

COSA ABBIAMO CAPITO SUGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

IL PROGETTO LIFE PREPAIR, AVVIATO CON L'OBIETTIVO DI REALIZZARE STRUMENTI E AZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEL BACINO DEL PO, HA CONFERMATO LA NECESSITÀ DI AGIRE SU TUTTO IL TERRITORIO E SU TUTTE LE FONTI: RISCALDAMENTO A LEGNA, TRASPORTI, ALLEVAMENTI, FERTILIZZAZIONE ED EMISSIONI INDUSTRIALI.

Il progetto Life-Ip Prepair è stato avviato nel 2017 con l'obiettivo di realizzare strumenti e azioni per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino del Po. Tra i primi, la condivisione delle informazioni relative alle sorgenti di emissioni e l'avvio di un'analisi della composizione del particolato sul territorio, che hanno permesso di approfondire le conoscenze

sulla qualità dell'aria del bacino del Po con un approccio coordinato a supporto di azioni condivise. La pianura Padana, per quanto riguarda la qualità dell'aria, rappresenta infatti un'area unica, senza barriere, in cui le emissioni tendono a ristagnare e a trasformazioni anche a causa di condizioni meteorologiche frequentemente sfavorevoli, con superamenti degli standard di polveri

fini e ozono e, localmente, ossidi di azoto e benzo(a)pirene fissati dall'Unione europea.

Questa zona è densamente popolata e altamente industrializzata. Tonnellate di ossidi di azoto, polveri e ammoniaca vengono emesse annualmente in atmosfera da un'ampia varietà di fonti inquinanti, principalmente legate al traffico, al riscaldamento domestico,

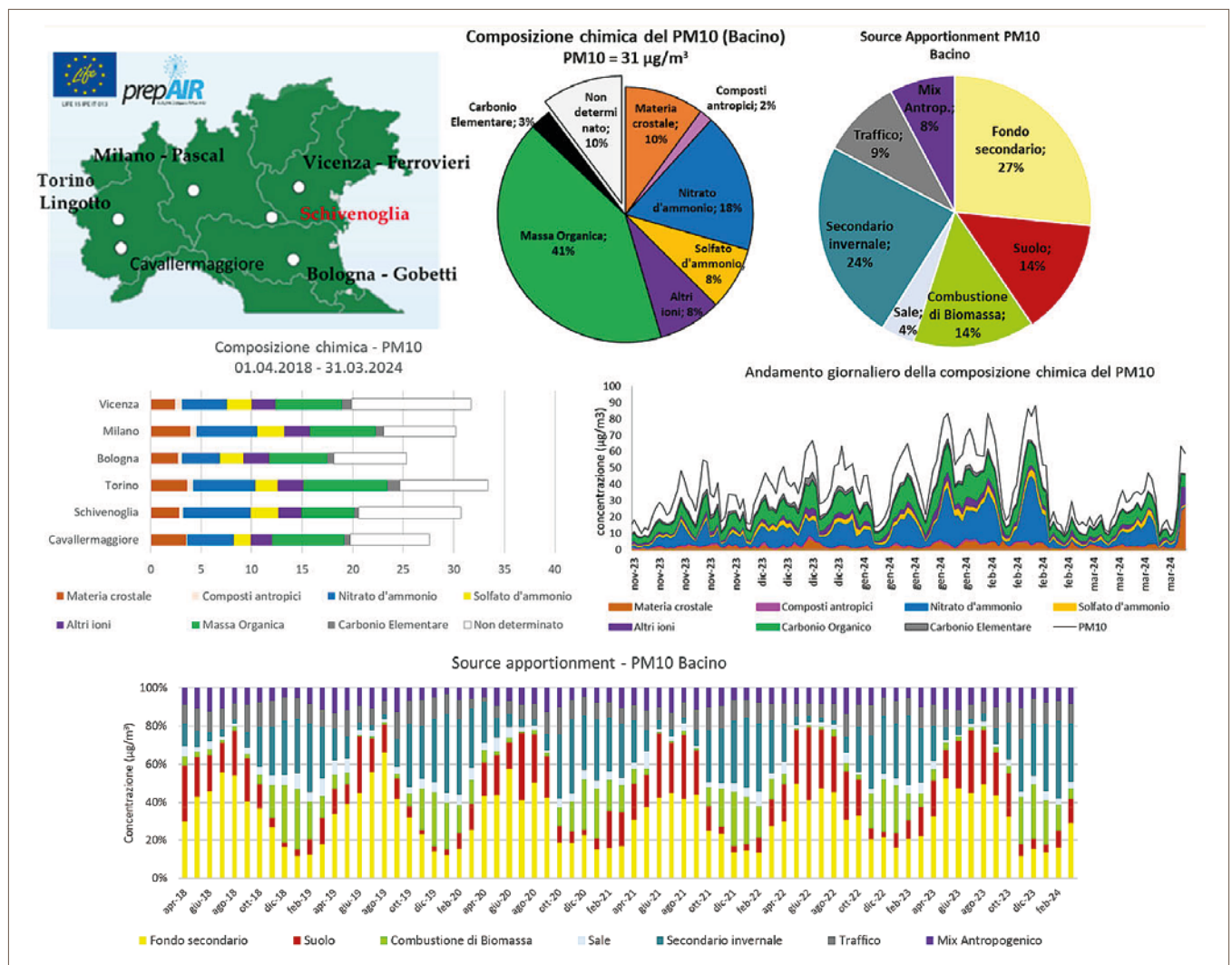


FIG. 1 PM₁₀
 Le frazioni principali che compongono il PM₁₀. I principali risultati del monitoraggio nei siti speciali del progetto (dal 1° aprile 2018 al 31 marzo 2024).
 Fonte: Progetto Life Prepair.

all'industria, alla produzione di energia e all'agricoltura. L'ammoniaca, emessa principalmente dalle attività agricole e zootecniche, contribuisce in modo sostanziale alla formazione delle polveri secondarie inorganiche, che costituiscono una frazione significativa delle polveri totali in atmosfera. La conoscenza delle fonti e dei meccanismi di formazione, che possono essere approfonditi conoscendo la composizione delle polveri, sono fondamentali per indirizzare le misure di risanamento.

Metodologia

Tra gli obiettivi del progetto Prepair, era prevista l'attivazione di una rete di misura per la caratterizzazione chimica del PM₁₀. Tale rete è stata creata sulla base di stazioni di monitoraggio già esistenti ed è composta da quattro siti di fondo urbano (Torino, Milano, Vicenza e Bologna) e uno di fondo rurale (Schivenoglia, MN) ai quali, nel corso del progetto, si è aggiunto il sito di fondo suburbano di Cavallermaggiore (CN). Mediante specifiche analisi di laboratorio dei campioni raccolti giornalmente nei sei siti, è stato creato un database che copre complessivamente 6 anni (dal 1° aprile 2018 al 31 marzo 2024). È stata poi eseguita un'analisi di *source apportionment*, effettuata con la *positive matrix factorization*, Pmf (Us-Epa, 2014). Il progetto ha permesso di valutare le emissioni del bacino e della Slovenia in modo coerente, sulla base dei risultati degli inventari di emissioni locali (per l'Italia riferiti a regioni, province e comuni) che permettono di caratterizzare dettagliatamente il peso delle pressioni emissive e consentono di identificare l'efficacia delle politiche di risanamento della qualità dell'aria. È così stata completata una banca dati emissiva che ha coperto il periodo 2013-2019.

Principali risultati

Mediamente, nei 6 anni del progetto, le frazioni principali che compongono il PM₁₀ (figura 1) sono risultate essere il secondario inorganico, che si forma in atmosfera a partire da ossidi di azoto, di zolfo e ammoniaca (che rappresenta circa il 30% del PM₁₀ di cui il 20% come nitrato d'ammonio e circa il 10% come solfato d'ammonio) e la frazione carboniosa (che è oltre il 40% del PM₁₀, di cui circa il 40% come massa organica e il restante come carbonio elementare).

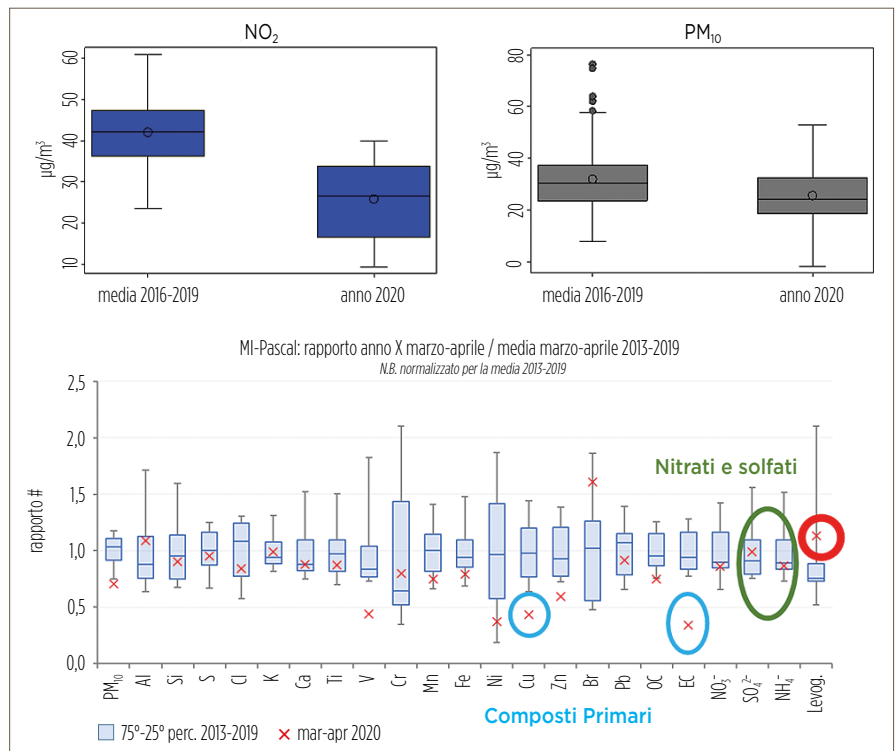


FIG. 2 LOCKDOWN
Misure di speciazione chimica effettuate durante il lockdown. Confronto tra il periodo del 2020 interessato dalle misure di contenimento dell'emergenza Covid-19 e i corrispondenti periodi degli anni precedenti per PM₁₀, NO₂ e le principali componenti del PM₁₀.

Seguono la componente crostale e altri ioni solubili (entrambi intorno al 10%) e i composti antropogenici (<5%). Dall'osservazione dell'andamento giornaliero della chiusura di massa si nota come la composizione chimica del PM₁₀ sia estremamente variabile durante il corso dell'anno solare. Come atteso, il nitrato d'ammonio presenta i massimi durante la stagione invernale, tipicamente nei mesi di gennaio e febbraio, arrivando a rappresentare fino a oltre il 50% della massa del PM₁₀, mentre il solfato d'ammonio presenta concentrazioni assolute tendenzialmente simili durante l'anno. Anche la frazione carboniosa presenta i valori maggiori durante i mesi invernali con i massimi di concentrazione nel trimestre da dicembre a febbraio. La frazione crostale ha il contributo maggiore nella stagione estiva e rappresenta una frazione importante della massa del PM₁₀ in corrispondenza di fenomeni di trasporto di sabbia da regioni desertiche. La composizione chimica nel bacino padano risulta abbastanza uniforme, specialmente in termini percentuali. In particolare, composti inorganici secondari (Sia) sono omogenei sulla pianura Padana. Durante le giornate, dei mesi tra dicembre e febbraio, caratterizzate da concentrazioni della media di bacino superiori ai 50 µg/m³ il nitrato d'ammonio risulta la specie che maggiormente incrementa le sue

concentrazioni, arrivando anche a raddoppiare il suo valore medio rispetto a quando il PM₁₀ di bacino è inferiore a 50 µg/m³. L'analisi di *source apportionment* ha permesso l'individuazione, seppur con margini di incertezza, delle principali sorgenti e/o processi di formazione del particolato. In sintesi, sono stati risolti 7 fattori (figura 1) comuni a tutti i siti ricettori: due fattori di origine secondaria, fondo secondario e secondario invernale, oltre a combustione da biomassa, traffico, sale, suolo e mix antropogenico. In media sul bacino padano, i due fattori suolo e sale spiegano complessivamente più del 15% della massa di PM₁₀ ricostruita. Il suolo presenta un contributo superiore al 10%, mentre il sale ha un contributo di circa il 5%. I fattori primari di origine antropica, traffico e combustione di biomassa hanno un contributo simile, intorno al 10%. La componente secondaria rappresenta circa il 50% della massa totale di PM₁₀ ed è ripartita in egual misura nei due fattori che la caratterizzano: secondario invernale e fondo secondario. In particolare, il fondo secondario risulta arricchito di una componente carboniosa che sta probabilmente a indicare che il solfato d'ammonio si può essere formato molto lontano dal recettore, arricchendosi quindi durante un processo di invecchiamento. Come sottolineato anche nell'analisi della composizione

chimica, i contributi delle diverse sorgenti sono uniformi sul bacino. Si sottolinea la presenza di accumulo di nitrato d'ammonio durante i mesi invernali che porta il secondario invernale a rappresentare oltre il 30% della massa del PM₁₀ nei mesi di gennaio e febbraio. Nel sito di Milano i campionamenti di PM₁₀ sono attivi dal 2013, per cui è disponibile una lunga serie storica di composizione chimica, che unisce le misure effettuate durante il progetto a quelle raccolte precedentemente. Nell'ultimo decennio si nota un calo della massa totale di PM₁₀ e della concentrazione del carbonio elementare (EC); si evidenzia quindi una riduzione del contributo del fattore associato alle emissioni da traffico allo scarico. La frazione di secondario invernale (nitrato d'ammonio in particolare) è, invece, piuttosto stabile.

Durante il progetto Prepair si è vissuta anche l'emergenza Covid-19, che ha comportato l'adozione di una serie di misure restrittive da parte di molti Paesi; tra queste, in particolare, il blocco di molte attività da marzo a giugno 2020. In particolare, dal punto di vista emissivo è emerso che nel bacino padano il traffico urbano è diminuito del 90% e l'industria del 30%; mentre l'agricoltura è rimasta sostanzialmente stabile la combustione della legna è aumentata. In questo particolare periodo l'NO₂ è diminuito in modo significativo, mentre il PM₁₀ mostra una diminuzione molto più contenuta e – in alcuni giorni – ha superato la soglia di 50 µg/m³ come media giornaliera (figura 2). Le misure di speciazione chimica effettuate nell'ambito del Life Prepair hanno evidenziato la diminuzione nel PM₁₀ durante il *lockdown* delle componenti legate al traffico (EC e Cu) e l'aumento di quelle legate alla combustione della legna, ad esempio levoglucosano (figura 2), con una sostanziale stabilità, anche in questo periodo, del secondario inorganico (Life Prepair, 2021). I risultati sull'intero periodo e quelli durante il *lockdown* sottolineano quindi che è necessario proseguire con le azioni sul traffico, ma che intervenire solo su tale settore non basta: è necessario limitare la parte legata al carbonio organico ma anche quella legata alla formazione in atmosfera di secondario inorganico, connesso alle emissioni di ossidi di azoto, di zolfo e ammoniaca.

Il progetto in effetti ha permesso di evidenziare quali siano i maggiori responsabili delle emissioni di tali parametri, con la loro distribuzione sul territorio. Le aree di maggiore

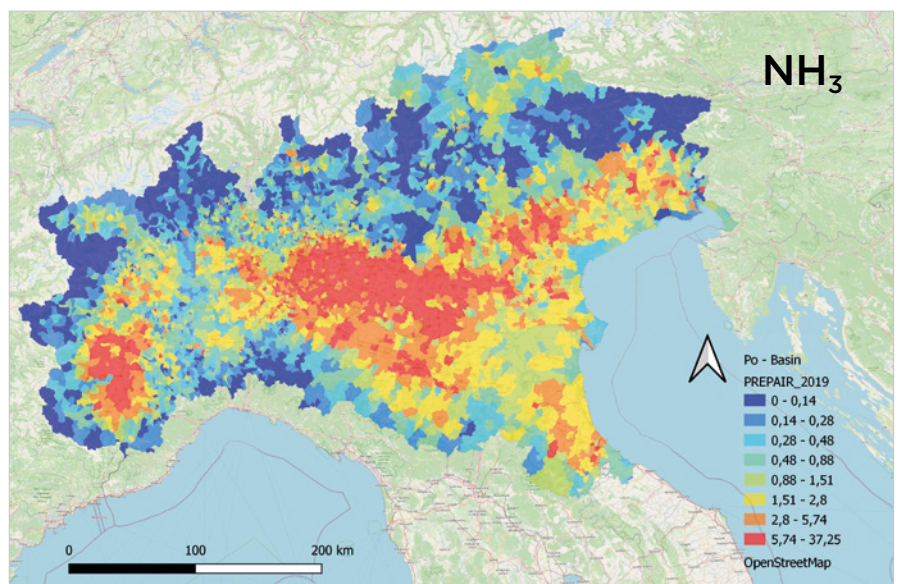
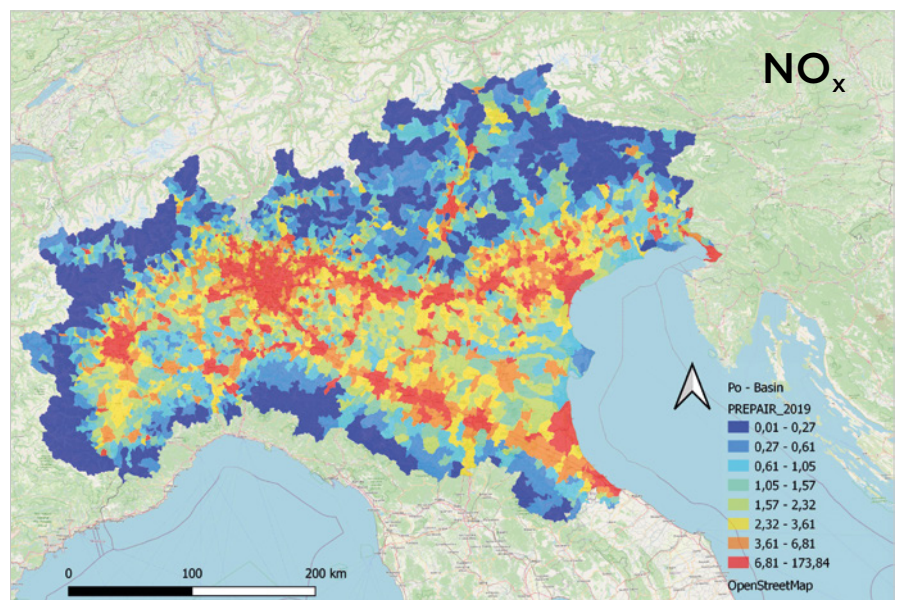
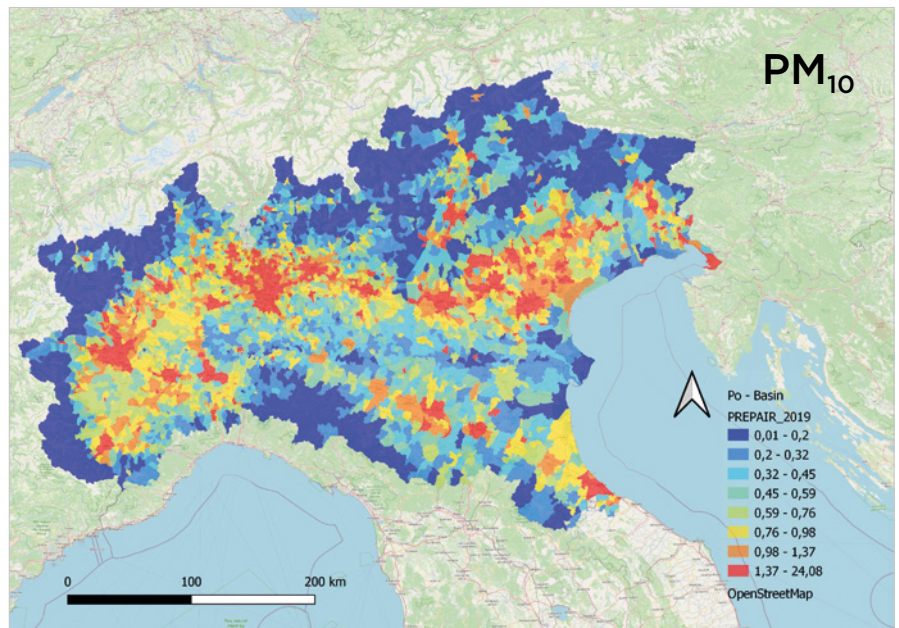


FIG. 3 AREE DI MAGGIORE PRESSIONE EMISSIVA
Mappe di densità di emissione comunale in t/anno/km² per i principali inquinanti atmosferici.

pressione emissiva sono infatti facilmente identificabili in *figura 3*.

Maggiori emissioni per km² di PM₁₀ primario interessano le principali aree urbane del nord Italia. Nella mappa del PM₁₀ è ben visibile anche l'area prealpina. Le principali fonti di particolato primario sono infatti il riscaldamento prevalente in media sul bacino e il trasporto su strada, prevalente se si restringe l'analisi alle aree urbane (*tabella 1*).

Il trasporto su strada si conferma anche la prima sorgente di emissione degli ossidi di azoto (NO_x): nella mappa sono molto evidenti le reti di connessione interurbana tra i principali centri. Il settore zootecnico e l'impiego di fertilizzanti sintetici sono la fonte prevalente delle emissioni di ammoniaca (NH₃). Le aree più interessate da quest'ultimo inquinante sono quelle caratterizzate da maggiori estensioni delle superfici agricole e storicamente con maggiore vocazione agricola. Le emissioni industriali continuano a rappresentare una sorgente non trascurabile di ossidi di azoto a livello complessivo, oltre che poter avere potenziali impatti a livello locale.

Entrando nel dettaglio dei risultati, è evidente come nel riscaldamento il contributo più alto alle emissioni derivi dalla combustione di biomassa legnosa bruciata in piccoli apparecchi domestici, mentre nelle emissioni da traffico la principale fonte di PM₁₀ è ormai dovuta all'usura di pneumatici, freni e manto stradale. L'impiego di carburante diesel risulta ancora la sorgente principale delle emissioni di NO_x del traffico stradale, non solo in ambito urbano ma anche extraurbano e autostradale.

Il progetto Life Prepair ha così confermato la necessità di agire in modo coerente sul tutto il territorio del bacino del Po, agendo, su tutte le fonti appena citate:

- riscaldamento a legna
- trasporti su strada in tutti gli ambiti: urbano, extraurbano e autostradale considerando sia le emissioni di NO_x da combustione sia le cosiddette emissioni *non-exhaust* delle polveri da usura
- allevamenti zootecnici e fertilizzazione minerale
- emissioni industriali.

Alessandro Marongiu, Eleonora Cuccia, Guido Lanzani

Uo Aria e supporto political decision maker, Direzione generale, Arpa Lombardia



Settore	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	Cov
Produzione di energia e raffinerie	6%	0%	1%	1%
Combustione in ambito residenziale e terziario	10%	2%	55%	8%
Combustione in ambito industriale	16%	0%	3%	2%
Processi produttivi	2%	0%	3%	11%
Estrazione e distribuzione carburanti	0%	0%	0%	7%
Uso dei solventi	0%	0%	3%	60%
Trasporto su strada	49%	1%	22%	9%
Altre sorgenti mobili	14%	0%	3%	1%
Trattamento e smaltimento rifiuti	2%	1%	1%	0%
Agricoltura	1%	96%	5%	0%
Altre sorgenti e assorbimenti	0%	0%	4%	1%

TAB. 1 FONTI DI PARTICOLATO PRIMARIO
Impatto sulle emissioni dei principali inquinanti atmosferici delle sorgenti.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Marongiu A., Angelino E., Moretti M., Malvestiti G., Fossati G., 2022, "Atmospheric emission sources in the Po-Basin from the Life-Ip Prepair project", *Open Journal of Air Pollution*, 11, 70-83, <https://doi.org/10.4236/ojap.2022.113006>

Marongiu A., Distefano G.G., Moretti M., Petrosino F., Fossati G., Collalto A.G., Angelino E., 2024, "Machine learning approach for local atmospheric emission predictions", *Air*, 2(4), 380-401, <https://doi.org/10.3390/air2040022>

Us-Epa, 2014, *Epa Positive matrix factorization (Pmf) 5.0. Fundamentals and user guide*, Publishing House Washington, DC 20460, www.epa.gov/sites/default/files/2015-02/documents/pmf_5.0_user_guide.pdf

Life Prepair, 2021, *Report 3 Covid-19: studio degli effetti delle misure Covid-19 sulla composizione chimica del particolato nel bacino padano. Gennaio 2021*, www.lifeprepareu/wp-content/uploads/2021/02/Prepair_covidQA_Report3_def2.pdf

Life Prepair, 2024, *Final report: Monitoring the environmental effects of pollutants reduction measures implemented by air quality improvement plans. Report on source apportionment*, www.lifeprepareu/index.php/azioni/air-quality-and-emission-evaluation