

COVID-19 E COMPOSIZIONE DEGLI INQUINANTI NELL'ARIA

GLI EFFETTI SULLE COMPONENTI DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO DERIVANTI DALLE MODIFICHE AVVENUTE SULLE EMISSIONI A SEGUITO DEI PROVVEDIMENTI PRESI PER LIMITARE LA DIFFUSIONE DELLA PANDEMIA. L'ANALISI È STATA FATTA CONFRONTANDO IL 2020 CON GLI ANNI PRECEDENTI E SI È SVOLTA AL NETTO DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE.

Le condizioni senza precedenti che si sono venute a creare a partire da marzo 2020 in conseguenza alla pandemia prodotta da Covid-19, hanno modificato in modo sostanziale le emissioni degli inquinanti dell'aria, influenzando di conseguenza le loro concentrazioni in atmosfera. In alcuni casi, come per gli ossidi di azoto, la variazione ha prodotto un calo che è stato facilmente osservabile [1; 2], ma per inquinanti complessi, come il particolato atmosferico, l'effetto sulle concentrazioni non è immediatamente interpretabile in quanto è costituito da componenti con origini diversificate, anche distanti nel tempo e nello spazio, che hanno avuto variazioni differenti [3]. L'analisi della composizione chimica del particolato, nei siti nei quali era disponibile (figura 1), ha permesso di portare in evidenza effetti che, altrimenti, nell'insieme totale della sua massa, sarebbero stati mascherati, integrati dalle misure di altri parametri non previsti dalla norma vigente come ammoniaca o *black carbon*. Tutte le informazioni dettagliate sui siti disponibili, le analisi eseguite, i parametri studiati e i risultati ottenuti sono riportati nei report conclusivi dell'obiettivo 3 di Pulviris [4].

Nella parte primaria del particolato, cioè quella emessa tal quale dalle sorgenti, si osserva come la frazione legata al trasporto veicolare sia calata in modo evidente nel periodo del primo *lockdown*, con un effetto che si è protratto anche per buona parte del resto del 2020. Questo è confermato sia dall'osservazione diretta di traccianti della componente *exhaust*, cioè della combustione, come il carbonio elementare (figura 2), sia da analisi più complesse di *source apportionment* (come la *positive matrix factorization* [5]) (figura 3) o di *machine learning* (in particolare la *random forest* [6]). Anche l'osservazione della concentrazione oraria del *black carbon* mostra la diminuzione dell'influenza del traffico, avendo il massimo calo, rispetto

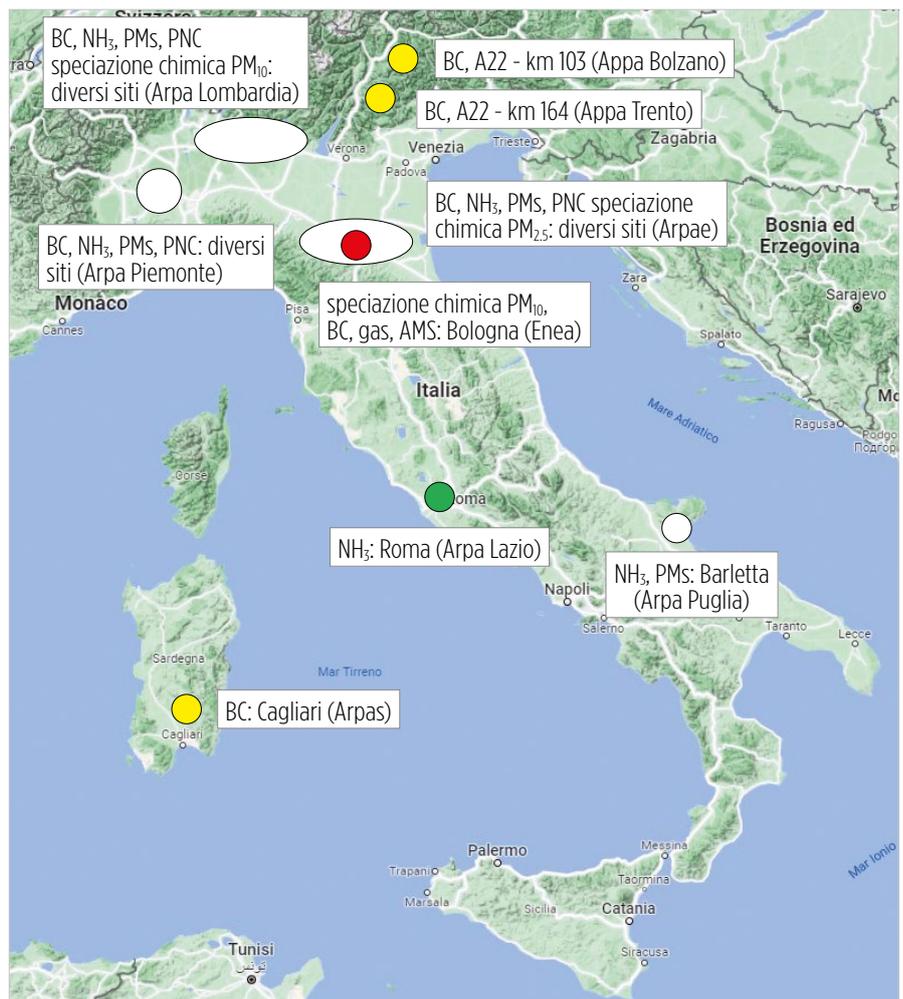


FIG. 1 SITI DI ANALISI

Siti e misure disponibili per l'approfondimento. Non essendo stato possibile programmare le misure in anticipo, dato l'evento inatteso che ha creato le condizioni in studio, sono stati raccolti i dati disponibili nel Srpa di misure in corso per altri fini e messe a disposizione dalle diverse Agenzie ambientali.



alle medie degli anni precedenti, nelle ore di punta mattutine (*rush hour*) (figura 4). La diminuzione di tutti gli indicatori del traffico considerati non si è limitata, come ci si poteva attendere, al solo periodo del *lockdown* della primavera 2020, ma si è protratta almeno fino all'autunno inoltrato, se non fino alla fine dell'anno, anche se non in tutti i siti con la stessa entità. Certamente la fine delle regole più stringenti volte a ridurre la diffusione di Covid-19 ha comportato una ripresa della mobilità ma, con elevata probabilità, la diffusione del lavoro agile (*smart working*), alcune restrizioni su attività ludico-ricreative e la didattica a distanza, per gli istituti secondari, possono aver permesso di mantenere la componente legata al traffico a livelli inferiori rispetto agli anni precedenti, con cali addirittura confrontabili con quelli avuti durante i mesi marzo-maggio 2020, cioè nel pieno del *lockdown*. L'effetto potrebbe essersi parzialmente smorzato in autunno da un lato per la ripresa, seppure parziale, delle scuole primarie, ma anche per un uso più diffuso di mezzi di trasporto propri piuttosto che pubblici, per il timore di quella che era stata definita "seconda ondata" di Covid-19, da ottobre 2020.

Un'altra componente che risulta importante in termini di massa di particolato prodotta, è quella della combustione di biomassa, caratteristica soprattutto del riscaldamento domestico, che almeno nel periodo del *lockdown*, in particolare nella seconda metà di aprile (figura 2), risulta essere cresciuta rispetto alle medie misurate nello stesso periodo negli anni precedenti. Questa condizione, che sembrerebbe in controtendenza rispetto all'andamento nel tempo sia della parte di particolato ascrivibile a questa origine tramite *source apportionment* (figura 3) sia della concentrazione del suo principale marker, il levoglucosano, potrebbe essere spiegata dalla maggior quantità di tempo che le persone sono state costrette a trascorrere in casa, e al conseguente aumento delle ore di accensione dei riscaldamenti domestici. Le due principali fonti di particolato legate alle combustioni, traffico e riscaldamento domestico, sembrano aver avuto, quindi, variazioni in versi opposti durante il *lockdown*, come confermato anche dall'osservazione del *black carbon* se diviso nelle sue componenti prodotte da *fossil fuel* e da *biomass burning* [7] (figura 5). Gli incrementi della frazione di particolato derivanti dalla combustione di legna potrebbero aver mascherato l'effetto del calo dei contributi legati ai trasporti sulla massa totale delle polveri.

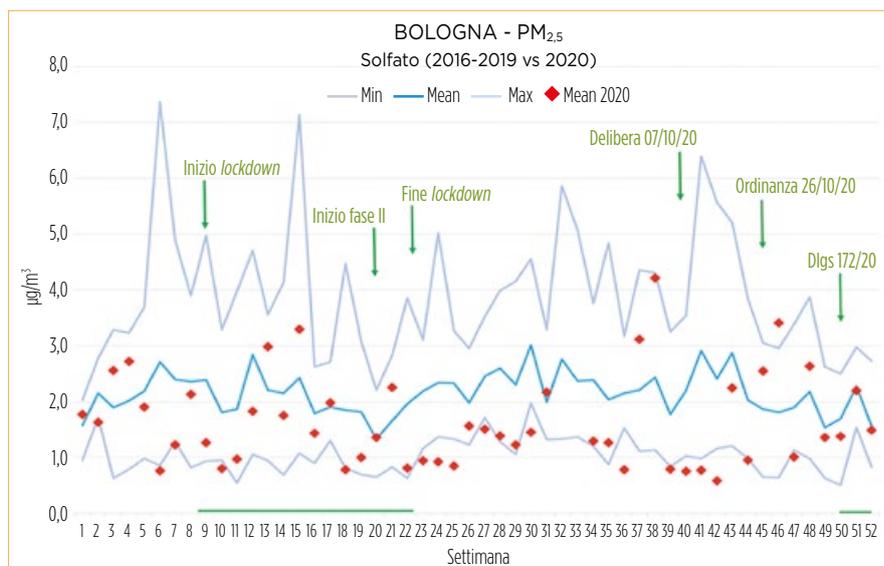
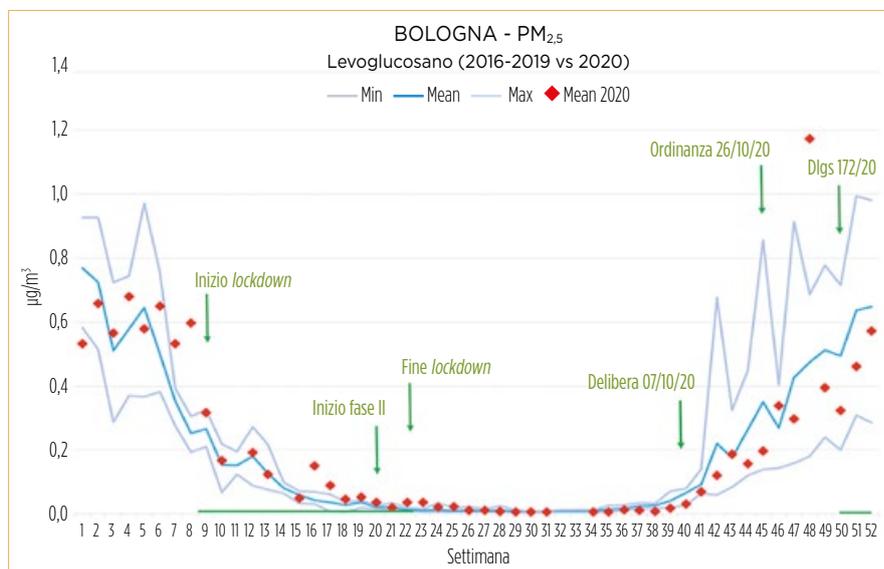
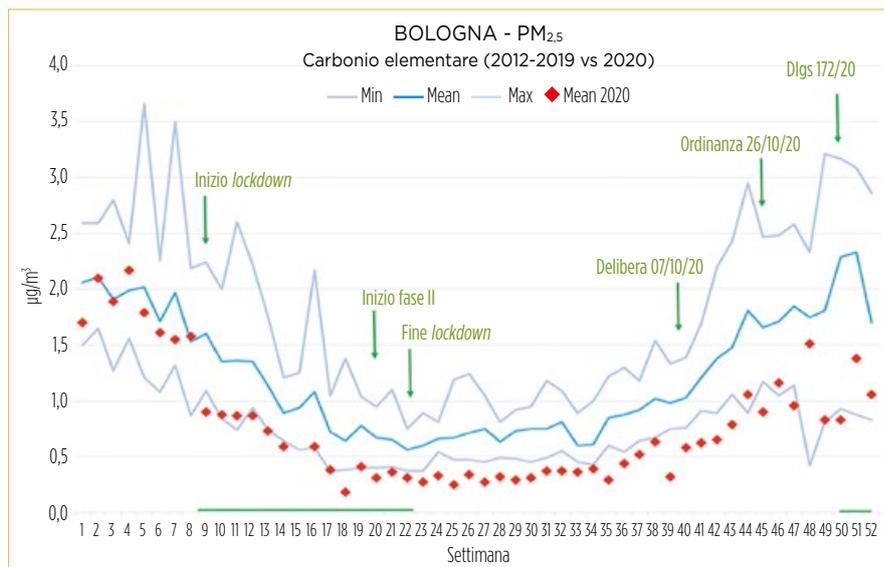


FIG. 2 COMPONENTI DEL PARTICOLATO

Concentrazione media settimanale di alcune delle componenti chimiche del particolato. Le concentrazioni medie settimanali misurate nel 2020 (in rosso) per carbonio elementare (in alto), levoglucosano (al centro) e ione solfato (in basso) sono state confrontate con quelle registrate nella serie storica: in azzurro i valori minimi e massimi delle medie settimanali dal 2012 al 2019 (per il levoglucosano dal 2016), in blu i valori medi delle medie settimanali. In verde sono stati riportati i momenti di emanazione dei principali interventi volti a combattere la diffusione della pandemia da Covid-19. I grafici si riferiscono ai dati del PM_{2.5} di Bologna, a titolo di esempio.

La componente secondaria del particolato, cioè quella che si forma direttamente in atmosfera da sostanze precedentemente presenti, risulta sempre di difficile lettura. Nonostante i cali registrati degli ossidi di azoto [1; 2] durante il *lockdown*, la parte dell'aerosol di cui sono precursori, il nitrato d'ammonio, non mostra cali significativi se confrontata con le concentrazioni negli anni precedenti. Le analisi eseguite con le tecniche di *machine learning* mostrano un segnale di decrescita delle concentrazioni misurate rispetto a quelle attese in condizioni *business as usual* durante il *lockdown* nei siti di fondo urbano (Milano, Bologna, Parma e Rimini). Tali cali, però, sono confrontabili con la variabilità delle differenze tra concentrazioni attese e misurate espresse dal modello negli stessi periodi degli anni precedenti, quindi non è possibile assumere questo risultato come conclusivo. Considerando che quest'ultima analisi è stata fatta per valutare le concentrazioni in atmosfera al netto dell'effetto della meteorologia su di esse, una diminuzione rispetto al dato previsto sarebbe coerente con l'assunzione che la contrazione delle sorgenti dei precursori (in particolare gli

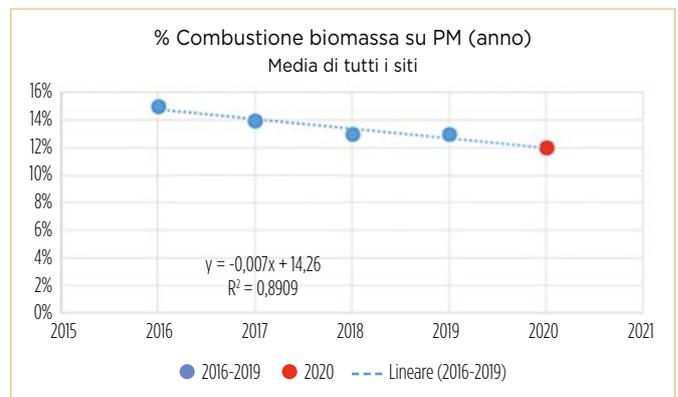
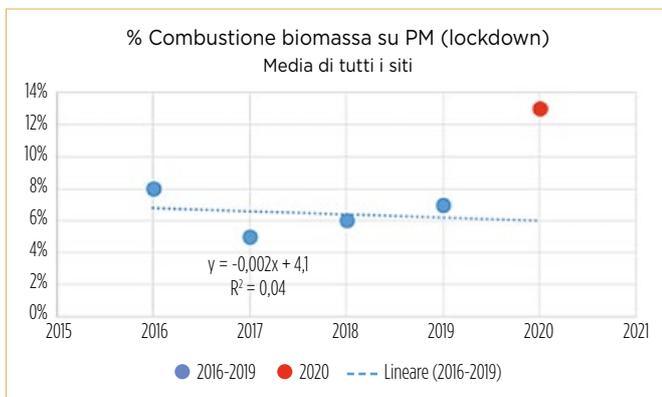
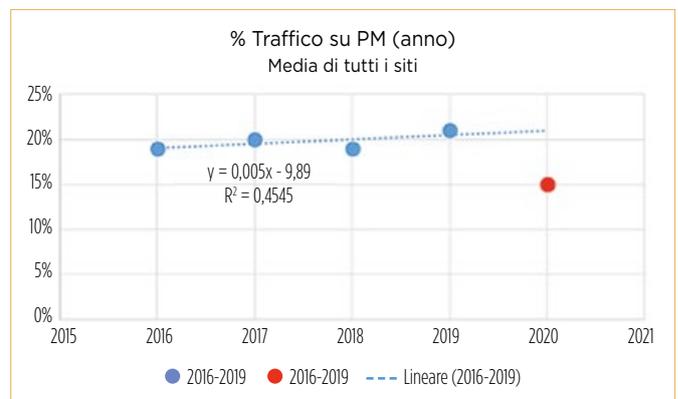
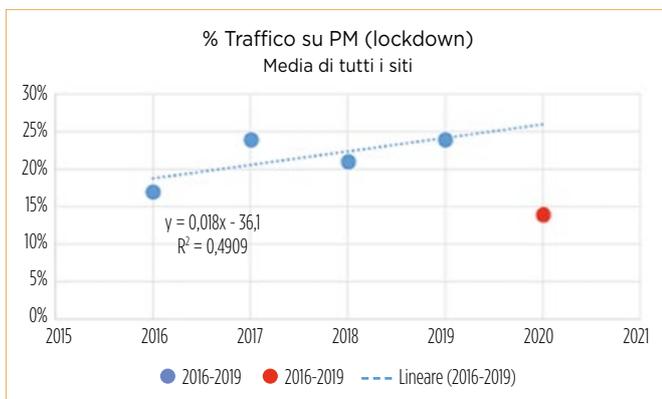


FIG. 3 FATTORI EMISSIVI DI COMBUSTIONE

Percentuale sulla massa di particolato di fattori emissivi di combustione. Con tecniche di *source apportionment* è stato possibile individuare i principali fattori emissivi legate alle combustioni (traffico – in alto - e combustione delle biomasse – in basso) e calcolarne il contributo percentuale alla massa del particolato sia rispetto all'intera annualità che nel solo periodo che nel 2020 è combaciato con il lockdown generale. I dati sono stati espressi come media di tutti i siti disponibili e si riferiscono al PM_{10} di un fondo urbano (Milano) e al $PM_{2,5}$ di tre fondi urbani (Bologna, Parma, Rimini) e un fondo rurale (S. Pietro Capofiume, BO). Si osserva come il traffico nel 2020 è stato chiaramente inferiore agli anni passati anche considerando l'intero anno, non solo durante il lockdown. La combustione di biomassa, al contrario, ha avuto un incremento durante il lockdown, ma come media annua è in linea con gli altri anni.

ossidi di azoto) abbia avuto un effetto di diminuzione della quantità di nitrato rispetto a quello che si sarebbe avuta in condizioni *business as usual*, mascherata dalle condizioni meteorologiche, ma i dati non sono sufficientemente solidi da muovere ipotesi in tal senso, sebbene le stime modellistiche [8] avessero previsto una diminuzione del nitrato d'ammonio.

La componente secondaria del particolato collegabile a un fondo continentale o comunque extraregionale e caratterizzata principalmente dal solfato e da specie organiche molto invecchiate

ha mostrato, dal confronto con gli anni precedenti, una riduzione dall'estate (figura 2).

Tale andamento potrebbe essere legato alla contrazione di una parte delle attività produttive a livello internazionale.

L'assenza di provvedimenti che riguardavano le attività agricole e zootecniche, che sono le sorgenti predominanti di ammoniaca in atmosfera [9], ha comportato una mancanza di variazione delle sue concentrazioni in ambiente nella maggioranza dei punti di misura disponibili. Siti posti in area urbana

di traffico, in una città metropolitana come Roma, invece, hanno mostrato un calo anche di questo gas (figura 6). In questi punti, evidentemente, l'importanza relativa delle diverse fonti di ammoniaca si modifica rendendo predominante la sorgente traffico, che è stata ampiamente ridimensionata dai provvedimenti contro il Covid-19. L'effetto di riduzione delle emissioni prodotte dal traffico, nei siti dove questa sorgente è la principale, come in quelli di Roma considerati, è stato talmente importante da incidere non solo su traccianti specifici, ma anche su altre specie come l'ammoniaca.

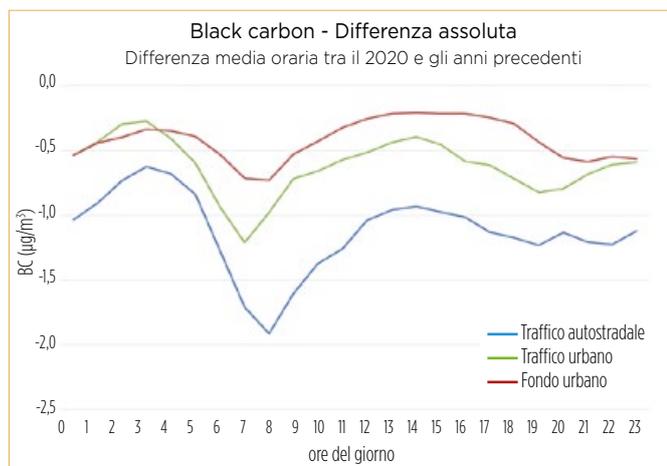


FIG. 4 BLACK CARBON

Diminuzione media oraria del black carbon nel 2020 rispetto agli anni precedenti. Nel grafico è riportata la differenza tra la concentrazione oraria misurata nel 2020 e quelle ottenute per gli anni 2017-2019 della concentrazione di black carbon in diverse tipologie di sito: di traffico autostradale (in rosso), di traffico urbano (in verde), di fondo urbano (in giallo).

Il calo nel 2020 è tanto più marcato quanto più i siti sono influenzati dal traffico. La variazione massima è stata registrata in corrispondenza delle ore di punta del mattino (*rush hour*).

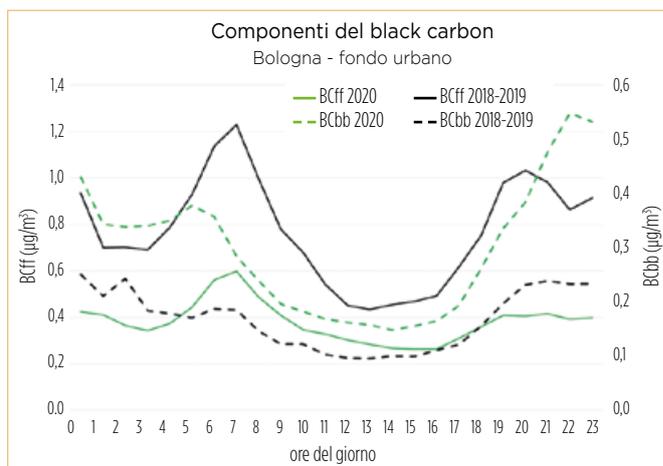


FIG. 5 BLACK CARBON

Concentrazione delle componenti del black carbon del giorno medio durante il lockdown 2020 rispetto agli anni precedenti. La concentrazione totale di black carbon può essere divisa in una componente legata alla combustione di biomassa (BCbb, linee tratteggiate) e una legata al traffico (BCff, linee continue). Il confronto tra la media oraria di queste due componenti misurate in un sito di fondo urbano di Bologna nel periodo 11/03-18/05 del 2020 (in verde) rispetto alle medie orarie degli stessi giorni del 2019 (più qualche giorno del 2018), mostrano come in seguito al lockdown si sia avuto un calo dell'incidenza del traffico e un incremento della componente legata alla biomassa.



In conclusione, un impatto sul particolato delle azioni messe in campo per combattere la diffusione della pandemia è stato osservato, per la maggior parte, nel verso della diminuzione dei contributi delle specie, anche se, in certi casi, mascherato da effetti opposti. I risultati dell'analisi con tecniche di *machine learning* confermano come le riduzioni misurate, ad esempio sulle concentrazioni di carbonio elementare, non siano dovute a condizioni di variabilità tra gli anni legate alle condizioni meteorologiche, ma siano imputabili alla variazione dei contributi antropici. Le analisi non permettono di capire con certezza se cali di altre specie siano stati celati dalla meteorologia, come potrebbe essere accaduto, ad esempio, per il nitrato. I risultati più evidenti riguardano gli effetti legati alla riduzione dei trasporti, con cali nella frazione primaria del particolato che permangono ben oltre il termine dei provvedimenti più stringenti del primo *lockdown* indicando che anche le misure messe in atto nell'autunno sembrano avere inciso in maniera consistente. Infine, sembrano diminuite anche le frazioni di particolato legate a componenti antropiche extraregionali, a fronte di una crescita, durante il solo *lockdown*, delle combustioni di biomassa.

Dimitri Bacco, Arianna Trentini, Fabiana Scotto

Arpae Emilia-Romagna

Si ringraziano per la collaborazione tutto il gruppo di lavoro dell'obiettivo 3 di Pulviris e gli istituti, gli enti e le agenzie che hanno messo a disposizione i dati da loro raccolti.

GRUPPO DI LAVORO OBIETTIVO 3 PULVIRIS

- Arpa Lazio: Maria Abbate, Pietro Liburdi
- Arpa Lombardia: Andrea Algieri, Cristina Colombi, Eleonora Cuccia, Umberto Dal Santo, Anna Di Leo, Guido Lanzani
- Arpa Veneto: Alessandro Benassi, Gianmaria Formenton
- Arpae Emilia-Romagna: Dimitri Bacco, Silvia Ferrari, Claudio Maccone, Fabiana Scotto, Arianna Trentini
- Enea: Giuseppe Cremona, Teresa La Torretta, Antonella Malaguti, Ettore Petralia, Milena Stracquadanio
- Ispra: Antonio Amoroso, Fabio Cadoni, Damiano Centioli, Alessandro Di Menno di Bucchianico, Giada Marchegiani
- ISS: Marco Inglessis, Gaetano Settimo
- Univ. Milano Bicocca: Gualtieri Maurizio

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Eea, *Air quality in Europe - 2020*, Eea Report n. 9/2020, www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report.
- [2] Progetto Life Prepair, *Report 2 Covid-19 studio preliminare degli effetti delle misure Covid-19 sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria nel bacino padano - Agosto 2020* www.lifeprepare.eu/wp-content/uploads/2020/09/COVIDQA-Prepair-2-17Settembre2020.pdf
- [3] www.pulviris.it/index.php/obiettivi/obiettivo-3/componenti-del-pm/
- [4] www.pulviris.it/index.php/documentazione-obiettivo-3/
- [5] Epa, "Positive matrix factorization model for environmental data analyses", www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses.
- [6] Breiman L., 2001, "Random Forests", *Machine Learning*, 45, 5-32, <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324>, <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324>.
- [7] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es702253m>
- [8] Ciarelli G., Jiang J., El Haddad I., Bigi A., Aksoyoglu S., Prévôt A.S.H., Marinoni Shen J., Yan C., Bianchi F., 2021, "Modeling the effect of reduced traffic due to Covid-19 measures on air quality using a chemical transport model: impacts on the Po Valley and the Swiss Plateau regions", *Environ. Sci. Atmos.*, 1, 5, 228-240, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/EA/D1EA00036E>.
- [9] https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/807

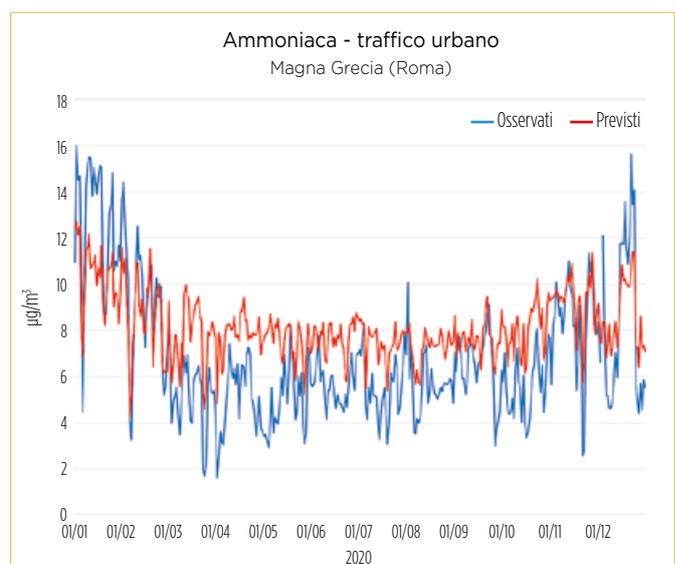
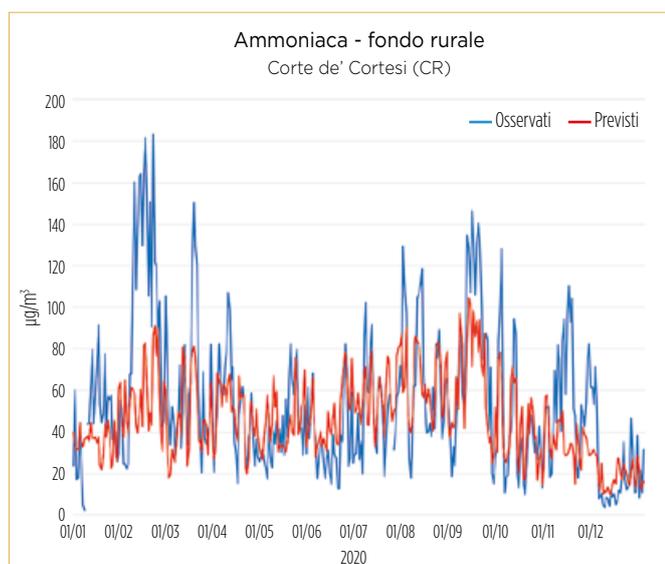


FIG. 6 AMMONIACA

Confronto tra concentrazioni di ammoniaca osservate e previste in base ad analisi di *machine learning*. L'analisi tramite *random forest* permette di calcolare le concentrazioni che ci si sarebbe dovuto aspettare in condizioni *business as usual* in base alle condizioni meteorologiche e in assenza di provvedimenti contro il Covid-19. I risultati sulle concentrazioni di ammoniaca per un sito rurale (a sinistra) mostrano l'assenza di un effetto coerentemente con il fatto che non erano previste restrizioni sulle attività agricole o zootecniche. Al contrario le concentrazioni di ammoniaca misurate in un sito da traffico in una metropoli (a destra) sono inferiori a quelle che sono state previste dal modello per effetto della contrazione dei trasporti locali.