS-Urban.

Risultati: le stime emissive hanno permesso di identificare le aree del sedime portuale a maggiore pressione ambientale, distinguendo tra il contributo delle sorgenti diffuse e l'impatto degli archi stradali. Alcuni contributi, in particolare per le sorgenti classificate come areali, sono risultati superiori a 2 t/a di particolato. Le concentrazioni stimate in prossimità delle sorgenti raggiungono anche valori molto elevati, ma la dispersione del particolato rimane circoscritta al sedime portuale con un interessamento solo marginale (e con basse concentrazioni) delle zone urbane e naturalistiche limitrofe.

Conclusioni: i risultati pongono in luce il contributo emissivo derivante dalla movimentazione e dallo stoccaggio di rinfuse solide sulle concentrazioni di particolato atmosferico in ambito portuale. L'analisi evidenzia l'interazione critica tra le sollecitazioni meccaniche (quali l'azione di pale meccaniche ed il rotolamento dei pneumatici) e le variabili meteorologiche (in particolare velocità del vento ed umidità relativa) che agiscono come driver principali nel fenomeno del risollevarimento e nella successiva dispersione del materiale particolato.

Bibliografia

- [1] Campisi T. et al., 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106179>
- [2] AdSP del Mare Adriatico centro-settentrionale, 2024. Andamento dei traffici nel Porto di Ravenna
- [3] EPA, "AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 13: Miscellaneous Sources"

Formazione di nuove particelle in condizioni di fondo urbano a Bologna

Celestine A. Oliewo^{1,2}, M. Paglione³, M. Rinaldi³, A. Trentini⁴, K. Lehtipalo⁵, G. Ghermandi¹, A. Bigi^{1*}

¹Dip. di Ingegneria 'Enzo Ferrari', Università di Modena e Reggio Emilia; ²Istituto Universitario di Studi Superiori (IUSS Pavia); ³Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR; ⁴ARPAE Emilia-Romagna; ⁵INAR, University of Helsinki

*Corresponding author. Tel: +39 059 2056328, E-mail: abigi@unimore.it

Keywords: Nucleazione, ultrafine particles, aerosol urbano

Le particelle ultrafini (UFP; con diametro < 100 nm) contribuiscono significativamente alle concentrazioni di particolato aerodisperso, con importanti implicazioni sull'impatto sanitario e climatico dell'aerosol atmosferico. In linea con queste evidenze scientifiche, la Direttiva Europea 2881/2024 ha introdotto limiti più severi su vari inquinanti ed ha esteso i requisiti di monitoraggio alle UFP e alla distribuzione dimensionale delle particelle (PNSD). È stato dimostrato che la formazione di nuove particelle (NPF) può essere una fonte molto significativa di UFP in vari contesti, sia in Europa [1] che in Cina [2]. Obiettivo di questa ricerca è lo studio sperimentale della NPF a Bologna, per stimarne il potenziale contributo ai livelli di UFP nel più grande agglomerato urbano nella parte meridionale della pianura Padana. Un Neutral cluster and Air Ion Spectrometer (NAIS) e un Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) sono stati installati sul tetto della sede di ISAC-CNR per il monitoraggio in continuo di ioni positivi e negativi (0.8–42 nm) e di particelle (2–42 nm per il NAIS e 13–700 nm per il SMPS). In loco erano presenti anche monitor normativi per NO_x , O_3 , BC, uno spettrometro di massa per aerosol (ACSM) e una stazione meteo. Sono state analizzate le medie orarie del numero di particelle e di ioni nel periodo 17/05/2024 - 31/07/2025. Gli eventi di NPF sono stati identificati manualmente [3] e per questi è stato possibile calcolare con una buona affidabilità i tassi di crescita e di formazione del particolato. Questa classificazione è stata confrontata con l'analisi rank secondo Aliaga et al [4]. Le concentrazioni totali di aerosol sono state dominate dalla modalità di nucleazione (2–25 nm), seguite da Aitken (25–100 nm) e accumulo (100–1000 nm). I giorni di NPF (il 23% dei giorni sul periodo) sono stati osservati con maggiore frequenza in primavera e in estate, associati a maggior radiazione solare, miscelazione atmosferica e una ridotta umidità relativa, che favoriscono i processi di nucleazione e crescita. Nei giorni di NPF sono state osservate anche livelli più bassi di NO_x e BC. I tassi di crescita medi delle particelle totali sono stati calcolati a 2.9, 6.3 e 12.1 nm h^{-1} nelle gamme di dimensioni 2-3 nm, 3-7 nm e 7-20 nm rispettivamente. I tassi medi di formazione delle particelle sono stati calcolati rispettivamente come 6.4, 10.2 e 6.2 $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ a 2 nm, 3 nm e 7 nm. I risultati evidenziano che l'NPF è una fonte significativa di UFP a Bologna, specialmente in estate, contribuendo così ai livelli di aerosol urbani con effetti sull'esposizione e sui processi climatici regionali.

Lo studio è stato finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Mis.04 Comp.2 Inv.1.5 – NextGen.EU, RFT n. 3277, 30/12/2021. Nr: 0001052, 23/06/2022 (ECS_00000033_ECOSISTER).

La mobilità di CAO presso University of Helsinki è stata finanziata da EDUFI Fellowship grant, Finnish National Agency for Education: OPH-6867-2024.

Bibliografia

- [1] Sun J et al. 2019. DOI: 10.5194/acp-24-10667-2024
- [2] Tiao L et al. 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164202
- [3] Dal Maso et al. 2005
- [4] Aliaga et al. 2023. DOI: 10.5194/ar-1-81-2023

Composizione elementare, potenziale ossidativo, EC/OC e brown carbon determinato con sistema termooptico del PM10 in siti caratteristici della città metropolitana di Torino: valutazione integrata dell'esposizione della popolazione a diverse sorgenti di PM

Alessandro Crivelli^{1*}, Aleandro Diana², Silvia Comis², Matteo Marafante², Stefano Bertinetti², Silvia Berto², Milena Sacco³, Mery Malandrino²

¹ Nordtest srl; ² Dip. Chimica, Università di Torino, ³ ARPA Piemonte

* Corresponding author. acrivelli@nordtest.it

Keywords: *Potenziale ossidativo, acido ascorbico, metalli di transizione, EC/OC, brown carbon PM10, termooptico.*

Introduzione: La valutazione della pericolosità del particolato atmosferico (PM) richiede una conoscenza approfondita della sua composizione chimica e del suo potenziale ossidativo (OP). Numerosi studi hanno dimostrato che gli effetti nocivi del PM sono in larga parte riconducibili allo stress ossidativo indotto dalla formazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS), generate da componenti redox-attive quali metalli di transizione, composti organici e carbonio elementare. In questo contesto, l'OP è stato proposto come indicatore integrato della capacità del PM di indurre stress ossidativo [1]. La presenza di tali componenti dipende fortemente dalle sorgenti emissive attive in un determinato contesto ambientale. In questo lavoro è stato condotto uno studio di caratterizzazione elementare, di OP e del contenuto di specie a base di carbonio (carbonio elementare EC, carbonio organico OC e brown carbon) su campioni di PM raccolti in un sito urbano (Torino – Consolata) e in un sito rurale (Druento – La Mandria), collezionati da ARPA Piemonte tra il 2020 e il 2021, al fine di valutare l'influenza delle differenti sorgenti emissive nei due contesti.

Metodi: La composizione elementare del PM è stata determinata mediante ICP-OES e ICP-QQQ-MS dopo digestione acida ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$) assistita da microonde. Il potenziale ossidativo è stato valutato tramite il metodo dell'acido ascorbico (AA), testato anche su materiali di riferimento certificati. La quantificazione del contenuto di EC/OC e del brown carbon è stata effettuata tramite analizzatore termico/optico di carbonio a lunghezza d'onda multipla. Le frazioni di carbonio sono separate in base alla temperatura. Il monitoraggio ottico tiene conto della carbonizzazione dell'OC con intensità riflessa (R) e trasmessa (T) a lunghezze d'onda variabili: 405, 445, 532, 635, 780, 808 e 980 nm. Le informazioni ottiche aggiuntive sono utilizzate per quantificare la concentrazione del brown carbon (BrC) in ciascun campione.

Risultati: Tra i materiali di riferimento, il BCR 176 (Fly Ash) ha mostrato il valore di OP più elevato, mentre il NIST 2975 (Diesel Particulate Matter), privo di metalli, ha evidenziato il valore più basso, confermando la sensibilità del metodo alle specie metalliche. I campioni ambientali hanno mostrato valori di OP significativamente più elevati nel sito urbano rispetto a quello rurale, in accordo con un maggiore contenuto di PM e di metalli. Inoltre, il contenuto di EC e OC risulta più elevato nel particolato urbano, così come la frazione di EC rispetto al contenuto di carbonio totale (valori medi pari a 1,2% e 0,6% rispettivamente), indicando un contributo più rilevante sia delle sorgenti non esauste che esauste legate al traffico veicolare ed, in generale, ai processi di combustione dei combustibili fossili.

Bibliografia

[1] Patel A et al. 2021. DOI: 10.5572/ajae.2020.123

Correlazione tra composizione elementare del PM₁₀ e del suolo: implicazioni sulla qualità dell'aria

Alfonso Valerio Ragazzo^{1*}, Maria Catrambone², Francesca Marcovecchio¹, Alessandro Mei¹, Luca Tofful¹,
Giuliano Fontinovo¹, Elena Rantica¹, Giulia Zazzu¹

¹ *Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - CNR*; ² *Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale - CNR*
* *Corresponding author. Tel: +39 06 90672406; E-mail:alfonsovalerioragazzo@cnr.it*

Keywords: Metalli pesanti, PM₁₀, suolo, GIS, ED-XRF

Molti studi sulla caratterizzazione chimica del particolato atmosferico (PM) hanno ampiamente documentato la duplice origine, antropogenica e naturale, degli elementi associati al PM. In particolare, i metalli pesanti possono provenire da molteplici sorgenti legate alle attività umane, tra cui il traffico veicolare e le attività industriali. Il risollevarimento delle particelle depositate sullo strato più superficiale del suolo, ad opera, ad esempio, del transito di veicoli o persone, può contribuire all'aumento della concentrazione di metalli di natura crustale nell'atmosfera. Analogamente, le rocce e i suoli, sorgenti naturali di elementi, sono soggetti a processi di degradazione ed erosione, contribuendo all'immissione di particelle metalliche in aria. Questo studio mira a indagare una possibile correlazione tra le concentrazioni degli elementi, in particolare dei metalli pesanti, presenti sia nel PM sia nello strato superficiale del suolo (0-3 cm), valutando fenomeni di scambio di materiale in corrispondenza dell'interfaccia suolo-aria, ad esempio attraverso processi di deposizione, risospensione e mobilizzazione.

Lo studio è stato condotto in un'area del centro Italia interessata da diverse sorgenti antropogeniche di metalli pesanti, tra cui siti industriali, linee ferroviarie, aree residenziali e strade fortemente trafficate. Il prelievo del particolato atmosferico (PM₁₀) è stato effettuato in parallelo in dodici siti, durante sei campagne consecutive, ciascuna con una durata compresa tra 45 e 60 giorni, per un totale di 11 mesi. Il prelievo dei campioni di suolo è stato effettuato presso i medesimi siti durante l'ultima campagna di campionamento del PM. Le concentrazioni in massa di PM₁₀ sono state determinate tramite analisi gravimetrica, mentre la caratterizzazione elementare dei campioni di PM₁₀ e delle corrispondenti frazioni di suolo è stata effettuata mediante fluorescenza a raggi X a dispersione di energia (ED-XRF). Inoltre, è stata condotta un'analisi geospaziale per rappresentare, in ambiente GIS, la distribuzione spaziale degli elementi nell'area di studio, sia per il suolo sia per l'atmosfera, nell'ipotesi che le concentrazioni e la distribuzione dei metalli nei due comparti risultino interconnesse.

Parte di questo studio è stato realizzato e finanziato nell'ambito del progetto BRiC INAIL#52 2022

Progetto Interreg Italia-Austria BREATHING: analisi di PM10 e size-segregated aerosol a Treviso e Belluno

Angelica Mognato^{1*}, Chiara Cescon¹, Elena Gregoris^{1,2}, Alice Frachin¹, Giovanna Mazzi¹, Matteo Feltracco^{1,2}, Andrea Gambaro^{1,2}

¹Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia;

²Istituto di Scienze Polari, Centro Nazionale delle Ricerche

*Corresponding author: E-mail: angelica.mognato@unive.it

Keywords: Interreg, aerosol urbano, PM10, impattore multistadio

Introduzione: BREATHING (Best pRacticEs to Adapt to climaTe cHange: Interregional approach to reduce urbaN emerGent contamination) è un progetto Interreg Italia-Austria, volto ad aumentare la collaborazione tra stati confinanti. Tra gli obiettivi del progetto vi è la necessità di studiare la qualità dell'aria, valutando la distribuzione spaziale e temporale dei contaminanti emergenti e le sorgenti di inquinamento. Informazioni dettagliate sui livelli di inquinanti in aria permettono di comprendere maggiormente l'impatto dei cambiamenti climatici sull'aerosol atmosferico e sulla salute umana, nonché di proporre politiche in grado di limitarne gli effetti e migliorare la qualità dell'aria stessa. In questo contesto, le zone urbane sono di grande interesse, in quanto costituiscono delle isole di calore, caratterizzate da un aumento della temperatura maggiore rispetto alle zone rurali circostanti, dovuto all'alta cementificazione e urbanizzazione dell'area. Parallelamente, si contraddistinguono anche per un elevato inquinamento dell'aria, dovuto soprattutto a traffico automobilistico e riscaldamento domestico, con conseguenti rischi per la salute umana^{1,2,3}.

Metodi: Sono stati effettuati due diversi tipi di campionamento del particolato atmosferico: PM10 a Treviso nel periodo estivo ed autunnale (un mese per ogni stagione, Dustcheck DPM16, AMS) e particolato in 12 classi dimensionali (impattore MOUDI 110NR, TSI) a Treviso e Belluno (10 settimane per ogni città). Il primo mira alla determinazione delle sorgenti di PM10 tramite l'approccio statistico *Positive Matrix Factorization* (PMF), mentre il secondo allo studio dei contaminanti emergenti e della loro distribuzione dimensionale. Le analisi sono state condotte in HPLC-MS e IC-MS.

Risultati: Si riporta l'andamento della concentrazione degli analiti in esame (ioni, zuccheri, anidrozuccheri e benzotiazoli) sui filtri PM10 campionati. Inoltre, si riportano i primi risultati riguardanti l'analisi gravimetrica dei filtri raccolti tramite impattore multistadio, evidenziando in particolare il trend della distribuzione del particolato nelle 12 classi dimensionali.

Conclusioni: I risultati ottenuti evidenziano l'importanza di un costante ed efficace monitoraggio dell'aria, nonché della ricerca di nuovi analiti che possono essere utilizzati come marker per avere maggiori informazioni circa le possibili fonti di inquinamento dell'aria stessa. Le informazioni ottenute sulla distribuzione dimensionale dei contaminanti emergenti sono fondamentali per contribuire alla comprensione del loro possibile effetto sulla salute umana.

Bibliografia

- [1] GREGORIS Elena, et al. Chemical characterization and source apportionment of size-segregated aerosol in the port-city of Venice (Italy). *Atmospheric Pollution Research*, 2021, 12.2: 261-271.
- [2] CHANG Jer-Hwa, et al. Climate change, air quality, and respiratory health: a focus on particle deposition in the lungs. *Annals of Medicine*, 2023, 55.2: 2264881.
- [3] JABBAR Hajer Khaled; HAMOODI, Mustafa N.; AL-HAMEEDAWI, Amjed N. Urban heat islands: a review of contributing factors, effects and data. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2023. p. 012038.

Distribuzione dimensionale dell'aerosol atmosferico in un sito rurale e un sito urbano della Pianura Padana

Beatrice Biffi^{1*}, Luca D'Angelo¹, Cristina Colombi¹, Eleonora Cuccia¹, Umberto Dal Santo¹

¹ Arpa Lombardia – Milano, 20129

* Corresponding author. Tel: +39 3392984056, E-mail: b.biffi@arpalombardia.it

Keywords: *Distribuzione dimensionale, aerosol atmosferico, sorgenti emissive*

L'analisi della distribuzione dimensionale dell'aerosol atmosferico consente di ottenere informazioni sia sulle sorgenti di emissione sia sui processi di trasformazione che le particelle subiscono in atmosfera [1]. Inoltre, essa fornisce indicazioni fondamentali sugli effetti sulla salute umana, poiché è ampiamente riconosciuto che le particelle di dimensioni più ridotte sono in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio, aumentando il potenziale rischio per l'organismo.

Nel periodo compreso tra febbraio e ottobre 2025, ARPA Lombardia ha realizzato una campagna di approfondimento presso un'azienda agricola (CERZOO) situata nel territorio di Piacenza. L'attività di studio ha previsto il monitoraggio in continuo della concentrazione numerica e della distribuzione dimensionale delle particelle atmosferiche, con diametro aerodinamico equivalente (d_{ae}) compreso tra 6 nm e 10 μ m, mediante l'utilizzo di un *Electrostatic Low-Pressure Impactor* (ELPI+, Dekati).

Nello stesso arco temporale (febbraio – ottobre), presso il sito urbano di Milano Verziere, appartenente alla Rete Regionale della Qualità dell'Aria di ARPA Lombardia, sono state effettuate misure analoghe utilizzando uno *Scanning Mobility Particle Sizer* (SMPS, TSI), con riferimento alle particelle aventi d_{ae} compreso tra 10 nm e 800 nm.

Il confronto delle distribuzioni dimensionali delle particelle misurate in due contesti differenti ha inoltre consentito di mettere in luce le peculiarità legate al tipo di sito di monitoraggio. In particolare, il sito di Milano Verziere, caratterizzato da una marcata influenza del traffico urbano, mostra un andamento della concentrazione numerica delle particelle fortemente correlato agli orari di punta della mobilità veicolare, soprattutto durante i giorni feriali, confermando il ruolo dominante di questa sorgente emissiva nel contesto urbano. L'andamento delle concentrazioni numeriche delle classi più fini misurato nel sito di CERZOO mostra i valori più alti nelle fasce orarie più soggette a una maggiore radiazione solare. Inoltre, sono stati individuati alcuni episodi riconducibili a eventi di formazione di nuove particelle; infatti, la presenza di ammoniaca, la cui principale sorgente in pianura Padana è l'attività agricola, gioca un ruolo fondamentale nella stabilizzazione di cluster di H_2SO_4 [3].

Nel complesso, le osservazioni effettuate indicano che la distribuzione dimensionale delle particelle risente delle caratteristiche del sito di monitoraggio e delle condizioni ambientali locali. Dal confronto tra il sito urbano e quello agricolo si evidenziano, infatti, alcune differenze nei profili temporali e dimensionali delle concentrazioni numeriche.

Bibliografia

- [1] Salma I. et al. 2005. DOI : 10.1016/j.atmosenv.2005.05.021
- [2] Duan J. et al. 2012. DOI : 10.1016/S1001-0742(11)60731-6
- [3] Nair A. A. et al. 2023. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2022.160756

Analisi di serie storiche decennali di Diossine, Furani e Policlorobifenili sul particolato atmosferico PM10 e PM2.5 delle stazioni industriali della qualità dell'aria di Ravenna

Deborah Valbonetti¹, Samuele Marinello¹ Francesca Liguori¹, Leonardo Ronchini¹

¹ Arpae - Servizio Sistemi Ambientali APA Est, Via Marconi, 14 - Ravenna, 48124

* Corresponding author. Tel: +39 0544 210651, E-mail: dvalbonetti@arpae.it

Keywords: Particolato atmosferico, PM10, PM2.5, Analisi chimiche, Diossine, Furani, PCB, Ravenna

Introduzione: La tossicità del Particolato Atmosferico dipende sia dalla sua granulometria che dalla composizione chimica, rendendo cruciale lo studio dei microinquinanti. Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili (PCB) fanno parte della più ampia famiglia dei Composti Organici Persistenti (POPs). PCDD e PCDF derivano principalmente da processi di combustione industriali (inceneritori di rifiuti, produzione di pesticidi, lavorazione di metalli ecc.), incendi accidentali (in presenza di plastica) e combustione domestica di legna o rifiuti. I PCB sono composti sintetici usati nell'industria elettrica e chimica. I POPs sono sostanze chimiche persistenti: la loro scarsa biodegradabilità ne determina la permanenza nell'ambiente (aria, acqua, suolo), l'ingresso nella catena alimentare e l'accumulo nei tessuti adiposi. Il monitoraggio dei POPs adsorbiti sul particolato è fondamentale perché è il principale "veicolo" di trasporto di queste molecole delle sorgenti fino ai nostri campi e pascoli, con conseguente ingresso nella catena alimentare. L'area Industriale-Portuale di Ravenna è uno dei principali distretti chimici, energetici e logistici d'Italia. Le analisi di PCDD, PCDF e PCB sul particolato PM10 e PM2.5, sono state effettuate dal 2013 al 2024 in tre stazioni di monitoraggio della Rete Industriale Privata (Ravenna Servizi Industriali).

Metodi: I campioni sono filtri giornalieri di PM10 e PM2.5 (fibra di quarzo) dagli analizzatori automatici (Flusso di 2,3 m³/h), accorpati mensilmente per l'analisi. Per la determinazione in laboratorio sono stati utilizzati i metodi ufficiali di riferimento che prevedono l'impiego di uno spettrometro di massa ad alta risoluzione. Per Diossine e dei Furani: EPA 1613B 1994 mentre per PCB: EPA 1668C 2010.

Risultati: Per ogni annualità sono state calcolate le concentrazioni medie annuali e mensili di Diossine, Furani e PCB Dioxin-Like (PCB-DL) espresse come tossicità equivalente. Le concentrazioni mensili risultano solitamente più elevate nei mesi invernali, con un abbassamento consistente, spesso inferiore al limite di quantificazione (LQ), nei mesi estivi, salvo alcune eccezioni, misurate nel corso degli anni, in alcuni casi riconducibili ad eventi incidentali, avvenuti nel territorio.

Conclusioni: Analizzando la serie storica dei dati 2013-2024 non si rilevano differenze significative sui tre siti. Le medie annuali, in TEQ, per Diossine e Furani presentano una lieve diminuzione nel corso degli anni: le Diossine passano da valori tra 4 e 8 TE fg/m³ a valori inferiori al LQ, mentre i Furani vanno da 5 a 9 TE fg/m³ a valori inferiori a 4. I PCB-DL presentano valori sempre inferiori a 4 TE fg/m³ e spesso inferiori al LQ. In generale si può affermare che le concentrazioni medie annuali, sono contenute e risultano allineate con i valori riscontrati in letteratura. Il monitoraggio continuo delle concentrazioni di fondo dei POPs è essenziale per valutare il trend storico e rilevare l'influenza di eventi inattesi, come incendi di grosse dimensioni, sulle concentrazioni di fondo.

Bibliografia

- [1] WHO TEF Values WHO, revisione dei limiti del 1998, 2005
- [2] WHO AA.VV. TEF Values WHO, revisione dei limiti del 2005, 2024, Valori WHO-TEF 2022
- [3] ARPAV, Relazione annuale Qualità dell'Aria, 2015 Allegato: Diossine, furani e PCB-DL in Veneto.
- [4] ARPAV, Monitoraggio qualità dell'aria con campionatori ad alto flusso. Relazioni tecniche monitoraggi 2019-2024

Profili temporali degli IPA nel PM_{2.5} da aree urbane: il caso studio di Pomigliano d'Arco (Napoli)

Elvira Esposito^{1*}, Elena Chianese², Antonella Giarra¹, Angelo Riccio², Marco Annetta¹, Marco Trifuoggi^{1,3}

¹ Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Scienze Chimiche; ² Università degli Studi di Napoli Parthenope Dipartimento di Scienze e Tecnologie; ³ Università degli Studi di Napoli Federico II, CeSMA

* Corresponding author. Tel: +39 3770835942, [E-mail: elvira.esposito2@unina.it](mailto:elvira.esposito2@unina.it)

Keywords: PM_{2.5}, Idrocarburi policiclici aromatici, variabilità stagionale, area urbana

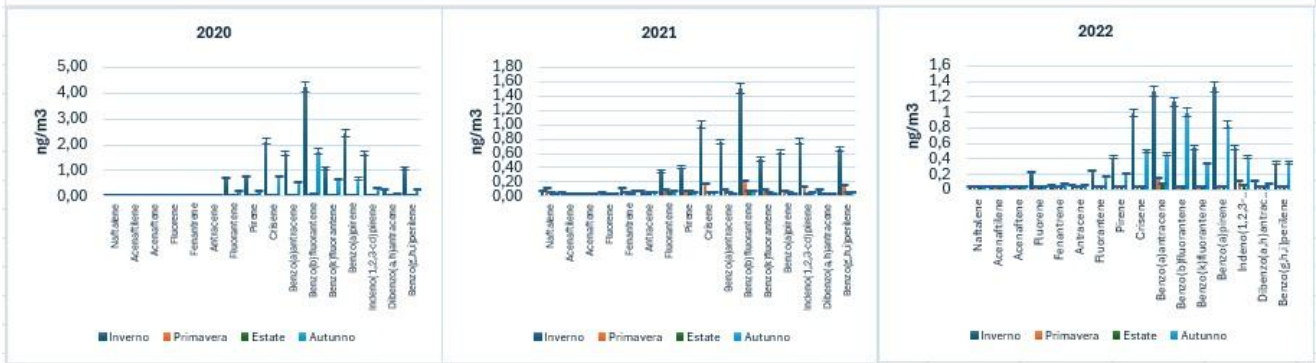
Introduzione: Il particolato atmosferico fine (PM_{2.5}) rappresenta una delle principali criticità ambientali e sanitarie nelle aree urbane e industrializzate, a causa della sua complessa composizione chimica, della capacità di trasporto su lunga distanza e della penetrazione profonda di tali particelle nel sistema respiratorio umano [1]. Tra i componenti più tossici del PM_{2.5} figurano gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), composti organici semivolatili generati prevalentemente da processi di combustione incompleta di combustibili fossili e biomassa, di cui alcuni riconosciuti per i loro effetti cancerogeni e genotossici [2]. Questo studio presenta un caso di monitoraggio della qualità dell'aria condotto nella città di Pomigliano d'Arco in provincia di Napoli, in un'area caratterizzata dalla coesistenza di un intenso traffico urbano, attività industriali e insediamenti residenziali. Il sito di campionamento, rappresentativo di un contesto urbano-industriale, è influenzato sia da emissioni locali sia da condizioni meteorologiche tipiche dell'area mediterranea, che favoriscono episodi di accumulo invernale.

Metodi: La campagna di monitoraggio, svolta da gennaio 2020 a dicembre 2022, ha consentito la raccolta di 872 campioni giornalieri di PM_{2.5}, garantendo una copertura temporale dell'80%. Il campionamento è stato condotto mediante un campionatore sequenziale a basso volume SWAM 5a Dual Channel Monitor (FAI Instruments S.r.l., Roma, Italia). I filtri sono stati sottoposti a estrazione e successiva analisi GC-MS per la determinazione dei sedici IPA prioritari, includendo il benzo[a]pirene (BaP), uno dei congeneri più tossici e di maggiore interesse normativo.[3]

Risultati: Il PM_{2.5} ha mostrato una marcata variabilità stagionale, con concentrazioni più elevate in inverno e più basse in estate. In dettaglio, nel 2020 il PM_{2.5} ha raggiunto un minimo di 11,2 µg/m³ in estate (giugno) e un massimo di 88,3 µg/m³ in inverno (gennaio); nel 2021, un minimo di 15,6 µg/m³ in estate (maggio) e un massimo di 56,9 µg/m³ in inverno (febbraio); nel 2022, un minimo di 9,0 µg/m³ in estate (settembre) e un massimo di 50,1 µg/m³ in inverno (dicembre). La media annuale è stata rispettivamente di 27,9 µg/m³, 27,1 µg/m³ e 23,3 µg/m³. Lo stesso andamento stagionale è stato osservato per gli IPA che, in accordo con studi precedenti [4], hanno mostrato una marcata stagionalità, con concentrazioni invernali superiori rispetto ai minimi estivi. In inverno, gli IPA più abbondanti sono benzo[b]fluorantene e benzo[k]fluorantene, mentre dibenzo[a,h]antracene e crisene presentano forti differenze stagionali, aumentando significativamente nei mesi freddi rispetto all'estate. In particolare, è stato osservato che i valori mensili massimi di BaP nei mesi freddi talvolta superano la soglia normativa di 1 ng m⁻³, mettendo in luce episodi critici di inquinamento che non emergono dall'analisi delle sole medie annuali

Conclusioni: Il caso studio dimostra come l'integrazione delle misure di PM_{2.5} e IPA, insieme all'analisi della variabilità stagionale, rappresenti un supporto essenziale per una gestione mirata della qualità dell'aria. I risultati forniscono basi scientifiche solide per lo sviluppo di politiche di mitigazione orientate alla tutela della salute pubblica e al controllo delle emissioni di IPA nelle aree urbane-industriali.

Andamento stagionale degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) in ng/m³ 2020-2021-2022



Bibliografia

- [1] Cipoli, Y.A., et al. (2023) DOI: 10.1007/s11869-023-01405-1
- [2] Kim, K.-H., et al. (2013) DOI: 10.1016/j.envint.2013.07.019
- [3] Sekar, M., et al. (2024) DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.141005
- [4] Finardi, S., et al. (2017) DOI: 10.1016/j.uclim.2015.12.001

Episodi di inquinamento invernale in aree vallive antropizzate: il caso della piana Firenze-Prato

F. Calastrini^{1,3}, A. Orlandi², G. Messeri^{1,3}, R. Benedetti³, A. Zaldei¹, C. Vagnoli¹, B. Gioli¹, G. Gualtieri¹, T. Giordano¹, S. Putzolu¹, S. Becagli⁴, R. Traversi⁴, M. Severi⁴, S. Nava^{5,6}, G. Calzolari^{5,6}, F. Giardi^{5,6}, C. Fratticioli^{5,6} e F. Lucarelli^{5,6}

Istituto di BioEconomia IBE-CNR, 50145 Firenze

² ENEA, SSPT-CLIMAR, 40121 Bologna

³ Consorzio LaMMA, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁴ Dip. di Chimica, Università di Firenze, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁵ I.N.F.N., Sezione di Firenze, Via Sansone 1, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

⁶ Dip. di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

** Corresponding author. Tel: +39 055 5226053, E-mail: francesca.calastrini@cnr.it*

Keywords: PM_{2.5}, PM₁₀, PBLH, XRF

Gli episodi acuti di inquinamento invernale si realizzano spesso in presenza di condizioni meteorologiche critiche, caratterizzate da configurazioni sinottiche di blocco, con scarsa dispersione e assenza di piogge dilavanti, in aree con forte presenza di sorgenti emissive antropiche. Le emissioni inquinanti sono principalmente legate al traffico veicolare e al riscaldamento residenziale, sorgente che risulta determinante proprio nella stagione fredda.

Le configurazioni di blocco, caratterizzate dalla presenza di strutture anticicloniche quasi stazionarie che impediscono l'ingresso di perturbazioni, possono avere effetti particolarmente negativi sulla qualità dell'aria, soprattutto in aree morfologicamente predisposte a condizioni di ristagno, come le aree vallive. Tali configurazioni stanno divenendo sempre più frequenti e persistenti, con importanti elementi di correlazione con il cambiamento climatico [1].

In questo lavoro sono presentati i risultati di una campagna di misure nella piana Firenze-Prato, nel periodo invernale 2024-2025. I valori di concentrazione di PM₁₀ e PM_{2.5}, rilevati dalle stazioni low-cost della rete AirQino [2], vengono analizzati e messi in relazione con le stime dell'altezza di PBL (Planetary Boundary Layer) ottenute dal modello WRF (Weather Research and Forecasting model)

[3] ad alta risoluzione, operativo presso il Consorzio Lamma [4]. L'analisi delle dinamiche atmosferiche e degli andamenti su base oraria della concentrazione degli inquinanti consente una descrizione dettagliata degli episodi acuti di inquinamento invernale, mettendo in luce rilevanti correlazioni tra i parametri fisici e chimici che li caratterizzano.

L'analisi della composizione del PM è inoltre utilissima nel discriminare aerosol di diversa origine. In questo lavoro, misure di composizione ionica, elementare e delle componenti EC-OC nel PM raccolto nell'area fiorentina andranno ad integrare le analisi sopra menzionate. Dati di composizione con risoluzione sia giornaliera che oraria (questi ultimi tramite spettrometro XRF Xact 625i), permetteranno di individuare le principali sorgenti e determinare il loro contributo al PM, in particolare in corrispondenza di episodi acuti di inquinamento da PM₁₀.

Bibliografia

[1] Bacer S. et al., 2022, DOI:10.5194/wcd-3-377-2022.

[2] <https://www.airqino.it>

[3] <https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/>

[4] <https://www.lamma.toscana.it/modelli/atmo/wrf-info-sul-modello>

Black Carbon in Toscana: risultati dei primi tre anni di monitoraggio

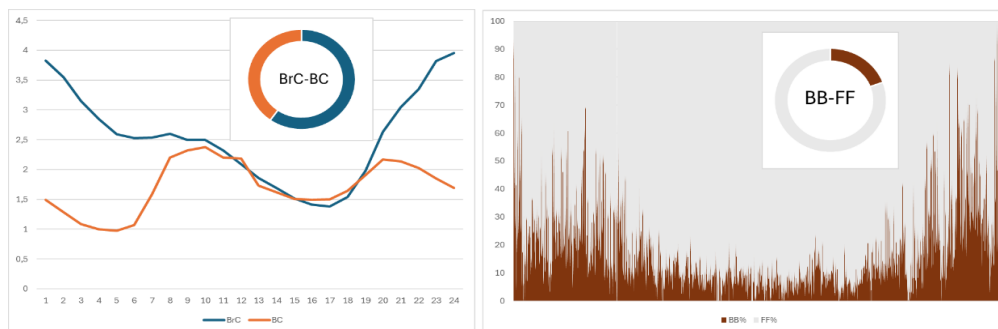
Bianca Patrizia Andreini¹, Chiara Collaveri¹, Tiziana Cecconi¹, Fiammetta Dini^{1*}, Dennis DalleMura¹, Roberto Fruzzetti¹, Marina Rosato¹, Marco Stefanelli¹

¹ ARPAT CRTQA

* Corresponding author. Tel: +39 055 3206896; E-mail: f.dini@arpat.toscana.it

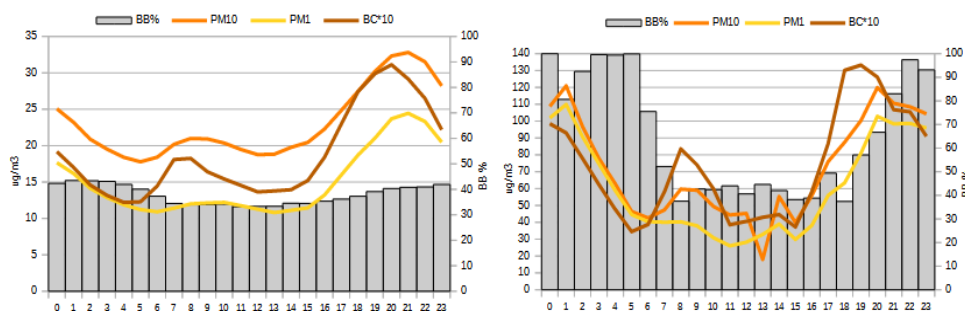
Keywords: BC, BrC, Biomass Burning, Fossil Fuel, PMF, OPC

In Toscana il monitoraggio di Black Carbon è effettuato in due stazioni, una di traffico nel capoluogo fiorentino e una di fondo in un sito interessato dalla combustione di biomassa. Le misure sono disponibili a partire da marzo 2023 per Fi-Mosse (traffico) e da gennaio 2023 per LU-Capannori (fondo). Lo strumento di misura è un Etalometro (AE33, Magee Scientific). In questo lavoro sono esaminate le proprietà di assorbimento dell'aerosol per approfondire le informazioni sulla tipologia e sulle sorgenti del PM nei due siti. Gli andamenti stagionali di Black e Brown carbon per i due siti evidenziano la diversa impronta sul PM del traffico e del riscaldamento domestico a biomassa.



In figura sono riportati per il sito di FI-Mosse l'andamento del giorno tipo di Black e Brown carbon e il contributo medio annuo delle due componenti (grafico sx) e l'andamento annuale della suddivisione tra BB (Biomass Burning) e FF (Fossil Fuel) per il 2025 (grafico dx). Nonostante il contributo medio annuo del Fossil Fuel sia prevalente nella stazione di traffico (83% vs 17%), in termini di massa il BrC, che ha un andamento maggiormente correlato con il riscaldamento, è prevalente sul BC. Nel sito di LU-Capannori che è candidato a super-sito per la Toscana, è presente anche un OPC (Palas Fidas 200) e viene effettuata la speciazione chimica del PM_{2.5} e la caratterizzazione delle sorgenti tramite PMF. Questo rende possibile l'analisi delle proprietà ottiche integrando i dati orari dell'Etalometro con i dati orari dell'OPC e permette di effettuare una PMF a risoluzione oraria utilizzando questi dati.

In figura sono riportati per il sito di Lu-Capannori l'andamento del giorno tipo per Black Carbon e PM medio per il 2025, % di BB rispetto al BC pari a circa il 39% (grafico sx).



Nel grafico a dx è riportato l'andamento dei parametri in un giorno di superamento invernale (15 dicembre

2025) in cui sono ben visibili gli elevati valori di PM₁₀, PM₁ e BC e la % di BB rispetto al BC è pari al 65%, con picchi del 100% nelle ore serali. Il monitoraggio del Black Carbon in Toscana evidenzia una netta distinzione tra l'impronta emissiva del sito urbano di traffico di FI-Mosse e quella del sito di fondo di LU-Capannori, fortemente influenzato dalla combustione di biomassa nel periodo invernale. In entrambi i contesti il Brown Carbon risulta rilevante in termini di massa, sottolineando il contributo del riscaldamento domestico anche in aree a prevalente impatto veicolare. L'integrazione delle misure ottiche con dati dimensionali e chimici del particolato conferma l'efficacia di un approccio multi-strumentale ad alta risoluzione temporale per la caratterizzazione delle sorgenti e l'analisi degli episodi di superamento del PM.

Bibliografia

- [1] Sandradewi, J. (2008). Environ Sci Tech 42, 3316–3323
- [2] Ivančić M. (2002) Science of the Total Environment 848, 157606
- [3] Diémoz H. (2025) Egusphere, 5044 preprint <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-5044>

Valutazione della distribuzione dimensionale del particolato atmosferico presso un sito di monitoraggio semi-rurale nell'area romana: analisi di eventi dovuti a trasporto

Francesca Vichi^{1*}, Mauro Montagnoli¹, Andrea Imperiali¹, Paola Romagnoli¹

¹ CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA);

* Corresponding author. Tel: +39 06 90672802, [E-mail: francesca.vichi@cnr.it](mailto:francesca.vichi@cnr.it)

Keywords: *Distribuzione dimensionale, coarse, sabbie sahariane*

Introduzione: Il particolato atmosferico (PM) esercita, come noto, molteplici effetti sull'ambiente, sulla salute umana e degli ecosistemi e sul clima (WHO, 2021; IPCC, 2023). La sua presenza è determinata da diverse sorgenti emmissive, sia naturali (risospensione del suolo, materiale biogenico, sale marino) sia antropogeniche (traffico, processi di combustione, agricoltura, etc.), ma dipende anche da processi di conversione gas-particella e dalle condizioni meteorologiche sia su scala locale che sinottica (trasporto long-range) (Seinfeld and Pandis, 2016). Tra gli eventi di trasporto quelli che riguardano le sabbie sahariane sono particolarmente frequenti nel bacino del Mediterraneo.

Possibili reazioni eterogenee di vari composti in fase gassosa, tra cui quelli organici, sulle polveri sabbiose sono state descritte precedentemente (Salisbury et al., 2006; Zheng et al, 2022).

Metodi: La misura delle diverse frazioni granulometriche (0.28 - >0.65 μm) presso la stazione "Arnaldo Liberti" nell'Area della Ricerca di Montelibretti (RM1) è effettuata mediante un contatore ottico (OPC multichannel monitor - FAI), ad essa è affiancato il monitoraggio in continuo dei principali parametri meteorologici (temperatura, umidità relativa, direzione e velocità del vento, pressione, radiazione solare e precipitazioni) e degli inquinanti gassosi (ossidi di azoto, ozono e formaldeide).

Risultati: In questo studio sono stati considerati i dati relativi agli anni 2024 e 2025, con particolare focus su episodi di trasporto di sabbie sahariane documentate nell'area di studio. Alcuni eventi verificatisi, quali ad esempio quelli del 31/03/2024, 21/06/2024, 16/03/2025, sono stati esaminati ed è stata valutata la correlazione tra la formaldeide misurata localmente e la distribuzione dimensionale fornita dall'OPC. L'analisi condotta ha consentito di evidenziare un'aumentata correlazione tra la frazione più grossolana (>0.65 μm) e la formaldeide considerando i singoli eventi ($R^2=0.76$) rispetto all'intero periodo estivo ($R^2=0.23$).

Conclusioni: I risultati, nel periodo in esame, sembrano indicare in alcuni casi una aumentata correlazione tra la formaldeide in atmosfera e la frazione di particolato più grossolana in corrispondenza di eventi dovuti al trasporto di sabbie sahariane. Ciò sembra essere in particolare associato ad eventi in periodi estivi, quando l'interazione di altri VOC precursori (ad es. isoprene) in condizioni di intensa attività fotochimica può portare alla generazione di formaldeide (Zheng et al, 2022).

Bibliografia

- [1] WHO 2021. WHO Global Air Quality Guidelines. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.
- [2] IPCC 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- [3] Seinfeld JH and Pandis SN. 2016. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change John Wiley & Sons, Inc., <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- [4] Salisbury G et al. 2006. <https://doi.org/10.1029/2005JD006840>
- [5] Zheng F et al. 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13081283>

Mitigazione dell'inquinamento atmosferico legato al traffico mediante arbusti sempreverdi in microambienti urbani: un caso studio a Bergamo, Italia.

Maria Luisa Feo^{1,4}, Gregorio Sgrigna^{*2}, Marco Torre¹, Francesca Marcovecchio¹, Chiara Anselmi², Dania Valli², Mattia Perilli¹, Simone Serrecchia¹, Giulio Esposito¹, Emanuela Tempesta³, Francesca Trapasso³, Ettore Guerriero¹, Valerio Paolini¹.

¹ *CNR-Institute of Atmospheric Pollution Research (CNR-IIA)*

² *CNR-Research Institute of Terrestrial Ecosystems (CNR-IRET)*

³ *CNR-Institute of Environmental Geology and Geoengineering (CNR-IGAG)*

⁴ *National Biodiversity Future Center - NBFC*

Le fermate degli autobus urbani rappresentano hotspot critici per l'inquinamento atmosferico, spesso trascurati nelle strategie di mitigazione. Mentre i grandi spazi verdi sono ampiamente studiati, l'impatto della vegetazione su piccola scala rimane meno chiaro. Questa ricerca ha valutato il ruolo di comuni arbusti sempreverdi (*Prunus laurocerasus* e *Pyracantha x 'Navaho'*) nella riduzione del particolato PM10. Lo studio è stato condotto presso una fermata dell'autobus ad alto traffico a Bergamo, durante le stagioni autunnale e invernale, concentrandosi sul potenziale di queste essenze nel migliorare la qualità dell'aria in microambienti urbani densamente popolati. I risultati hanno dimostrato che gli arbusti hanno ridotto le concentrazioni di PM10 del 20% in inverno e del 16% in autunno rispetto alle aree adiacenti prive di vegetazione. Inoltre, le concentrazioni di elementi metallici associati al PM10 sono diminuite in media del 5%, con il Rame (Cu) che ha mostrato il tasso di rimozione più elevato (64%), seguito dallo Stronzio (Sr, 61%). Il profilo chimico degli elementi più abbondanti rilevati nelle foglie (Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Fe e Ti) è risultato identico a quello dei campioni atmosferici misurati durante il periodo autunnale. Questi risultati evidenziano come la vegetazione sempreverde su piccola scala possa agire come una 'barriera bio-fisica' efficace per ridurre l'inquinamento in zone ad alto traffico. Integrare tali elementi verdi nella pianificazione urbana rappresenta una strategia sostenibile e a basso costo per migliorare la qualità dell'aria e la salute pubblica nelle città moderne."

Il contributo al network EMEP dei nuovi siti di monitoraggio di Montelibretti e Lampedusa

Giulia Zazzu¹, Ilaria D'Elia², Lorenzo De Silvestri², Giulio Esposito¹, Marco Giusto¹, Mauro Montagnoli¹, Giandomenico Pace², Cinzia Perrino¹, Salvatore Piacentino², Elena Rantica¹, Tiziana Sargolini¹, Damiano Sferlazzo², Luca Tofful^{1,*}

¹ Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - Consiglio Nazionale delle Ricerche; ² ENEA - Divisione Modelli, Osservazioni e Scenari per il Cambiamento Climatico e la Qualità dell'Aria
* Corresponding author. Tel: +39 06 90672407, E-mail: luca.tofful@cnr.it

Keywords: PM, filter pack, trasporto transfrontaliero, variazioni stagionali

Introduzione: La Convenzione UNECE-CLRTAP (*Convention on Long Range Transboundary Air Pollution*) costituisce il primo quadro giuridico internazionale volto a ridurre l'inquinamento atmosferico su scala regionale e a mitigarne gli effetti oltre i confini nazionali. In tale contesto, il Protocollo EMEP (*European Monitoring and Evaluation Program*) fornisce basi scientifiche solide per l'elaborazione e la valutazione di politiche di riduzione delle emissioni attraverso la raccolta sistematica di dati emissivi, misurazioni di qualità dell'aria e modellizzazione del trasporto e della deposizione degli inquinanti valutandone l'impatto sulla salute, gli ecosistemi, i materiali e il clima. **Metodi:** Recentemente, il network EMEP nel bacino del Mediterraneo si è ampliato grazie all'aggiunta dei due nuovi siti italiani di Montelibretti (Rm) e di Lampedusa (Ag). Quest'ultimo è ubicato presso la Stazione per le Osservazioni Climatiche di ENEA e fornisce dati provenienti da un punto di osservazione unico nel suo genere, posto al centro del Mediterraneo e distante più di 150 km dalla costa più vicina. Entrambi i siti rispettano i requisiti tecnici e scientifici dei siti EMEP di *livello 1* e forniscono dati relativi ai principali parametri chimici e fisici, tra cui la misura giornaliera delle concentrazioni in massa di PM₁₀ e PM_{2,5}, delle componenti inorganiche in fase gassosa (NH₃, HNO₃, SO₂) e particolare (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) campionate mediante *filter-pack*, il contenuto di carbonio organico (OC) ed elementare (EC) nel particolato *fine* e la determinazione in continuo di ossidi di azoto (NO_x), ozono (O₃) e dei principali parametri meteorologici.

Risultati: Nello studio sono stati analizzati gli andamenti temporali delle variabili misurate in entrambi i siti nell'anno 2024 e interpretate le variazioni osservate in funzione della stagionalità e della meteorologia. Sono state discusse le differenze di concentrazione tra i due siti ed il possibile effetto dovuto alla presenza di sorgenti locali e/o del trasporto transfrontaliero. In particolare, le concentrazioni di PM sono risultate mediamente superiori a Montelibretti durante l'intero anno di misure, mentre i valori medi di Lampedusa hanno risentito di intensi eventi di trasporto di sabbie sahariane. A tali episodi sono associati incrementi consistenti di SO₄²⁻, oltre a specie cristalline quali Ca²⁺ e K⁺. Quest'ultimo mostra solo a Montelibretti un chiaro andamento stagionale, legato alla combustione di biomasse legnose per riscaldamento domestico. Le specie gassose presentano, in generale, valori di gran lunga inferiori a Lampedusa: nel caso di HNO₃ e SO₂ si osserva per entrambi i siti un aumento delle medie estive, con l'SO₂ che presenta netti incrementi probabilmente legati all'influenza del traffico navale. Riguardo le specie carboniose, infine, è importante notare un'elevata correlazione tra le concentrazioni di OC ed EC soltanto nel sito di Montelibretti.

Conclusioni: Lo studio è stato realizzato e finanziato nell'ambito dell'"*Accordo di collaborazione per il potenziamento della rete EMEP in Italia*", stipulato tra CNR-IIA e il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, nonché svolto nell'ambito dell'"*Accordo di collaborazione tra CNR-IIA ed ENEA per lo svolgimento di attività di ricerca e sviluppo nel campo del monitoraggio ambientale*".

Caratterizzazione chimica e Potenziale Ossidativo del particolato fine in siti rurali, urbani e industriali in Sicilia nell'ambito del progetto NOSE 2

M. Rapuano¹, M. Rinaldi¹, S. Decesari¹, M. Paglione¹, T. C. Landi¹, D. Contini², E. Merico², D. Cesari², A. Abita³, L. Basiricò³, N. Tirone³, e P. Bonasoni¹.

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bologna, 40129, Italia, ² Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (CNR-ISAC), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Lecce, 73100, Italia; ³ ARPA Sicilia, Palermo, 90149, Italia

* Corresponding author. Tel: +39 3279813079, e-mail: m.rapuano@isac.cnr.it

Keywords: Potenziale Ossidativo, Carbonio Organico Carbonio Elementare, Saggio DTT.

L'esposizione al particolato atmosferico (PM) può provocare effetti avversi sulla salute umana, specialmente legati a patologie dei sistemi respiratorio, cardiovascolare e neurologico. È stato riscontrato che il PM causa un'eccessiva produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) nell'organismo, inducendo stress ossidativo cellulare. La capacità dell'aerosol di produrre ROS è definita Potenziale Ossidativo (OP) ed è ampiamente studiata come metrica promettente per valutare gli impatti del PM sulla salute (1). Nell'ambito del progetto NOSE 2 (*Network for Odour SEnsitivity*), sono state condotte quattro campagne stagionali nel 2023 per la misurazione delle concentrazioni di PM₁ presso tre siti della rete ARPA Sicilia: Palermo-Via Di Blasi (urbano da traffico), Trapani-Diga Rubino (fondo rurale regionale) e Priolo (fondo urbano nell'AERCA – Area ad Elevato Rischio di Crisi Ambientale – di Siracusa). Il progetto NOSE 2 utilizza una web-app dedicata per raccogliere in modo strutturato le segnalazioni dei cittadini riguardanti episodi di disturbo olfattivo nelle AERCA siciliane. Le segnalazioni, georeferenziate e archiviate in un database centralizzato, vengono analizzate congiuntamente alle retro- traiettorie calcolate dal modello meteorologico MOLOCH e alle misure in continuo di SO₂, NO_x, NMHC, BTEX e altri inquinanti traccianti della rete di monitoraggio regionale di ARPA Sicilia. Questa integrazione di dati soggettivi e oggettivi consente di identificare potenziali hotspot e sorgenti emmissive responsabili dei miasmi, supportando le attività di controllo ambientale e migliorando il dialogo con la popolazione. Durante le campagne di misura condotte presso i siti indicati sono stati raccolti circa 20 campioni giornalieri sono stati raccolti su filtri in fibra di quarzo mediante campionatori TECORA Skypost (38.3 lpm). Questa procedura di campionamento è stata applicata per ogni stagione del 2023. L'analisi dell'OP è stata eseguita sulla frazione solubile in acqua del PM mediante il saggio acellulare DTT (OPDTT; 2), mentre le concentrazioni di Carbonio Organico ed Elementare (OC-EC) sono state determinate tramite analisi termo-ottica (Sunset, Laboratory Inc.) secondo il protocollo EUSAAR_2 (3) presso ISAC-CNR Lecce. I risultati dell'OPDTT sono stati normalizzati per il volume di campionamento (OPDTT_v).

Il confronto stagionale dell'OPDTT_v tra le tre stazioni mostra risultati coerenti con l'arricchimento del carbonio elementare rispetto all'organico. La stazione Palermo è sempre influenzata da emissioni fresche da traffico e generalmente presenta i valori più alti di OPDTT_v (0.23-0.39 nmol min⁻¹ m⁻³) e i rapporti OC/EC (0.6-1.6) più bassi. D'altra parte, la stazione TP-Diga Rubino, come sito rurale, mostra valori meno intensi di OPDTT_v (0.08-0.21 nmol min⁻¹ m⁻³) ed alti rapporti OC/EC (4-26). Infine, la stazione di Priolo, influenzata dalle attività petrolchimiche, mostra valori intermedi di OPDTT_v (0.17- 0.33 nmol min⁻¹ m⁻³) e di rapporti OC/EC (1.5-5.0). Un'analisi più approfondita su quest'ultima stazione è ancora in corso con l'obiettivo di valutare il contributo dell'industria petrolchimica sui livelli di OP osservati.

Bibliografia

- [1] Gao et al. (2020), doi:10.1016/j.freeradbiomed.2020.04.028
- [2] Rinaldi et al. (2024), doi:10.3390/atmos15040436
- [3] Cavalli. et al. (2010), doi:10.5194/amt-3-79-2010

Analisi e previsione della concentrazione di particolato e black carbon tramite il confronto di modelli machine learning

Marco Ravina^{1*}, Deborah Panepinto¹, Mariachiara Zanetti¹

¹ *Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino;*

**Corresponding author. Tel: +39 0110907699, E-mail:marco.ravina@polito.it*

Keywords: particolato, black carbon, machine learning.

Introduzione: La recente introduzione di metodologie di analisi ed elaborazione dati basata sul machine learning sta dando un notevole impulso allo studio dei trend di concentrazione del particolato atmosferico e delle frazioni che lo compongono. Le stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria della rete nazionale forniscono enormi quantità di dati utilizzabili. Questi dati sono una fonte preziosa di informazioni e, se opportunamente elaborati, possono fornire supporto alla valutazione della qualità dell'aria. L'obiettivo del presente lavoro è l'applicazione ed il confronto di diverse metodologie di machine learning per la previsione della concentrazione di particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}), e delle frazioni carboniose che lo compongono (black carbon e carbonio organico secondario).

Metodi: Lo studio è stato condotto sulla stazione urbana di fondo di Torino Lingotto, sul periodo 2018-2025. Sono state considerate le misure di concentrazione di specie gassose e particolato, integrandole con i dati di speciazione raccolti durante il progetto PREPAIR. Alle misure sono state aggregate le osservazioni meteo della stazione di Torino Reiss Romoli, per un totale di 48 variabili complessive. Lo studio è stato focalizzato sulla previsione della concentrazione di black carbon, PM_{2.5} e PM₁₀ del giorno successivo. I modelli confrontati includono metodi di regressione lineare (stepwise, interaction, o robust linear regression), metodi ad albero (boosted o bagged trees, fine/medium/coarse trees) e reti neurali (narrow/medium/wide, bilayered/trilayered neural networks). L'analisi ha incluso la scelta dei predittori tramite feature ranking, training, validazione ed applicazione del miglior risultato ottenuto alla serie previsionale. Le simulazioni sono state condotte con il software Matlab. **Risultati:** I modelli sono stati confrontati in termini di root mean squared error (RMSE), mean absolute error (MAE), e mean absolute percentage error (MAPE). I risultati sono fortemente influenzati dal numero e tipologia dei predittori selezionati. In tutti i casi considerati, le prestazioni del modello migliorano riducendo il numero predittori, evitando quindi un overfitting di dati. I risultati migliori sono forniti dai modelli di regressione lineare modificati, e dai modelli ad albero di tipo bagged. In generale, l'analisi evidenzia che i modelli sono in grado di catturare le variazioni di concentrazione sul medio-lungo periodo, mentre in più casi falliscono nell'individuare i superamenti giornalieri dei valori limite.

Conclusioni: L'applicazione di modelli machine learning risulta promettente per la stima e previsione della concentrazione di particolato ed inquinanti gassosi. L'errore del modello dipende fortemente dalle impostazioni del modello stesso, per cui è fondamentale una supervisione basata sulle conoscenze scientifiche. L'applicazione di tecniche machine learning può tornare utile come informazione complementare presso le stazioni di monitoraggio della rete nazionale, nelle quali non sono disponibili determinate misure, oppure nel caso si verifichi un guasto temporaneo o un malfunzionamento della strumentazione.

La campagna multiparametrica APINA (Aerosol Properties by Integrated measurements in Naples Area): focus sulle emissioni durante il periodo di Capodanno

M. Manzo¹, S. Amoruso¹, M. Calvello^{2,*}, F. Esposito³, A. Giunta², G. Pavese², A. Sannino¹, S. Spinosa¹
and A. Boselli²

¹ Dipartimento di fisica "Ettore Pancini" - Università degli studi di Napoli "Federico II";

² Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale; ³ Università della Basilicata

* Corresponding author. E-mail: mariarosaria.calvello@cnr.it

Keywords: aerosol, remote sensing, in-situ

Introduzione: Il monitoraggio e la caratterizzazione degli aerosol atmosferici su lungo periodo sono essenziali per comprendere i processi che regolano la qualità dell'aria e il clima. Negli ambienti urbani, gli aerosol hanno un impatto significativo sulla salute e sul bilancio radiativo terrestre, essendo la loro composizione fortemente influenzata da emissioni locali e condizioni meteorologiche che ne controllano concentrazione e distribuzione verticale; tale complessità rende necessarie strategie osservative dedicate a caratterizzarne le proprietà ottiche e microfisiche sia al suolo che sulla colonna atmosferica. In questo senso, numerosi studi hanno dimostrato l'importanza di integrare misure in situ e tecniche di remote sensing per una descrizione completa delle proprietà degli aerosol [1].

Questo lavoro presenta i primi risultati di una campagna di misura multi-parametrica condotta nell'area urbana di Napoli con lo scopo di studiare la variabilità spazio-temporale del particolato disperso in atmosfera urbana. Osservazioni particolari sono state realizzate nei giorni in prossimità delle festività di Capodanno, caratterizzati da intense attività pirotecniche.

Metodi: Nell'ambito di questo lavoro, è stata impiegata strumentazione in situ e di remote sensing. Sono stati utilizzati un etalometro per la determinazione delle concentrazioni equivalenti di Black Carbon (eBC) e per la stima dell'Absorption Ångström Exponent (AAE) e un Optical Particle Sizer (OPS) per fornire misure in tempo reale delle distribuzioni dimensionali delle particelle nell'intervallo 0.3–10 µm. Tali osservazioni sono state supportate da strumentazione di remote sensing appartenente alla sezione CARS (Centre for Aerosol Remote Sensing) all'interno di ACTRIS [2]. Misure lidar sistematiche sono state effettuate per caratterizzare le proprietà ottiche degli aerosol atmosferici, combinate alle informazioni integrate lungo la colonna ricavate da un fotometro CIMEL, parte della rete AERONET [3].

Risultati: Nei giorni in prossimità di Capodanno, l'etalometro ha registrato picchi di concentrazione di eBC superiori alla quasi totalità dei valori osservati durante l'intera campagna di misura, mentre l'OPS ha evidenziato un marcato incremento della concentrazione di particelle fini durante l'evento. Tali osservazioni sono state integrate con l'analisi dei dati del fotometro, che ha rilevato un incremento dei valori di Aerosol Optical Depth (AOD) del 275% rispetto al valore medio osservato nell'area di misura [4].

Conclusioni: La campagna di misura ha evidenziato un incremento del carico aerosolico in atmosfera successivamente ad eventi pirotecnici legati alle celebrazioni del nuovo anno. I risultati dimostrano il valore aggiunto di un approccio integrato per la caratterizzazione dell'impatto di eventi locali sulla qualità dell'aria in ambienti urbani complessi.

Bibliografia:

- [1] Hengheng Z. et al. 2024. DOI: 10.5194/ar-2-135-2024
- [2] Pappalardo G. et al. 2018. DOI 10.1051/epjconf/201817609004
- [3] Holben B.N. et al, 1998 DOI : 10.1016/S0034-4257(98)00031-5
- [4] Damiano et al. 2022. DOI: 10.3390/atmos13122078

Analisi di lungo termine di O₃ e NO_x nel Parco Nazionale del Pollino

Mariarosaria Calvello^{1*}, Francesco Di Paola¹, Francesco Esposito², Giulia Pavese¹, Filomena Romano¹

¹ IMAA-CNR, Tito Scalo, 85050

² Università della Basilicata, Potenza, 85100

* Corresponding author, Tel: +0971-427205, E-mail: mariarosaria.calvello@cnr.it

Keywords: O₃, NO_x, qualità dell'aria, parchi naturali

In molte aree dell'Europa Meridionale, la combinazione di un clima di tipo Mediterraneo e delle emissioni dei precursori, tra cui gli NO_x, favorisce la formazione di O₃, le cui concentrazioni elevate sono dannose sia per la salute, che per gli ecosistemi e per la biodiversità (1, 2). Ciò è vero anche per le aree protette come i Parchi Naturali dove però non è frequente la presenza di stazioni per la misura delle concentrazioni di inquinanti. Il Parco Nazionale del Pollino (PNP), il più grande Parco naturale in Italia, situato tra la Basilicata e la Calabria, è peculiare perché ospita una rete di monitoraggio della qualità dell'aria composta da 10 stazioni, di cui 4 equipaggiate con strumenti per la misura di O₃ e NO_x. La rete, costituita con la finalità di valutare le emissioni di una centrale a biomasse posizionata nella Valle del Mercure (3), inclusa nel PNP, fornisce dati utili a determinare lo stato della qualità dell'aria. In particolare, il monitoraggio dell'O₃ riveste un ruolo rilevante perché, benché in Basilicata le concentrazioni di inquinanti siano complessivamente basse, l'esposizione all'O₃ costituisce una criticità (4). L'analisi dei dati di O₃ e NO_x sul quinquennio 2019-2024 ha consentito di osservarne le variazioni interannuali, gli andamenti stagionali, l'effetto di parametri meteorologici, della presenza di vegetazione, e l'influenza di attività antropiche, favorendo l'identificazione delle principali sorgenti in aree diverse del PNP. In Figura 1 si riporta un esempio dei risultati ottenuti, ovvero i grafici del giorno tipo di O₃ e NO₂ per il quinquennio per le 4 stazioni di monitoraggio considerate.

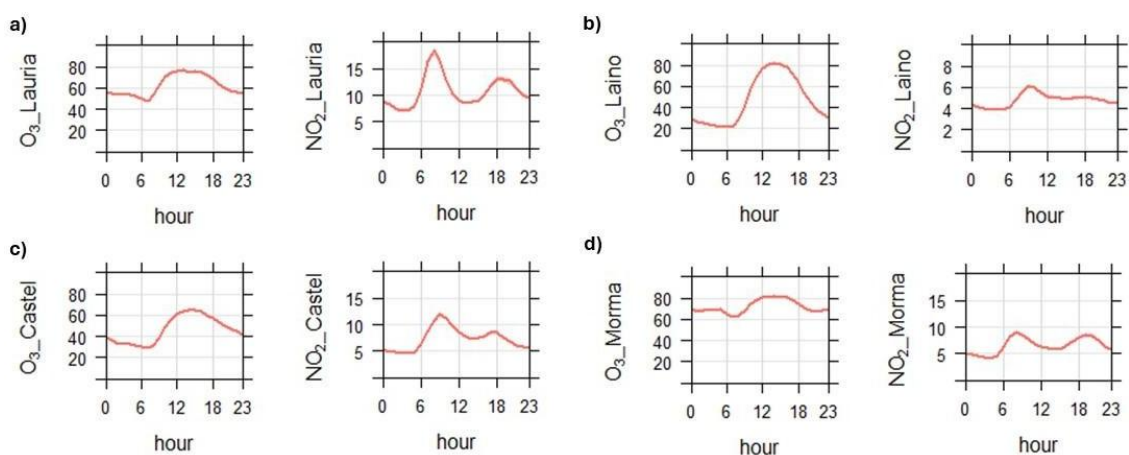


Figura 1: Giorno tipo delle concentrazioni di O₃ (µg/m³) e NO₂ (µg/m³), calcolato sugli anni 2019-2024 per le stazioni di Lauria (a), Laino Castello Ex. S.P.(b), Castelluccio Inferiore(c), e Mormanno (d) situate nell'area del PNP.

È evidente come i differenti gradi di antropizzazione che caratterizzano le stazioni e il PNP più in generale, determinino andamenti molto diversi per O₃ e NO₂. Nel caso dell'O₃ un ruolo rilevante è rivestito anche dalla vegetazione presente nelle vicinanze di ciascuna stazione.

Bibliografia

- [1] Escudero, M. et al., 2016. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.03.006
- [2] Guion, A. et al., 2023. DOI: 10.5194/acp-23-1043-2023
- [3] <https://www.centralemercure.com/dati-immissioni/>
- [4] Gagliardi, R. B., et al., 2025. DOI: 10.3390/atmos16050491

Verso una città più pulita: sorgenti di inquinamento atmosferico a San Donà (Venezia)

Marta Radaelli^{1*}, Alice Franchin¹, Angelica Mognato¹, Giovanna Mazzi¹, Andrea Gambaro^{1,2}

¹ Dip. Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari di Venezia; ² Istituto di Scienze Polari, Centro Nazionale delle Ricerche

* Corresponding author. Tel: +393479080810, [E-mail: marta.radaelli@unive.it](mailto:marta.radaelli@unive.it)

Keywords: sorgenti, PMF, inquinamento atmosferico

Introduzione: La qualità dell'aria dei centri urbani è spesso oggetto di preoccupazione da parte delle amministrazioni locali, dal momento che le città sono hotspot di inquinamento dovuto a molte sorgenti (1). Traffico, riscaldamento domestico, contributi industriali e molte altre sorgenti contribuiscono al peggioramento della qualità dell'aria, risultando in un potenziale rischio per i cittadini (2). In quest'ottica, il Comune di San Donà ha coinvolto l'Università Ca' Foscari di Venezia per investigare quali fossero le principali sorgenti e quanto influenzassero la qualità dell'aria di una zona residenziale nel centro della città.

Metodi: Un campionatore PM10 sequenziale (Tecora) è stato posizionato in una zona centrale della città, vicino ad una strada interessata da traffico e da residenze private. Ogni stagione, per un anno, sono stati raccolti 30-35 campioni di PM10 giornaliero, per un totale di più di 120 filtri. Dopo aver determinato la quantità di particolato raccolto, i campioni sono stati divisi in quattro parti con il fine di analizzare diversi componenti dell'aerosol: TOC, metalli, ioni maggiori, composti organici quali zuccheri, anidrozuccheri, pesticidi. Le analisi sono state effettuate con un Analizzatore TOC-L con modulo solidi SSM-5000A, ICP-MS, IC-MS e HPLC-MS, rispettivamente. Per l'identificazione delle sorgenti è stato applicato il metodo EPA PMF.

Risultati: Una valutazione preliminare è stata effettuata partendo dalla quantità di PM10 raccolto giornalmente. Il peso del PM10 campionato è risultato variabile tra le stagioni, con valori maggiori per autunno e inverno, e tendenza alla diminuzione verso primavera ed estate. I metalli hanno confermato tale andamento così come il TOC con picchi di 27,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 22,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a novembre e febbraio. Il marker della combustione di biomassa (levoglucosan) ha concentrazioni più elevate durante le stagioni fredde, e diminuisce con l'aumento della temperatura, in accordo con la minore combustione di biomassa. Gli andamenti dei composti organici hanno mostrato pattern stagionali.

Conclusioni: Tramite l'applicazione del modello EPA PMF è stato possibile identificare le sorgenti più importanti di San Donà, dando supporto all'amministrazione locale per interventi futuri di mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

Bibliografia

- [1] Air pollution | In-depth topics | European Environment Agency (EEA)
- [2] Thangavel, P., Park, D., & Lee, Y.-C. (2022) DOI:10.3390/ijerph19127511

The ASI-NASA Multi-Angle Imager for Aerosols Mission to monitor airborne particulate matter from space and study its health impacts

Matteo Picchiani^{1*}, Giovanni Rum¹, Vincenzo Pulcino¹, Simona Zoffoli¹, Francesco Longo¹, David J. Diner², Sina Hasheminassab², Stacey W. Boland², Kevin A. Burke², Saagar Patel², Lori Bator², Scott Gluck², Alex Dunn², Sebastian Val²

¹ ASI – Agenzia Spaziale Italiana, Via del Politecnico snc, 00133 Roma, Italy;

² Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91109, USA

* Corresponding author. Tel: +39 06 856 7273, E-mail: matteo.picchiani@asi.it

Keywords: MAIA Mission, spectropolarimetric camera, PM10, PM2.5 speciated

In January 2023, NASA and the Italian Space Agency (ASI) jointly agreed to carry out the Multi-Angle Imager for Aerosols (MAIA) Mission, which leverages development of the PLATiNO satellite platform. The PLATiNO-2 satellite will carry the MAIA instrument, selected in 2016 as part of NASA's Earth Venture Instrument (EVI) program and aimed at linking exposure to different types of airborne particulate matter (PM) with adverse human health outcomes. The MAIA instrument contains a spectropolarimetric camera with 14 spectral bands (covering the UV-SWIR spectral range) mounted on a two-axis gimbal, enabling observations from multiple view angles. Three of the bands measure degree and angle of linear polarization. Launch is planned to occur between November 2027 and October 2028. The mission is designed to monitor a set of globally distributed Primary Target Areas (PTAs) that have been selected to include highly populated urban areas, with a revisit frequency of about 3-4 observations per week. Moreover, Secondary Target Areas (STAs), with 1-4 observations per week, have been defined to extend the observations to additional areas of scientific interest. Thanks to the agreement between NASA and ASI, one PTA and two STAs will be observed over Italy covering major cities including Rome, Bologna, Milan, Turin, Taranto, Bari, and neighbouring areas. MAIA imagery acquired over the PTAs will be used to retrieve aerosol optical depth and microphysical properties. The latter will be combined with surface measurements and chemical transport model outputs to generate daily maps of near-surface PM10, PM2.5, and PM2.5 species (including sulfate, nitrate, organic carbon, elemental carbon, and dust) on a 1-km spatial grid. These satellite-derived products will then be used by health researchers on the MAIA team to study how specific chemical components of PM pollution contribute to human health impacts such as cardiovascular issues, respiratory diseases, and adverse pregnancy outcomes. To facilitate the transformation of satellite-derived aerosol information into near-surface PM concentrations, surface measurements of PM chemical components are provided by national or regional environmental agencies in Italy, Spain, US, and South Korea. For other PTAs in South America, Africa, the Middle East, and Asia, ground stations with PM speciation samplers have been deployed by the MAIA project. ASI has established dedicated agreements with several Italian regional environmental agencies who are contributing to the MAIA Mission by providing surface data (including speciated PM2.5 mass concentrations) over the Italian target areas.

References

- [1] Diner, D.J. et al. 2018. DOI: 10.1117/1.JRS.12.042603
- [2] Jin, Z. et al. 2024. DOI: 10.1016/j.rse.2024.113995
- [3] Ansalone L. et al. 2024. DOI: 10.1109/IGARSS53475.2024.10642301
- [4] <https://maia.jpl.nasa.gov/>

Investigation of PFAS Contamination in Airborne Particulate Matter in Milan

Paola Fermo^{1*}, Valeria Comite¹, Antonio Faggiano², Mattia Borelli¹, Andrea Bergomi¹, Marco Crimella¹, Antonio Proto², Oriana Motta³, Antonino Fiorentino¹

¹ Department of Chemistry, University of Milan, Via Golgi 19, 20133 Milan, Italy

² Department of Chemistry and Biology "Adolfo Zambelli", University of Salerno, via Giovanni Paolo II 132, 84084 Fisciano, SA, Italy

³ Department of Medicine Surgery and Dentistry "Scuola Medica Salernitana", University of Salerno, via S. Allende 1, 84081 Baronissi, SA, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 3384148490, E-mail: paola.fermo@unimi.it

Keywords: PFAS, PM10, LC-MS-MS

PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) are synthetic chemical compounds that have been used since the 1950s in a wide range of everyday products, such as non-stick cookware, waterproof fabrics, firefighting foams, electronic devices, and cosmetics. Their structure is characterized by strong carbon–fluorine bonds, which make them extremely stable and difficult to degrade. For this reason, they are often referred to as “forever chemicals.” Within this large chemical family, two main categories can be distinguished. Long-chain PFAS – such as PFOA and PFOS – are poorly volatile, tend to adhere to atmospheric particulate matter, and easily accumulate in living organisms, making them particularly persistent. Short-chain PFAS, such as PFBA, PFBS and GenX, are more soluble and mobile: they spread more readily in the atmosphere and show a lower potential for bioaccumulation, although today they are much more widespread.

Although atmospheric research on PFAS (both in the particulate and gas phases) is less developed than studies in water and soil, several findings have already emerged. In China high levels have been detected, reaching values of about 150 pg/m³. Among the most frequently detected substances are PFBA, PFOA, PFHxA, and several volatile precursors such as FTOHs.

From an atmospheric dynamics perspective, PFAS can travel thousands of kilometers through air currents and subsequently deposit onto the ground via rain, snow, or dust.

Exposure to PFAS represents a concrete risk for human health, as demonstrated by numerous scientific findings. These substances have been linked to a range of adverse effects involving different organs and biological systems. Among the most significant are hepatotoxicity, immunosuppression, resulting in a reduced response to vaccines and an increase in inflammatory conditions; PFAS have also been associated with reproductive toxicity, and potential effects on fetal development. Some PFAS are able to cross the blood–brain barrier, making them potentially neurotoxic, while others have been associated with an increased risk of certain cancers. The most relevant route of exposure is the inhalation of contaminated air.

In the present study, several atmospheric particulate samples were collected using a high-volume sampler in Milan, where no data on PFAS concentration in the air are currently available. Sampling activities, still ongoing, will be carried out in different areas of the city to obtain preliminary results on their distribution. The identification and quantification of PFAS will be performed using LC-MS/MS (liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry), which makes it possible to detect even extremely low concentrations.

Bibliografia

[1] Yang H et al. 2025. DOI: 10.1183/13993003.00419-2016

Monitoraggio delle polveri sottili in Campania tramite sensori a basso costo e analisi delle relazioni con le condizioni meteorologiche

V. Capozzi^{1*}, Y. Cotroneo¹, L. Gifuni¹, C. Annella^{1,2}, R. Cucciniello³, R. Montella¹, G. Budillon¹

¹Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale, Isola C4, 80143 Napoli, Italia; ²Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISAC), Via Fosso del Cavaliere, 100 - 00133 Roma, Italia; ³Departimento di Chimica e Biologia "Adolfo Zambelli", Università di Salerno, Via Giovanni Paolo II, 132, 84084 Fisciano, Italia.

*Corresponding author. Tel: +39 081 5476575, E-mail: vincenzo.capozzi@uniparthenope.it

Keywords: Qualità dell'aria, polveri sottili, sensori a basso costo, condizioni meteorologiche

Introduzione: Le polveri sottili rappresentano uno dei principali fattori di rischio ambientale per la salute umana nelle aree urbane e periurbane della Campania. In particolare, l'area dell'avellinese, nonostante il contesto prevalentemente rurale e montano, presenta livelli di inquinamento atmosferico significativi, attribuibili principalmente a sistemi di riscaldamento obsoleti e alla pratica diffusa della combustione di residui agricoli. Parallelamente, il Golfo di Napoli costituisce un contesto costiero ad elevata densità antropica ed intensa attività portuale e urbana. In questo quadro, l'adozione di reti di sensori a basso costo consente un monitoraggio ad alta risoluzione spaziale e temporale delle concentrazioni di particolato atmosferico.

Metodi: L'attività di monitoraggio si basa su una rete distribuita di centraline low-cost denominate "Airlink", prodotte dalla Davis Instruments (USA). Si tratta di centraline dotate di sensori Plantower PMSA003 che misurano le concentrazioni di particolato (PM₁, PM_{2.5} e PM₁₀) basandosi sul principio del laser scattering. Nell'avellinese, sono attualmente operative 20 centraline, installate a differenti quote altimetriche per investigare la variabilità verticale del particolato all'interno dello strato limite planetario. Nel Golfo di Napoli, è ad oggi operativa una rete di monitoraggio costituita da 10 sensori, alla quale, dal 2024, ha contribuito in maniera significativa l'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" nell'ambito delle attività connesse al Centro Operativo per la Mobilità Sostenibile. In diversi punti di misura, le centraline low-cost sono affiancate da una stazione meteorologica per l'osservazione dei principali parametri atmosferici. Tale approccio permette di correlare le concentrazioni di PM con le condizioni meteorologiche locali e di analizzare la variabilità spaziale su scala urbana e regionale.

Risultati: I dati preliminari evidenziano una marcata eterogeneità spaziale delle concentrazioni di particolato, con picchi localizzati associati a specifiche sorgenti emissive e a condizioni meteorologiche favorevoli all'accumulo degli inquinanti, quali inversioni termiche e ridotta ventilazione. L'elevata densità della rete e la disponibilità di misure ad alta risoluzione temporale (1-10 min) consentono, nei due contesti ambientali, di individuare fluttuazioni a breve termine non rilevabili dalle reti di monitoraggio tradizionali e di migliorare, dunque, l'interpretazione dei fenomeni di inquinamento episodico (legati, ad esempio, ad incendi).

Conclusioni: L'impiego di reti di sensori a basso costo in contesti territoriali differenti, dalle aree interne dell'Irpinia al Golfo di Napoli, si dimostra uno strumento efficace per il monitoraggio ad alta risoluzione delle polveri sottili e per l'analisi delle interazioni tra inquinamento atmosferico e dinamiche meteorologiche locali e alla grande scala. L'approccio integrato favorisce una migliore caratterizzazione delle sorgenti emissive e supporta strategie di gestione della qualità dell'aria su scala regionale, oltre promuovere una maggiore consapevolezza ambientale nella popolazione.

Sostanze poli- e perfluoroalchiliche nel particolato atmosferico di Porto Marghera.

Roberta Zangrando¹, Elena Gregoris¹, Elisa Scalabrin¹, Warren R. L. Cairns¹, Marco Roman² and Andrea Gambaro^{2,1}

¹Istituto di Scienze Polari-Consiglio Nazionale delle Ricerche (Venezia), ²Dipartimento di Scienze Ambientali Informatiche e Statistiche, Università Cà Foscari, (Venezia).

* Corresponding author. Tel: + 041 234 8945, E-mail: roberta.zangrando@cnr.it

Keywords: PFAS, aerosol, aree industriali, Regione Veneto, Italia.

Introduzione: Le sostanze poli- e perfluoroalchiliche (PFAS) comprendono un ampio gruppo di oltre 8.000 composti organici sintetici, di cui solo un numero limitato è noto e analizzato. Hanno una vasta gamma di applicazioni industriali e commerciali, dovuti alle qualità ignifughe, idrorepellenti e resistenti a macchie e grasso. Pertanto, i PFAS si trovano comunemente in un'ampia gamma di beni industriali e di consumo. Dal punto di vista tossicologico, la loro persistenza nell'ambiente e le loro proprietà di bioaccumulo rendono i PFAS una minaccia per gli ecosistemi e la salute umana.

Il sito industriale di Porto Marghera si trova nel nord-est dell'Italia, all'interno della laguna di Venezia. Fin dalla sua fondazione, oltre 100 anni fa, ha ospitato attività manifatturiere quali; cantieristica navale, produzione di fertilizzanti, attività metallurgiche, trattamento e lo stoccaggio di prodotti petroliferi, sintesi di sostanze chimiche e logistica portuale. Queste attività hanno avuto un forte impatto sia sulla salute dei lavoratori e delle persone che vivono intorno al sito industriale, sia sull'ambiente lagunare. Dagli anni '80 e poi '90, le attività più inquinanti sono state interrotte e il sito industriale è stato gradualmente deindustrializzato. Attualmente accanto ad attività industriali residue sono presenti soprattutto attività legate alla logistica su gomma, portuale, stoccaggio e trattamento di combustibili e di rifiuti urbani e industriali.

Sin dal 2013, quando nella Regione Veneto è stata scoperta una diffusa contaminazione da PFAS delle acque superficiali, sotterranee e potabili nel vicentino, i livelli di PFAS nella regione Veneto sono attentamente monitorati nelle acque dolci interne da ARPA Veneto. Tuttavia, poco è noto sui livelli di PFAS nell'aerosol atmosferico, una matrice ancora poco studiata, anche nell'area di Porto Marghera. Lo scopo di questo studio è lo sviluppo e la validazione di un metodo di campionamento e analitico per la determinazione dei PFAS legacy nel particolato atmosferico. Attualmente non sono presenti metodi standard per la loro determinazione.

Metodi: Il particolato atmosferico TSP (Total Suspended Particles) si raccoglie impiegando un campionatore ad alto volume (TISCH TSP High Volume Air Sampler). I campioni vengono estratti in metanolo in bagno ultrasuoni e l'estratto analizzato mediante HPLC-MS/MS al fine di determinare i PFCA (da C4 a C12), PFSA (C4, C6, C8), GenX, cC6O4, 6:2FTS. Il metodo di estrazione risulta accurato con recuperi fra il 78 e 117% e precisioni espresse come CV% sempre inferiori al 10%.

Risultati e Conclusioni: La campagna di campionamento sarà effettuata a gennaio 2026 in 5 siti attorno al sito industriale e i risultati forniranno i primi risultati dati relativi alla contaminazione da PFAS nell'atmosfera di Porto Marghera.

Questo lavoro ha beneficiato del supporto infrastrutturale del Centro di Analisi Traccianti (CeTrA) dell'Università Ca' Foscari attraverso il progetto IR0000032 – ITINERIS, Sistema Italiano di Infrastrutture di Ricerca Ambientale Integrate, finanziato dall'UE – Next Generation EU, PNRR – Missione 4 “Istruzione e ricerca” – Componente 2: “Dalla ricerca al business” – Investimento 3.1: “Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione”. Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto “Valutazione dell'esposizione della popolazione agli inquinanti organici persistenti, ai metalli e ai PFAS e agli effetti sulla salute, con particolare riferimento alle popolazioni più sensibili”, finanziato dal Piano Nazionale italiano per gli investimenti Complementari; Programma Salute, ambiente, biodiversità e clima; Investimento 1.2) Sviluppo e attuazione di 2 programmi operativi pilota specifici per la definizione di modelli integrati di intervento salute-ambiente-clima in siti contaminati selezionati di rilevanza nazionale.

Source Apportionment ad alta risoluzione temporale presso due osservatori della rete ACTRIS del sud Italia utilizzando misure fisiche dell'aerosol

Caterina Mapelli^{1,2*}, Teresa Laurita¹, Serena Trippetta¹, Francesco Cardellicchio¹, Davide Amodio¹, Lucia Mona¹, Henri Diémoz³, Daniele Contini², Francesca Barnaba²

¹CNR-IMAA; ²CNR-ISAC; ³ARPA Valle d'Aosta,

* Corresponding author. Tel: +39 0649934800, [E-mail: caterinamapelli@cnr.it](mailto:caterinamapelli@cnr.it)

Keywords: Source apportionment, aerosol, modelli a recettore

Introduzione: Il source apportionment (SA) degli aerosol è uno strumento chiave per identificare le principali sorgenti responsabili delle concentrazioni di particolato atmosferico. Tradizionalmente basato su analisi chimiche offline, il SA è stato poi esteso verso altri approcci, tra cui quelli fondati sulle proprietà fisiche degli aerosol, che consentono misure ad alta risoluzione temporale e con minori costi operativi (1). In particolare, la combinazione di distribuzioni dimensionali delle particelle e misure di assorbimento ottico consente una caratterizzazione efficace delle sorgenti di PM su un ampio intervallo dimensionale, rappresentando un valido complemento alle tecniche chimiche tradizionali (2). In questo contesto, l'Osservatorio Atmosferico del CNR-ISAC (ECO), situato a Lecce, conduce misure sulle proprietà chimiche e fisiche del particolato e studi di SA basati sulla speciazione chimica (3). Inoltre l'Osservatorio Atmosferico del CNR-IMAA (CIAO), situato a Tito Scalo (PZ) ha recentemente potenziato la propria struttura con l'installazione di strumentazione aerosol in-situ di ultima generazione (4), le cui misure possono essere utilizzate per analisi di SA basate sulle proprietà fisiche.

Metodi: Il source apportionment dell'aerosol è stato effettuato mediante il modello a recettore Positive Matrix Factorization (PMF) utilizzando EPA PMF 5.0, impiegando circa un anno (ECO 2016-2017 e CIAO 2025-2026) di dati a risoluzione temporale oraria per entrambi i siti. In particolare il dataset di input della PMF ha incluso la distribuzione dimensionale del range ultrafine misurato tramite SMPS (10-800 nm), e la distribuzione dimensionale fine e *coarse* da misure di OPC (0.3-7.5 μm), o di APS (0.8-10 μm). Per quanto riguarda le proprietà ottiche, sono stati utilizzati la concentrazione di eBC da MAAP nel caso di ECO, e i coefficienti di assorbimento misurati da Aethalometer AE33 per CIAO. I dati sono stati quindi analizzati per identificare le sorgenti di emissione e quantificarne i contributi.

Risultati: L'attribuzione fattore-sorgente è stata condotta analizzando gli andamenti temporali dei fattori e la loro relazione con la direzione e la velocità del vento. Sono stati individuati diverse sorgenti di aerosol, con contributi coerenti con fenomeni di nucleazione, emissioni da traffico, biomass burning, aerosol secondari, polveri minerali locali e di trasporto.

Conclusioni: L'approccio di SA ottico-dimensionale ad alta risoluzione ha permesso di identificare le principali sorgenti di aerosol presso gli osservatori ECO e CIAO, evidenziando contributi locali e regionali. I risultati confermano l'efficacia della PMF su dati in alta risoluzione temporale come strumento complementare alle analisi chimiche tradizionali.

Bibliografia

- [1] Hopke PK et al. 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153104
- [2] Diémoz et al. 2025. DOI: 10.5194/egusphere-2025-5044
- [3] Potì et al. 2025. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.179283
- [4] Laurita et al. 2025. DOI: 10.5194/amt-18-2373-2025

Speciazione e caratterizzazione chimica del PM2.5 – strumenti di valutazione a confronto: inventario delle emissioni, modellistica e tecniche analitiche

Chiara Collaveri^{1*}, Bianca Patrizia Andreini¹, Elisa Bini¹, Tiziana Cecconi¹, Dennis Dalle Mura¹, Fiammetta Dini¹, Stefano Fortunato¹, Roberto Fruzzetti¹, Marina Rosato¹, Marco Stefanelli¹, Elena Franchi², Loredana Scialla², Stefania Tracchi², Laura Zanieri², Caterina Busillo³, Francesca Guarnieri³

¹ARPAT Centro Regionale Tutela Qualità dell'Aria (CRTQA); ²ARPAT Laboratorio Area Vasta Centro AVC; ³Consorzio Lamma

* Corresponding author. Tel:055/32061, E-mail: c.collaveri@arpat.toscana.it

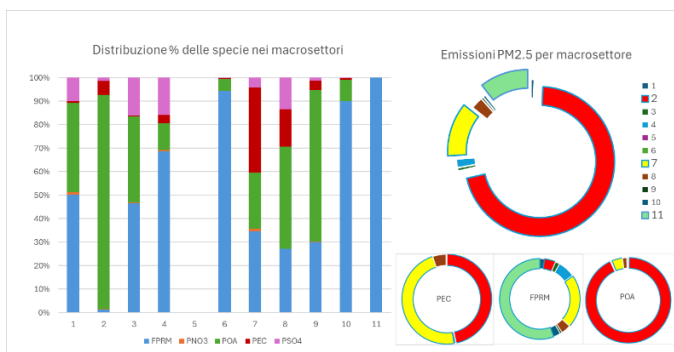
Keywords: speciazione PM2.5, inventario emissioni, source apportionment, dati satellitari

Nell'inventario regionale delle sorgenti di emissione della Toscana (IRSE) le emissioni di ossidi di azoto, composti organici volatili e PM sono suddivise nelle differenti specie chimiche attraverso specifici profili di speciazione per tipologia di attività. Le specie prese in considerazione per il PM2.5 sono Fine Primary

Particulate (FPRM), Organic Aerosol (POA), Sulphates (PSO4), Elemental Carbon (PEC) e Nitrates (PNO3).

In Toscana il contributo più importante alle emissioni di PM2.5 è dato dal macrosettore 2 e in particolare dal riscaldamento domestico a biomassa, con una quota di POA del 92% rispetto al totale di PM2.5 del macrosettore e del 93% rispetto al totale regionale di questa specie. La speciazione chimica delle emissioni stimate dall'inventario IRSE all'interno del macrosettore

2 ha consentito l'applicazione del source apportionment modellistico con il sistema CAMx-PSAT [1] sul dominio della Regione Toscana per l'anno 2025. I risultati del tagging modellistico sono stati integrati con le informazioni derivanti dalla speciazione sul PM2.5 della stazione di LU-Capannori, hotspot della Toscana per il riscaldamento da biomassa. La speciazione viene effettuata su 10-15 campioni giornalieri al mese, a partire da febbraio 2025.



Speciazione	Metodo	Determinazioni
Specie ioniche	EN 16913:2017	Solfati, Nitrati, Cloruri, Ammonio, Sodio, Potassio, Magnesio, Calcio
Metalli/elementi in traccia	EN14902:2005	Al,Fe,Ca,Ti,V,Cr,Mn,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se,Ag,Cd,Sn,Sb,Tl, Pb
Carboni organico/elementare*	EN 16909:2017	EC/OC/TC

* UNIFI-INFN per ARPAT

I dati della composizione chimica sono confrontati con quelli del modello e i dati della PMF [2] con la quota da riscaldamento domestico ottenuta con source apportionment modellistico. La complementarità dei risultati, unita alla conoscenza di dati storici e studi pregressi [3], conferisce una maggiore solidità alle valutazioni per una zona che in tutta la regione risulta la più critica per i livelli di particolato. La valutazione dell'influenza dell'input emissivo sui risultati finali consente inoltre di lavorare su ipotesi di approfondimento sui profili per ottenere risultati sempre più affidabili. La speciazione del PM2.5 è disponibile negli stessi giorni anche nella stazione di FI-Bassi dell'Agglomerato i cui dati, insieme a quelli di LU-Capannori confluiscono nel progetto MAIA [4] con la finalità di un ulteriore confronto tra caratterizzazione del PM2.5 da dati satellitari e speciazione chimica.

Bibliografia

- [1] https://www.camx.com/Files/camx_psat.pdf
- [2] <https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>
- [3] <https://www.regione.toscana.it/-/progetto-regionale-patos>
- [4] <https://maia.jpl.nasa.gov/science-objectives/>

Source apportionment nel territorio italiano: analisi e variabilità spaziale del dataset IAS di speciazione chimica del PM2.5 urbano

Maria Chiara Bove^{1*}, Eleonora Cuccia^{2*}, Adriana Pietrodangelo³, Alessandro Bigi⁴, Erika Brattich⁵, Angelo Riccio⁶, Silvia Becagli⁷, Stefano Bertinetti⁸, Rosa Caggiano⁹, Giulia Calzolari¹⁰, Silvia Canepari¹¹, David Cappelletti¹², Maria Catrambone¹³, Daniela Cesari¹⁴, Cristina Colombi², Daniele Contini¹⁴, Gianluigi De Gennaro¹⁵, Luca Ferrero¹⁶, Alessandra Genga¹⁷, Pierina Ielpo¹⁸, Franco Lucarelli¹⁹, Mery Malandrino⁸, Mauro Masiol²⁰, Dario Massabò²¹, Cinzia Perrino³, Maria Grazia Perrone²², Tiziana Siciliano²³, Laura Tositti²⁴, Elisa Venturini²⁵, Fabiana Scotto²⁶, Arianna Trentini²⁶ and Roberta Vecchi²⁷

¹ARPA Liguria, ²ARPA Lombardia, ³CNR Istituto sull'Inquinamento Atmosferico; ⁴Dip. Ingegneria Università di Modena e Reggio Emilia; ⁵Dip. Fisica e Astronomia Università di Bologna; ⁶Dip. Scienze e Tecnologia Università di Napoli Parthenope; ⁷Dip. Chimica Università di Firenze; ⁸Dip. Chimica Università di Torino; ⁹CNR Istituto di Metodologie per l'Analisi ambientale; ¹⁰INFN Firenze; ¹¹Dip. Biologia Ambientale Università Sapienza di Roma; ¹²Dip. Chimica, Biologia e Biotecnologie Università di Perugia; ¹³CNR Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale; ¹⁴CNR Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima; ¹⁵Dip. Biologia Università di Bari; ¹⁶ARPA Val D'Aosta, ¹⁷Dip. Scienze dell'Ambiente e della Terra Università di Milano Bicocca, ¹⁸Dip. Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali Università del Salento; ¹⁹Dip. Fisica ed Astrofisica Università di Firenze e INFN; ²⁰Dip. Scienze Ambientali Informatiche e Statistiche Università di Venezia Ca' Foscari; ²¹Dip. Fisica Università di Genova e INFN; ²²XEarPro Srl Milano, ²³Dip. Matematica e Fisica UniSalento; ²⁴Dip. Chimica Università di Bologna; ²⁵Dip. Chimica Industriale Università di Bologna, ²⁶ARPAE, ²⁷Dip. Fisica Università di Milano, e INFN
* Corresponding author: Tel: +39 0106437217, [E-mail: mariachiara.bove@arpal.liguria.it](mailto:mariachiara.bove@arpal.liguria.it), e.cuccia@arpalombardia.it

Keywords: source apportionment, PM2.5, speciazione chimica

Introduzione: il Gruppo di Lavoro WG1 sulle Sorgenti, processi di generazione e l'Impatto Ambientale dell'Aerosol della Società Italiana Aerosol (IAS, <https://www.iasaerosol.it/>) ha raccolto, negli anni, dati di massa e composizione chimica del PM2.5, grazie al contributo volontario di molti gruppi di ricerca e agenzie regionali per la protezione dell'ambiente. Set di dati del periodo 2005- 2024 aggregati con risoluzione temporale stagionale (media stagionale) e origine eterogenea relativi a siti urbani di grandi e medie città della pianura padana, delle aree interne o costiere di tutto il territorio italiano, sono stati analizzati con la Positive Matrix Factorization (PMF) in modo equivalente a quanto è stato fatto per il dataset di PM10 [1].

Modalità di esecuzione: questo dataset di speciazione del PM2.5, la cui raccolta è stata in continua evoluzione negli anni tra i partecipanti del WG1, ha permesso anche un'analisi della componente secondaria ma in questo contributo ci si concentra sulla soluzione della PMF ad un dataset non convenzionale e la distribuzione e influenza delle diverse relazioni città-geografia sulla variabilità in Italia della composizione urbana del PM2.5. Risultati: l'analisi eseguita sul dataset disponibile al WG1 che ovviamente presenta una serie di limiti e di differenze significative tra i siti e anni di monitoraggio, evidenzia però oltre ad una presenza nel periodo invernale di particolato secondario maggiore in pianura padana rispetto al resto della penisola, una buona solidità nella soluzione individuata e coerenza con il dataset di PM10.

Bibliografia

- [1] Pietrodangelo, A., et al., 2024. DOI://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167891

Caratterizzazione del Black Carbon e partizione delle sorgenti in siti urbani e rurali del Piemonte durante la stagione autunnale-invernale

Milena Sacco^{1*}, Cristina Littera² Sara Scaglione¹, Elena Scagliotti², Maria Grazia Perrone³, Jost V. Lavric⁴, Elisa Calderaro¹, Alessandra Pecoraro², Clemente Porporato¹, Francesco Romeo¹, Anna Maria Scibelli¹, Roberto Sergi¹, Carlotta Musto¹

¹ Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest, Arpa Piemonte; ² Dipartimento Territoriale Sud-Est, Arpa Piemonte, ³ XEarPro Srl, ⁴ Acoem GmbH
* Corresponding author, E-mail: milesacc@arpa-piemonte.it

Keywords: BC, PM_{2.5}, Delta-C, combustion, biomass burning, fossil fuel

La nuova Direttiva UE 2881/24 sulla qualità dell'aria ambiente, elemento fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo di azzerare le emissioni inquinanti in EU entro il 2050, ha introdotto il monitoraggio di inquinanti finora non regolamentati, tra cui il black carbon (BC), da monitorare presso "supersiti" al fine di fornire dati scientifici fondamentali per migliorare la comprensione degli effetti sulla salute umana e sull'ambiente, come raccomandato dall'OMS. Il BC è un inquinante primario emesso principalmente dalla sorgente traffico veicolare e dalla combustione di biomasse, il cui contributo relativo può variare in modo significativo nel tempo e nello spazio.

Nel 2025 sono stati installati nella rete di Arpa Piemonte due nuovi fotometri di assorbimento su filtro (modello BC 1054, Met One Instruments – Acoem GmbH) per la misura automatica del BC(1), o più correttamente definito anche BC equivalente (eBC)(2). I due strumenti sono posizionati rispettivamente presso la stazione urbana di traffico di Torino-Rebaudengo (urb-traf) e la stazione rurale di background di Vinchio-San Michele, Asti (rur-back). Gli analizzatori BC 1054 misurano la concentrazione di BC a 10 diverse lunghezze d'onda (370-950 nm), e restituiscono direttamente una stima della concentrazione di BC attribuibile alla combustione di biomasse partendo dai dati di BC misurati alla lunghezza d'onda di 370 nm e 880 nm ($DC = \text{delta carbon} = BC_{370\text{ nm}} - BC_{880\text{ nm}}$)(3). In questo studio, sono stati analizzati i dati delle concentrazioni orarie di BC ($\mu\text{g m}^{-3}$) presso il sito urb- traf e rur-back durante la stagione fredda (Nov25-Mar26), in particolare per quanto riguarda i diversi andamenti (orari, settimanali e mensili) e stima del contributo delle sorgenti ricavata dal calcolo dell'esponente di assorbimento di Ångström (AAE)(4).

Il sito urb-traf e rur-back mostrano differenze significative nelle concentrazioni di BC così come nella stima del relativo contributo della sorgente traffico e combustione di biomasse. I valori medi dell'esponente di assorbimento di Ångström (AAE 370-950 nm), calcolati sulla base dei dati orari relativi al periodo compreso tra novembre 2025 e marzo 2026, variano rispettivamente da 1,23 a 1,41 (urb-traf) e da 1,45 a 1,67 (rur-back). Nello stesso periodo, la percentuale stimata di contributo derivante dalla combustione di biomasse (%DC, P25-P75) è stata rispettivamente del 16–48 % (urb- traf) e del 40–78 % (rur-back).

Il monitoraggio del BC nei due siti oggetto di studio continuerà per avere un quadro completo su base annua dei valori di BC e delle principali sorgenti impattanti, al fine di raccogliere dati utili per la proposta di strategie di abbattimento mirate.

Bibliografia

- [1] CEN/TR 18076 :2024. Ambient Air - Equivalence of automatic measurements of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC)
- [2] Petzold et al. (2013) <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2003.09.005>
- [3] Wang et al. (2011) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es2013984> ..
- [4] Sandradewi et al. (2008) <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.034>

First CIMEL CE-376 LIDAR Observations for continuous aerosol profiling and air-quality applications at the ECO-CNR Lecce ACTRIS Site

Adelaide Dinoi¹, Florin Unga^{1*}, Antonio Pennetta¹, Giuseppe Deluca¹, Ermelinda Bloise¹, Paola Semeraro¹, Serena Potì^{1,2}, Daniela Cesari¹, Daniele Contini¹

¹ Institute of Atmospheric Sciences and Climate - ISAC-CNR, Lecce, 73100, Italy

² Department of Engineering for Innovation, University of Salento, 73100 Lecce, Italy

* Corresponding author. Tel: +39 059 433625, E-mail: florinunga@cnr.it

Keywords: remote sensing, lidar, planetary boundary layer

Introduction: Ground-based air-quality monitoring is largely limited to surface observations and therefore lacks information on the vertical distribution of atmospheric aerosol, a key factor controlling pollutant dilution, accumulation, and long-range transport. To address this limitation, a continuous CIMEL CE-376 elastic backscatter LIDAR has been deployed at the ECO-CNR Environmental– Climate Observatory in Lecce (Southern Italy), starting with October 2025. This system represents the first CIMEL CE-376 installation in Italy and establishes a permanent aerosol profiling facility in a Mediterranean region strongly influenced by both local emissions and episodic transport events.

Methodology: The observational setup is centered on a CIMEL CE-376-GP LIDAR operating at 532 nm, equipped with linear depolarization capability, enabling continuous range-resolved measurements of aerosol backscatter and depolarization ratio. Depolarization measurements provide information on particle non-sphericity and shape, supporting discrimination between mineral dust and predominantly spherical anthropogenic or secondary aerosol.

Expected results: Continuous aerosol backscatter profiles are used to characterize the vertical distribution of particulate matter in the lower and middle troposphere and to identify near-surface pollution layers, residual layers, and elevated aerosol strata.

Planetary boundary layer (PBL) height is retrieved from temporal and vertical gradients in the backscatter signal, allowing continuous monitoring of boundary-layer evolution and its role in modulating surface air-quality variability. The system is particularly effective in detecting elevated aerosol layers decoupled from surface concentrations, such as Saharan dust intrusions, transported continental pollution, or biomass-burning smoke, which are frequently observed in the Mediterranean basin. The LIDAR observations are complemented by a co-located CIMEL CE318-T sun–sky–lunar photometer, providing spectrally resolved columnar aerosol optical properties during both daytime and nighttime. The synergistic use of vertically resolved LIDAR data and columnar photometric retrievals supports aerosol typing and source attribution when combined with air-mass back-trajectory analyses (1).

Conclusions: The integrated dataset is expected to support air-quality assessment, development of regional climatology of aerosol vertical structure and boundary-layer dynamics, evaluation of chemical transport models, and validation of satellite aerosol products. By providing the missing vertical context, the ECO-CNR Lecce site strengthens observational capabilities and contributes to improved interpretation of air-pollution processes in the Mediterranean region.

This work is supported within the framework of ITINERIS (IR0000032) and PER-ACTRIS-IT (CIR01_00015), strengthening national and European atmospheric observing capabilities.

Bibliografia

[1] Yukhymchuk Y et al. 2022. DOI: 10.3390/atmos13121997

Nanofiltri molecolari a base di idrogel di acido folico: una scelta green per la rimozione di inquinanti da acque e particolato atmosferico

Cesare Grifone¹, Paolo Moretti¹, Lorenzo Massi¹, Matteo Fanelli³, Silvia Illuminati¹, Paolo Mariani¹, Francesca Ripanti¹, Alessia Pepe^{*2}

¹Dip. Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italia; ²Dip. Scienze della Vita, della Salute e delle Professioni Sanitarie, Link Campus University, Roma, Italia ³Ist. per le Risorse Biologiche e le Biotecnologie Marine del CNR, Ancona, 60131, Italia
* Corresponding author. Tel: +39 071 2204608, E-mail: a.pepe@unilink.it

Keywords: biomateriali, idrogel, acido folico, metalli pesanti, filtrazione molecolare

Introduzione. I metalli pesanti svolgono un ruolo importante sulla salute umana, causando disturbi neurologici, renali e oncologici [1]. La loro presenza è ben nota nell'ambiente, sia per cause naturali sia per cause riconducibili all'attività antropica. Pertanto, la rimozione di questi composti tossici rappresenta una soluzione importante per limitarne la circolazione nell'ambiente. Questo lavoro si basa sullo studio chimico-fisico di un idrogel derivante dall'acido folico (FA-idrogel), un biomateriale che può essere utilizzato come filtro molecolare per assorbire metalli pesanti sia da soluzioni che da superfici. Il FA-idrogel è di natura fisica, poiché le molecole di acido folico si assemblano spontaneamente in strutture sopramolecolari. Questo processo avviene a partire dalla formazione di strutture tetrameriche planari che, con meccanismi di interazione π - π , si organizzano in strutture colonnari e flessibili chiamate quadruplessi [2,3]. Queste ultime rappresentano i filamenti del reticolo 3D di dimensioni nanometriche che costituisce il FA-idrogel.

Metodi. Studio di soluzioni acquose: I campioni di FA-idrogel sono stati preparati all'interno di una siringa senza stantuffo. Al di sopra dell'idrogel, è stata poi posta una soluzione contenente un metallo pesante scelto tra Cd, Hg e Pb. Dopo un giorno, è stata analizzata la soluzione eluata con tecniche spettroscopiche. Diverse tecniche biofisiche (microscopia a forza atomica, tecniche di scattering a raggi X e reologia) sono state utilizzate per una caratterizzazione strutturale del FA-idrogel. Studio sul particolato atmosferico: il FA-idrogel è stato messo a contatto con campioni di PM₁₀ raccolti mediante impattore a alto volume nella città di Ancona in due campagne di misure effettuate in estate e in autunno. Le concentrazioni di Cd, Hg e Pb in entrambi gli studi sono state determinate mediante AAS.

Risultati. Lo studio delle proprietà strutturali e meccaniche del FA-idrogel ha dimostrato un'ottima stabilità del biomateriale, sia su campioni di PM₁₀ che in soluzioni acquose di metalli pesanti. Inoltre, dall'analisi spettroscopica è emerso che il gel è in grado di trattenere i metalli pesanti presenti nelle soluzioni fino al 99.5%, mentre circa il 20% viene rimosso dal particolato atmosferico.

Conclusioni. I risultati preliminari mostrano come l'idrogel a base di acido folico sia facilmente preparabile e con un basso costo di produzione. La sua versatilità e le sue proprietà chimico-fisiche lo rendono particolarmente utile in vari campi biotecnologici, compresi la filtrazione e l'assorbimento di contaminanti da diverse matrici. Ulteriori studi sono necessari per garantire una rigenerazione del materiale, così da permetterne il riutilizzo in maniera ciclica.

Bibliografia

- [1] Pamphlett R. et al. 2023. DOI: 10.3389/fneur.2023.1173779
- [2] Ciuchi F. et al, 1994. DOI: 10.1021/ja00095a008
- [3] Pepe A. et al., 2025. DOI: 10.1021/acs.jpcc.5c00564

Sviluppo di un banco di calibrazione per sensori di particolato atmosferico mediante disegno sperimentale

Gianluca Sartini^{1*}, Nicole Morresi¹, Claudia Rossetti³, Silvia Illuminati², Gian Marco Revel¹

¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche, Università Politecnica delle Marche;
² Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche, ³ Dipartimento di scienze ambientali, informatica e statistica, Università Ca' Foscari di Venezia,
* Corresponding author. E-mail: gianluca.sartini@pm.univpm.it

Keywords: Calibrazione, PM_{2.5}, PM₁₀, Sensori low-cost

Il supporto alle politiche di qualità dell'aria efficaci richiede un monitoraggio ad alta risoluzione spaziale del particolato, ottenibile solo garantendo alta qualità delle misure ottenute dai sensori low-cost (LCS) [1]. Per superare le necessità di costose e frequenti calibrazioni degli LCS [2][3][4], questo lavoro presenta lo sviluppo un banco portatile per la calibrazione di sensori di particolato atmosferico. Attraverso l'applicazione di un disegno sperimentale (DoE) è stata stimata la combinazione ottimale delle variabili sperimentali (concentrazione delle soluzioni, tempo di iniezione, flusso), per garantire la ripetibilità delle prove. Il sistema (Figura 1) è costituito da una camera di test (volume 52 L) con controllo di temperatura (ta) (range: 0–45 °C) e umidità relativa (RH) (range: 0–75%) e da un sistema di controllo basato su Raspberry Pi 5.

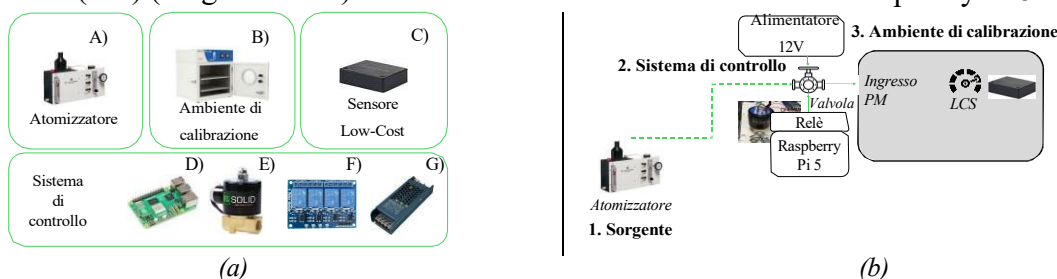


Figura 1(a). Il set-up sperimentale. A) Atomizzatore TSI 9306, B) Camera di test, C) Il sensore Low-Cost (Extech CO240), D) Raspberry Pi 5, E) Valvola solenoide, F) Modulo relè, G) Alimentatore 12V. Figura 1(b). Diagramma che mostra le interconnessioni tra i componenti del set-up.

Per identificare la configurazione operativa ottimale del sistema, è stato applicato un DoE fattoriale completo. Sono stati variati due fattori chiave su tre livelli: il tempo di apertura dell'elettrovalvola di iniezione (10, 20, 30 s) e il flusso di uscita dell'aerosol dall'atomizzatore (3.7, 4.7, 5.7 l/min), analizzando come risposta la concentrazione di picco di PM₁₀ raggiunta.

L'analisi ha identificato nella combinazione di 20 s e 4.7 L/min la configurazione operativa ottimale; in tali condizioni, la concentrazione media rilevata ($16.7 \pm 3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) presenta lo scostamento minore rispetto al valore teorico ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tale configurazione minimizza l'errore del sistema, con un errore assoluto medio (MAE) di $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un errore quadratico medio (RMSE) di $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'applicazione del DoE ha permesso di identificare la combinazione per fornire concentrazioni di particolato stimate a priori per garantirne la ripetibilità. Il sistema offre un ambiente stabile, ideale per determinare le curve di risposta dei sensori PM e quantificare le incertezze di misura, colmando il divario tecnologico tra la strumentazione di riferimento e le esigenze pratiche delle reti di sensori.

Bibliografia

- [1] Concas, F., et al. (2021). DOI: 10.1145/3446005
- [2] Zamora, et al. (2022). DOI: 10.1021/acsestengg.1c00367
- [3] Sartini, G. et al (2025) DOI: 10.1109/MetroLivEnv64961.2025.11107018
- [4] Morresi, N., et al. (2025) DOI: 10.3390/s25123739

ALICENET: la rete nazionale inter-istituzionale di telerilevamento attivo del particolato a supporto di valutazioni di qualità dell'aria e degli impatti da sorgenti naturali

Francesca Barnaba^{1*}, Henri Diémoz², Annachiara Bellini², Alessandro Bracci¹, Alessandro Goi³, Nicole Mastromatteo³, Marina Clerico³ per il consorzio ALICENET

¹CNR-ISAC; ²ARPA Valle d'Aosta, ³DIATI, Politecnico di Torino

* Corresponding author. Tel: +39 06 45488282, E-mail: francesca.barnaba@cnr.it

Keywords: ALICENET, Lidar-Ceilometer, Telerilevamento, Particolato, Sorgenti naturali

Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzano prevalentemente strumentazione in grado di misurare gli inquinanti al suolo. E' chiaro tuttavia come lo stato della qualità dell'aria misurato a terra sia il risultato di complesse fenomenologie chemo-dinamiche che dipendono dalle emissioni di gas e particolato in atmosfera, dalle loro trasformazioni fisico-chimiche e dal loro rimescolamento e trasporto in atmosfera, elementi questi variabili nelle 3 dimensioni e nel tempo. La comprensione di tali fenomenologie richiede l'impiego sinergico di osservazioni multiplatforma e un approccio il più possibile integrato tra queste e la modellistica. In Italia, un ruolo importante in questa sinergia può essere svolto dalla rete ALICENET (Automated Lidar-Ceilometer network), una rete osservativa di sistemi automatici di telerilevamento attivo (ALC) ben distribuita sul territorio e in grado di restituire in maniera continuativa (24h/24 e 7g/7) il profilo verticale dell'aerosol dal suolo fino ai primi 10 km di atmosfera [1]. La rete ALICENET, promossa e coordinata dal CNR-ISAC, vede ad oggi operativi 20 sistemi dislocati da nord a sud del territorio nazionale, grazie al coinvolgimento attivo di diversi Enti di Ricerca, Università, ARPA regionali e privati. ALICENET ha tra i suoi obiettivi quello di fornire informazioni utili per valutazioni di qualità dell'aria, operando su scale temporali che vanno dal tempo quasi reale (e.g., sul sito dedicato: www.alice-net.eu) fino ad analisi di lungo periodo [2, 3]. A tal fine, partendo dal dato strumentale, il team di ALICENET sviluppa prodotti a valore aggiunto che, per le applicazioni di qualità dell'aria, includono la stima dell'altezza dello strato limite, l'identificazione di strati elevati avvertiti e, laddove possibile, della tipologia di particolato in essi contenuta [1, 3, 4]. Particolarmente utile in tal senso è la capacità di individuare situazioni di deterioramento della qualità dell'aria dovute ad avvezioni trans-regionali o trans-nazionali di inquinanti [5], di polveri minerali o di particolato da incendi [1, 6, 7]. Quest'ultima capacità risulterà particolarmente importante nella dimostrazione verso la Commissione Europea dei casi in cui gli sforamenti dei valori limite di PM₁₀ e/o PM_{2.5} siano dovuti a sorgenti naturali, come resta previsto dalla nuova Direttiva Europea 2881/2024 sulla qualità dell'aria. Il lavoro intende dare una panoramica del progresso degli ultimi anni nell'uso operativo di sistemi ALC per il monitoraggio del particolato atmosferico in Italia (e non solo), dei vantaggi e dei limiti, delle potenzialità e delle applicazioni, delle potenziali sinergie con altri tipi di osservazioni e con la modellistica numerica. Esso è anche la dimostrazione di come la ricerca scientifica di settore possa interfacciarsi in modo virtuoso con agenzie e istituzioni ambientali operative traendone mutuo beneficio.

Bibliografia

- [1] Bellini et al., 2024, DOI: 10.5194/amt-17-6119-2024
- [2] Diémoz et al., 2019a, DOI: 10.5194/acp-19-10129-2019
- [3] Bellini et al., 2025, DOI: 10.3390/rs17030372
- [4] Dionisi et al., 2018, DOI: 10.5194/amt-11-6013-2018
- [5] Diémoz et al., 2019b, DOI: 10.5194/acp-19-3065-2019
- [6] Tositti et al., 2022, DOI: 10.5194/acp-22-4047-2022
- [7] Diémoz et al., 2025, DOI: 10.5194/egusphere-2025-5044

Sistema di acquisizione e controllo della camera di simulazione atmosferica ChAMBRé per lo studio del particolato atmosferico.

Marco Brunoldi^{1,2}, Elena Gatta², Dario Massabò^{1,2}, Federico Mazzei^{1,2}, Franco Parodi¹, Virginia Vernocchi¹, Paolo Prati^{1,2}

¹ INFN – Sezione di Genova; ² Dip. di Fisica – UniGE

* Corresponding author. Tel: +39 010 3356270, E-mail: marco.brunoldi@unige.it

Keywords: camera di simulazione atmosferica, controllo e supervisione (SCADA), strumentazione aerosol

Le camere di simulazione atmosferica costituiscono strumenti chiave per l'analisi dei processi che governano la formazione, l'evoluzione e le proprietà del particolato atmosferico (PM) in condizioni controllate e riproducibili. In questo lavoro viene presentato il sistema di acquisizione, controllo e supervisione della camera di simulazione ChAMBRé (Chamber for Aerosol Modelling and Bio- aerosol Research) (1), con particolare attenzione agli aspetti tecnologici rilevanti per gli studi sul PM. L'architettura hardware del sistema è basata su una piattaforma SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) che integra sensori ambientali (temperatura, umidità relativa, pressione), analizzatori di gas in traccia (O₃, NO_x, CO₂, SO₂, CO) e strumentazione dedicata alla caratterizzazione del particolato, quali contatori ottici e sistemi per la misura delle distribuzioni dimensionali e delle proprietà ottiche degli aerosol. La gestione dei flussi, della pressione interna e delle concentrazioni gassose avviene tramite controllori di flusso massico, consentendo la riproduzione di scenari atmosferici realistici. L'acquisizione e il controllo in tempo reale sono affidati a un controllore industriale NI CompactRIO™ (2), che garantisce sincronizzazione dei segnali, stabilità operativa e automazione dei processi sperimentali.

Dal punto di vista software, è descritta un'applicazione sviluppata in linguaggio NI LabView™ che fornisce una Human-Machine Interface (HMI) modulare per il monitoraggio e controllo in tempo reale delle grandezze fisiche e chimiche e per la visualizzazione dei dati relativi al PM. Il sistema consente inoltre l'archiviazione strutturata dei dati sperimentali e l'accesso a serie storiche per analisi offline.

L'integrazione hardware-software rende ChAMBRé una piattaforma avanzata per lo studio controllato del particolato atmosferico, supportando esperimenti mirati alla comprensione dei processi di trasformazione e interazione del PM in atmosfera.

Bibliografia

[1] Massabò et al. 2018. doi: 10.5194/amt-11-5885-2018

[2] NI CompactRIO specs: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/cRIO-9057-specs/page/specs.html>

Interconfronto tra spettrometri XRF online e offline per la determinazione della composizione elementare del PM₁₀ in un sito urbano a Milano

L. Cadeo^{1*}, B. Biffi², B. Chazeau^{3,4}, C. Colombi², R. Cosenza², E. Cuccia², M. Manousakas³, K.R. Daellenbach³, A.S.H. Prévôt³, e R. Vecchi¹

¹ Dip. di Fisica, Università degli Studi di Milano; ² ARPA Lombardia; ³ Lab. di Chimica Atmosferica, Paul Scherrer Institute; ⁴ Aix Marseille Université, LCE
* Corresponding author. E-mail: laura.cadeo@unimi.it

Keywords: Xact, interconfronto, concentrazione elementare, XRF

L'analisi della composizione elementare del particolato atmosferico (PM) è fondamentale per lo studio dei suoi effetti avversi e per l'identificazione delle sorgenti emissive (1). Tra le tecniche disponibili, la spettrometria a fluorescenza a raggi X (XRF) è sempre più diffusa e negli ultimi anni ha visto lo sviluppo di nuovi sistemi online in grado di fornire misure in tempo reale della concentrazione elementare del PM ad alta risoluzione temporale (<1 ora), consentendo una migliore caratterizzazione dei processi di emissione.

Tra questi strumenti avanzati, Xact® 625i (Cooper Environmental, USA) è stato impiegato per circa 6 mesi (luglio-dicembre 2023) a Milano, presso la stazione di monitoraggio "Milano Pascal" di ARPA Lombardia. Lo strumento è stato configurato per la quantificazione di 36 elementi, da Al a Bi, con risoluzione temporale oraria nella frazione PM₁₀. Gli obiettivi dello studio erano valutare le prestazioni online dello strumento in condizioni tipiche estive e invernali e verificare la qualità e la robustezza dei dati prodotti.

I dati di concentrazioni elementali prodotte da Xact® 625i sono stati aggregati in medie giornaliere e confrontati con i risultati dell'analisi XRF offline effettuata su campioni giornalieri di PM₁₀ su filtro, raccolti nella stessa stazione da ARPA Lombardia. L'interconfronto si è focalizzato sui 16 elementi (Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Pb) le cui concentrazioni risultavano sistematicamente superiori ai minimi livelli di rivelabilità (MDL) per le determinazioni effettuate online e offline.

I dati di Xact® 625i mostrano un'elevata correlazione con le analisi XRF offline (R^2 tra 0.67 e 0.99) e coefficienti angolari (online vs offline) generalmente compresi tra 0.79 e 1.3. Gli elementi sono stati divisi in 3 gruppi a seconda delle loro caratteristiche. Il Gruppo A (K, Ca, Ti, Fe, Zn, Br, Sr, Pb) mostra un'eccellente correlazione tra i due metodi di misura ($R^2 > 0.95$) e pendenze compatibili con l'unità (intervallo 0.94-1.06). Il Gruppo B (Si, S, Mn, Cu) è anch'esso caratterizzato da ottime correlazioni tra i due metodi, ma con coefficienti angolari non compatibili con l'unità. Le prestazioni di Xact® 625i risultano più critiche per gli elementi del Gruppo C (Al, Cl, Cr, Ni), che risultano frequentemente al di sotto dei MDL per una o entrambe le determinazioni analitiche e mostrano correlazioni peggiori (R^2 tra 0.67 e 0.87). I risultati di questo studio (2) rappresentano un avanzamento rispetto all'unico studio precedente (3), di nostra conoscenza, che presenti un confronto a campo tra dati orari di Xact® e dati giornalieri ED-XRF offline. Il presente lavoro include 7 elementi (Al, Si, S, Cl, Cr, Br, Sr) che non erano stati considerati in (3) e si basa su una campagna di misura più estesa (6 mesi), conferendo una maggiore robustezza ai risultati.

Bibliografia

- [1] Visser, S. et al. (2015). DOI : 10.5194/acp-15-11291-2015
- [2] Cadeo, L. et al. (2025). DOI : 10.5194/amt-18-6435-2025
- [3] Park, S. et al. (2014). DOI : 10.5094/APR.2014.015

Performance Evaluation of Low-Cost PM Sensors for the RESPIRO Project

Samir Doghmi¹, Maurizio Gualtieri¹, Luca Ferrero¹, Paolo Maranzano², Paride Mantecca¹, Ludovica Beltrame³, and Edoardo Dellaloro³

¹Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca ²Department of Economics, Management and Statistics DEMS, University of Milano-Bicocca

³Rome Advance District (ROAD)

Keywords: Air quality monitoring, Low cost sensors, PM

Introduction: Urban air quality represents a global concern, with particulate matter, especially $PM_{2.5}$, recognized as one of the most harmful pollutants, causing numerous serious health effects (1). Recent advances in micro-sensor technology have enabled the integration of multiple air quality sensors into compact devices. Low-cost sensors (LCS) have gained considerable attention in environmental monitoring due to their ability to offer real-time measurements with high spatio-temporal resolution at a lower cost compared to fixed monitoring stations, and can be deployed in various urban contexts (2). As individuals constantly move through time and space, mobile devices offer great opportunities to provide a more detailed understanding of personal exposure.

Methods: Within the framework of the citizen science project Real-time Environmental Sensing for Personal Intelligent Risk Optimization (RESPIRO), the University of Milano-Bicocca has developed a portable device in collaboration with a specialized company, integrating environmental factors along with GPS location to measure personal pollutant exposure. To evaluate the devices across different PM size fractions (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1), we conducted short-term intercomparison campaigns in both indoor and outdoor environments in Milan, comparing LCS measurements against a reference instrument represented by Dust Monitor Grimm 1.108.

Results: Preliminary results from these campaigns show good agreement between the devices and the reference instrument for $PM_{2.5}$ and PM_1 in both conditions, in terms of Mean Absolute Error (MAE) and coefficient of determination (R^2). The same cannot be said for PM_{10} .

Conclusions: These preliminary findings suggest a promising application for RESPIRO portable devices for fine particulate matter less than $2.5\mu m$, supporting their potential use in assessing personal exposure in further citizen-science projects.

References

- [1] Hamra et al. 2014. DOI: 10.1289/ehp/1408092
- [2] Cromar et al. 2019. DOI: 10.1513/annalsats.201906-477st

Sperimentazione in campo di misura di fumi di combustione da impianti di riscaldamento, alimentati a biomassa, con approfondimento sulla misura delle polveri.

Riccardo Rolle^{1*}

¹ ARPA Piemonte Dipartimento Rischi Fisici e Tecnologici SS Impianti industriali ed energia

* Corresponding author. Tel: +39 3333339216, E-mail: riccroll@arpa.piemonte.it

Keywords: biomassa, polveri, strumenti

Introduzione: Arpa Piemonte esercita attività ispettive, di controllo, di supporto e di consulenza tecnico scientifica e altre attività utili alla Regione, alle Province e ai Comuni, nonché alle Aziende Sanitarie del Piemonte per lo svolgimento dei compiti loro attribuiti dalla legge nel campo della prevenzione e tutela ambientale.

Nell'ambito del riscaldamento civile, l'Agenzia svolge un'attività ispettiva sul territorio regionale ai sensi della D.G.R. 10-3262, atta a verificare il rispetto dei limiti emissivi e di rendimento degli impianti termici. Le ispezioni effettuate sono focalizzate principalmente su impianti centralizzati alimentati a gas naturale, gasolio o GPL.

Nel corso del 2025, a seguito dell'approvazione del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria 2024 (PRQA)¹, è iniziata una sperimentazione in campo sulla misura delle emissioni e del rendimento degli impianti a biomassa. Attualmente, il metodo di riferimento indicato dal D.Lgs. 152/06 per la determinazione delle polveri risulta particolarmente complesso e di difficile applicazione negli impianti a biomassa di piccola e media taglia; per tale motivo, la sperimentazione è stata orientata alla valutazione dell'affidabilità di metodi di misura alternativi di tipo "speditivo".

Metodi: Per controllare il rispetto dei limiti di NO_x e rendimento, previsti nella D.G.R. 46-11968 del 9 agosto 2009, sono stati utilizzati - per gli NO_x - strumenti a celle elettrochimiche, per il rendimento la norma UNI 10389-2:2022². Per la determinazione delle polveri la sperimentazione ha previsto l'utilizzo di tre strumenti da campo, basati su differenti principi di misura: due di tipo gravimetrico e uno basato sull'oscillazione di un piatto piezoelettrico. Durante la sperimentazione sono stati ispezionati dieci impianti di piccola e media taglia, ad eccezione di un impianto di potenza pari a 1 MW.

Risultati: Per quanto riguarda gli ossidi di azoto e il rendimento, i risultati hanno fornito esiti positivi, evidenziando la conformità ai limiti normativi in tutte le ispezioni effettuate e indicando una gestione e regolazione degli impianti complessivamente efficiente.

La determinazione della concentrazione di polveri, sebbene condotta con metodi non normati, ha, invece, evidenziato concentrazioni in emissione piuttosto elevati.

Conclusioni: Le prove hanno permesso di confrontare i tre strumenti portatili: solamente i due strumenti a principio gravimetrico hanno fornito risultati tra loro coerenti e rappresentativi della variabilità reale delle emissioni nei diversi regimi di funzionamento.

Bibliografia

- [1] Piano regionale di qualità dell'aria (PRQA2024) Deliberazione del Consiglio Regionale del Piemonte del 10 Dicembre 2024, n. 18 - 28783 Approvazione del Piano regionale di qualità dell'aria, ai sensi della legge regionale 7 aprile 2000, n. 43 e del decreto-legge 12 settembre 2023, n. 121, convertito, con modificazioni, dalla legge 6 novembre 2023, n. 155. (Proposta di deliberazione n. 16)
- [2] UNI 10389-2:2022 "Misurazioni in campo - Generatori di calore - Parte 2: Apparecchi alimentati a biocombustibile solido non polverizzato."

Traceable Calibration of Ultrafine Particle Counters

Gerhard Steiner¹, Christian Kunath¹, Eric Merker¹, Lothar Keck¹, Christian Krause², Adrian Gutierrez³, and Martin Götz²

¹ Grimm Aerosol Technik GmbH, Muldestausee, 06744, Germany

² Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig and Berlin, Germany

³ Durag Sales & Service GmbH & Co. KG, Hamburg, 22453, Germany

* Corresponding author. Tel: +49 151 64054144, E-mail: gerhard.steiner@grimm.durag.com

Keywords: Ultrafine Particles, traceable calibration, Condensation Particle Counter

Ultrafine particle (UFP) measurements have evolved from early condensation-based techniques [1] to highly standardized methods that are now routinely applied at scientific monitoring stations worldwide. With the adoption of the new EU Ambient Air Quality Directive (Directive (EU) 2024/2881, [2]), aligned with WHO recommendations [3], UFP measurements will become mandatory within national air quality monitoring networks across the European Union. This regulatory shift places increased emphasis on robust, traceable, and frequently applied calibration procedures to ensure data accuracy, comparability, and long-term reliability.

Currently, harmonized European standards for ambient UFP measurements include EN 16976 [4] for particle number concentration using condensation particle counters (CPCs) and CEN/TS 17434 [5] for particle number size distributions measured by MPSS systems. CPC calibration is typically performed by comparison with a reference CPC or a Faraday Cup Aerosol Electrometer (FCAE), following ISO 27891 [6], which establishes traceability through monodisperse aerosol generation and electrometric reference measurements. While FCAEs provide direct SI traceability via calibrated flow rate and electric current, their calibration has traditionally been restricted to national metrology institutes, limiting availability and calibration frequency.

We present a practical and traceable method for calibrating FCAEs using a commercially available Ultra-stable Low-noise Current Amplifier (ULCA). Defined femtoampere-level reference currents generated by the ULCA are applied directly to the FCAE, and a calibration factor is derived from the ratio of generated to measured current. Linearity and accuracy can be assessed across the full operating range. Integration of this approach into routine laboratory workflows enables more frequent FCAE calibration, improves metrological traceability of CPC calibrations, and supports compliance with emerging regulatory requirements for UFP measurements

References

- [1] Aitken, J., On Dust, Fogs, and Clouds, Trans. R.S.E., 1880- 81.
- [2] Directive 2024/2881. Directive (EU) 2024/2881 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe
- [3] WHO (World Health Organization) global air quality guidelines. Geneva: World Health Organization; 2021
- [4] CEN (Comité Européen de Normalisation), EN 16976:2024, Ambient air - Determination of the particle number concentration of atmospheric aerosol.
- [5] CEN (Comité Européen de Normalisation), CEN/TS 17434:2020, Ambient air - Determination of the particle number size distribution of atmospheric aerosol using a Mobility Particle Size Spectrometer (MPSS)
- [6] ISO (International Organization for Standardization), ISO 27891:2015, Aerosol particle number concentration — Calibration of condensation particle counters

Investigating PM_{2.5} valley-to-crest transport using a low-cost sensor network in Alpine site

Claudia Rossetti¹, Federico Dallo^{2*}, Matteo Zucchetta², Giorgio Doglioni³, Dino Zardi³ and Warren Raymond Lee Cairns²

¹ *Dipartimento di scienze ambientali, informatica e statistica, Università Ca' Foscari di Venezia, Italia;*

² *Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISP), Venezia, Italia.*

³ *Dipartimento di ingegneria civile, ambientale e meccanica (DICAM), Università di Trento, Trento, Italia.*

Keywords: Valley-mountain transport with LCS, LCS performance calibration compared to reference instruments.

Low-cost sensors (LCS) are commercially available and affordable instruments, recently considered for air quality monitoring studies in remote areas¹. In the present research, an LCS system, developed at ISP-CNR², was deployed on Monte Baldo, in the eastern Italian Alps, to measure PM_{2.5} levels in an alpine remote site. Three monitoring locations were established at different elevations (1.371 m a.s.l., 1.432 m a.s.l., 1.717 m a.s.l.) along the eastern slope of the mountain, to assess the contribution to transport of thermally-driven winds that develop with a diurnal cycle on its slopes. To validate the LCSs performance, two reference instruments (optical particle counter, Fidas 200S, Palas GmbH) were installed in the valley and the crest measurement stations. Sensor-reference comparisons were carried out over a three-month period, from July to September 2025. Each sensor was individually corrected and calibrated^{1,3}, and the influence of environmental and meteorological variables on sensor performance was evaluated and discussed. The overarching objective of this study is to assess the strengths and limitations of low-cost technologies for deploying a sensor network capable of identifying PM_{2.5} mass transport and transboundary pollution in rural Alpine environments. Low-cost PM_{2.5} sensors offer an affordable alternative to expensive reference-grade monitors, but their measurements require calibration to account for several environmental factors. Therefore, multiple correction algorithms, from simple linear regression to more complex machine learning models, were employed to improve sensor accuracy since, without adequate elaboration, raw sensor data from LCS is not always reliable. Local meteorological and temporal factors, such as relative humidity and hour and weekday, were the most critical predictors after raw concentration, making site-specific training essential for localized accuracy. We are currently determining the most appropriate data correction model for cross-correlation analyses to detect PM transport dynamics between the three sites and to evaluate the ability of LCSs to support PM_{2.5} transport studies in hard-to-reach alpine areas. These steps are essential for understanding the role of thermally driven winds on the slopes of Monte Baldo in valley-to-crest PM transport processes. Future work will focus on developing online calibration tools for real-time drift correction and test model transferability between different sites with similar environmental profiles. The study was conducted as part of the broader DECIPHER project, supported by the Ministero dell'Università e della Ricerca by PRIN (project no. 2022NEW4J) "Disentangling mechanisms controlling atmospheric transport and mixing processes over mountain areas at different space- and timescales" (DECIPHER). The study was supported by the Marie Skłodowska-Curie PIONEER project (GA n. 844526).

Bibliography

- (1) Dallo, F., Zannoni, D., Gabrieli, J., Cristofanelli, P., Calzolari, F., de Blasi, F., Spolaor, A., Battistel, D., Lodi, R., Cairns, W. R. L., Fjæraa, A. M., Bonasoni, P., & Barbante, C. (2021). Calibration and assessment of electrochemical low-cost sensors in remote alpine harsh environments. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14(9), 6005–6021. <https://doi.org/10.5194/amt-14-6005-2021>
- (2) <https://particularmatter.org/>
- (3) Duvall, R. M., Clements, A. L., Hagler, G., Kamal, A., Kilaru, V., Goodman, L., & Frederick, S. (n.d.). Use in Ambient, Outdoor, Fixed Site, Non-Regulatory Supplemental and Informational Monitoring Applications. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1012R>

Affreschi, particolato atmosferico e biodeterioramento: un approccio integrato chimico-fisico e biomolecolare per la Deposizione di Cristo a Santa Maria La Nova (Napoli, Italia)

Autori: Alessandro De Rosa¹, Giorgio Trojsi¹, Paola Cennamo¹

¹ Università Suor Orsola Benincasa – Dipartimento di Scienze Umanistiche, Corso di Laurea in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali, 80132, Napoli, Italia.

Keywords: *biodeterioramento, diagnostica dei materiali, pittura murale, depositi di idrocarburi, inquinamento urbano.*

Abstract

Fondato nel XIII secolo, il complesso monumentale di Santa Maria la Nova costituisce uno dei principali complessi conventuali del centro storico di Napoli, caratterizzato da un articolato apparato decorativo pittorico stratificato tra epoca medievale e moderna. Il presente studio propone un approccio multidisciplinare volto alla caratterizzazione dei materiali costitutivi e delle comunità microbiche associate ai depositi di idrocarburi, frutti dell'inquinamento urbano [1], presenti sulla superficie affrescata della lunetta sovrastante l'ingresso. La Deposizione di Cristo che ospita è realizzata con tecnica a fresco su intonaco, cui sono state sovrapposte integrazioni pittoriche eseguite a secco, probabilmente riferibili a interventi manutentivi o ridipinture postume. Fra le tecniche diagnostiche adoperate per la caratterizzazione dell'opera e dello stato di degrado, le analisi XRD [2] hanno evidenziato una matrice carbonatica dominata dalla calcite, associata a quarzo e feldspati. La presenza di pirosseni e miche suggerisce l'impiego di aggregati di origine vulcanica, coerenti con i materiali geologici dell'area vesuviana e con l'ampio utilizzo storico del tufo napoletano nelle architetture dell'area napoletana. Le analisi XRF, invece, hanno consentito di individuare elementi compatibili con pigmenti minerali tradizionalmente impiegati nelle decorazioni murali storiche. L'osservazione microscopica delle sezioni stratigrafiche ha permesso, inoltre, di distinguere chiaramente la stesura pittorica eseguita a fresco dagli interventi di ritocco a secco, evidenziando differenze compositive e morfologiche tra gli strati pittorici. Parallelamente è stata condotta la caratterizzazione delle comunità microbiche individuate in alcune patine ivi presenti, mediante sequenziamento Illumina e metabarcoding delle regioni 16S rRNA e ITS. I risultati hanno evidenziato la presenza di comunità batteriche appartenenti principalmente ai phyla Proteobacteria e Firmicutes, nelle quali figurano in maniera preponderante le classi dei Bacilli e degli Alfa- e Gammaproteobacteria. La presenza fra questi ultimi di organismi come *Acinetobacter*, batterio in grado di degradare composti organici complessi, mette in risalto la natura delle deposizioni di inquinanti atmosferici all'interno del Complesso – il cui piazzale esterno era un tempo adoperato come parcheggio – e il loro ruolo nella formazione di nicchie ecologiche complesse per i microorganismi. La componente fungina ha rivelato invece una totale dominanza degli Ascomycetes Eurotiomycetes, frutto dell'abbondanza nel dataset di sequenze appartenenti ad *Aspergillus glabripes*. Il genere *Aspergillus* è noto per la produzione di enzimi extracellulari e metaboliti organici in grado di interagire con i leganti e i materiali costitutivi degli strati pittorici, contribuendo alla progressiva destabilizzazione della matrice superficiale [4]. L'integrazione tra diagnostica dei materiali, analisi stratigrafiche e caratterizzazione microbiologica ha consentito di delineare un quadro articolato dei processi di degrado in atto sulla superficie pittorica della lunetta, evidenziando come l'interazione tra composizione dei materiali, condizioni ambientali e comunità microbiche rappresenti uno dei principali fattori responsabili delle alterazioni osservate. I risultati ottenuti contribuiscono alla comprensione delle dinamiche di colonizzazione biologica delle pitture murali in contesti monumentali urbani e forniscono indicazioni utili per la definizione di strategie di conservazione e interventi di restauro mirati.

Bibliografia

- [1] De Rosa, A., Cennamo, P., Saltarelli, C., Trojsi, G., Rimauro, J., Vigorito, M. R., & Chianese, E. (2025). The effects of urban pollution on the “Gesù Nuovo” Façade (Naples, Italy): a diagnostic overview. *Atmosphere*, 16(1), 68. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos16010068>
- [2] Rippa, M., Fenelli, P., Di Meo, A., & Trojsi, G. (2025). Active thermography for the analysis and conservation of Roman lead pipes at the Baia archaeological park. *Journal of Cultural Heritage*, 74, 257-264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2025.06.019>
- [3] De Rosa, A., Trojsi, G., Rippa, M., Di Meo, A., Borriello, M., Rossi, P., Caputo, P. & Cennamo, P. (2025). The Complex Life of Stone Heritage: Diagnostics and Metabarcoding on Mosaics from the Archaeological Park of Baia (Bacoli, Italy). *Heritage*, 8(11), 470. DOI: <https://doi.org/10.3390/heritage8110470>
- [4] Sterflinger, K. (2010). Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. *Fungal Biology Reviews*, 24, 47–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.03.003>

Analisi delle comunità batteriche e fungine aerodisperse in ambienti urbani, rurali e costieri mediante metabarcoding 16S e ITS

Mattia Fragola¹, Salvatore Romano¹, Dalila Peccarrisi¹, Ivano Ammoscato², Leke Pepkolaj³, Mark Scerri⁴, Anastasios Kalimeris⁵, Pietro Alifano⁶, Adelfia Talà⁶, Gianluca Quarta¹, Lucio Calcagnile¹

¹ Dip. di Matematica e Fisica, Università del Salento, Lecce; ² ISAC-CNR, Lamezia Terme, ³ Dip. di Informatica, Università di Tirana, Tirana, ⁴ Istituto del Sistema Terra, Università di Malta, Malta, ⁵ Dip. Ambientale, Università delle Isole Ionie, Zante ⁶ Dip. di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Lecce

* Corresponding author. [E-mail: mattia.fragola@unisalento.it](mailto:mattia.fragola@unisalento.it)

Keywords: bioaerosol, DNA metabarcoding, batteri aerodispersi, funghi aerodispersi

Introduzione: I bioaerosol costituiscono una frazione rilevante del particolato atmosferico che può contribuire agli effetti sanitari e ambientali associati all'esposizione al PM. La composizione delle comunità microbiche aerodisperse è influenzata da fattori meteorologici, geografici e di uso del suolo. Il presente studio analizza la distribuzione spaziale delle comunità batteriche e fungine aerodisperse in differenti contesti ambientali del Mediterraneo centrale, utilizzando tecniche di DNA metabarcoding ad alto rendimento (1).

Metodi: La campagna di monitoraggio è stata condotta nel febbraio 2024 in 28 siti distribuiti in Italia meridionale (Penisola Salentina e Lamezia Terme), Albania, Malta e Zante (Grecia), rappresentativi di ambienti urbani, rurali e costieri. I campioni di bioaerosol outdoor sono stati raccolti mediante deposizione gravimetrica su filtri elettretici con tempo di esposizione di 14 giorni. La caratterizzazione delle comunità microbiche è stata effettuata mediante metabarcoding dei geni 16S rRNA e ITS rRNA, per l'identificazione, rispettivamente, dei batteri e dei funghi aerodispersi a livello di genere. L'analisi statistica è stata condotta adottando approcci di analisi composizionale (CoDa).

Risultati: Tra i batteri, il genere *Sphingomonas* è risultato ubiquitario in tutte le aree investigate, mentre *Brevundimonas*, *Geodermatophilus* e *Rubrobacter* hanno mostrato una maggiore associazione con i siti rurali e costieri. Una quota significativa dei generi batterici identificati (e.g., *Sphingomonas*, *Brevundimonas*) comprende specie potenzialmente o opportunisticamente patogene per l'uomo (2). Le comunità fungine hanno evidenziato pattern di distribuzione spaziale caratteristici, con una prevalenza dei generi *Cladosporium* e *Alternaria* nei campioni rurali e costieri. Entrambi i generi sono noti per il loro ruolo nel provocare reazioni allergiche e fitopatologiche (3).

Conclusioni: I risultati evidenziano una marcata variabilità spaziale delle comunità microbiche aerodisperse nel Mediterraneo centrale, in relazione alle caratteristiche ambientali e territoriali dei siti di campionamento. L'approccio basato su metabarcoding 16S e ITS si conferma uno strumento efficace per la caratterizzazione dei bioaerosol e per il supporto ad una valutazione più approfondita del potenziale impatto sanitario ed ambientale associato al particolato atmosferico.

Bibliografia

- [1] Fragola M et al. 2025. DOI: 10.1016/j.envadv.2025.100660
- [2] Ryan MP et al. 2018. DOI: 10.1080/21505594.2017.1419116
- [3] Thomma BPHJ. 2003. DOI: 10.1046/J.13643703.2003.00173.X



NAPOLI PM 2026

XII Convegno Nazionale sul Particolato Atmosferico

ISBN 978-88-942135-6-0

