

EMISSIONI DI PM10 DI ORIGINE ZOOTECNICA IN LOMBARDIA

Impatto ambientale e rapporti con l'epidemia di Covid19

Maggio 2020

Prof. Luigi Mariani¹

Università degli studi Milano – Disaa e Società Agraria di Lombardia

1. Premessa

L'analisi prende spunto da una puntata di Report trasmessa da RAI 3 il 13 aprile 2020 e che è possibile rivedere qui: <https://www.rai.it/programmi/report/inchieste/Il-costo-della-carne-ef3fe4d1-a79e-4932-88a0-a2d19a4b4c17.html>. In tale trasmissione si è fra l'altro presentata con molta enfasi l'ipotesi avanzata in uno scritto della Società italiana di Medicina Ambientale (Sima) secondo cui il settore zootecnico in quanto produttore di PM10 (particolato atmosferico con diametro minore o uguale a 10 micron) sarebbe all'origine della diffusione del virus Covid19 (Sima, marzo 2020). Durante la trasmissione si è anche citato un report dell'Italian Aerosol Society (20 marzo 2020) che smentisce in modo deciso quanto affermato da Sima.

Occorre peraltro segnalare che nella puntata di Report sono anche stati messi in luce una serie di problemi tuttora esistenti nei sistemi di smaltimento dei liquami zootecnici, rispetto ai quali ha tuttavia adombrato l'ipotesi che la soluzione stia nella pratica della zootecnia al pascolo. Tale soluzione è a nostro avviso del tutto incompatibile con la realtà di un sistema produttivo cerealicolo-zootecnico intensivo come quello padano che è a nostro avviso pienamente in grado di conciliare intensità produttiva ed esigenze ambientali grazie a un uso accorto dell'innovazione tecnologica.

In relazione alla trasmissione di Report resta infine una domanda di fondo: **come mai parlando di PM10 e dei possibili legami dello stesso con il Covid19 si è appuntata l'attenzione proprio sul settore agricolo, responsabile del 27% e del 19% delle emissioni di PM10 lombarde ed emiliano-romagnole e non sugli altri settori produttivi (trasporti, energia, riscaldamento, ecc.) che sono nel loro complesso responsabili del 73% delle emissioni di PM10 lombarde e dell'81% di quelle dell'Emilia Romagna?** E' una domanda cui non siamo in grado di dare risposta e che riteniamo comunque utile lasciare alla riflessione dei lettori.

2. Obiettivi di questo scritto

L'analisi condotta si è proposta di:

¹ Revisione scientifica: Prof. Giuseppe Bertoni, Prof. Tommaso Maggiore e Ing. Alberto Rota

1. verificare la fondatezza delle ipotesi di legame causale fra livello di PM10 e diffusione del virus Covid-19
2. raccogliere dati utili ad interpretare in termini quantitativi l'emissione di PM10 primario, di precursori del PM10 secondario e di PM10 secondario da parte della zootecnia lombarda, evidenziando altresì il contributo alle emissioni totali regionali e discutendo altresì gli elementi di incertezza esistenti in tali stime.
3. analizzare nello specifico quanto accaduto in termini di emissioni di PM10 zootecnici dal 1 gennaio 2020 e in occasione dell'emergenza Covid19. Per quest'ultima analisi è stato di particolare aiuto il report "Analisi preliminare della qualità dell'aria in Lombardia durante l'emergenza COVID-19" (ARPA Lombardia, 2020).
4. formulare alcune ipotesi finali sul percorso da intraprendere per rendere la zootecnia lombarda pienamente sostenibile sul piano ambientale mantenendo al contempo la sostenibilità economica di uno dei settori più strategici per il sistema agricolo-alimentare italiano in quanto da esso dipendono alcuni fra i principali prodotti da esportazione del nostro Paese (i formaggi grana, i prosciutti crudi).

3. Sintesi dei risultati

Le **conclusioni cui l'indagine è pervenuta** sono in estrema sintesi le seguenti:

1. Alla luce delle attuali conoscenze sui legami esistenti fra virus Covid19 e PM10 **le accuse avanzate da Report sono da ritenere infondate (paragrafo 5)**
2. **I PM10 totali emessi annualmente in Lombardia sono 63776 t/anno.** Di questi il 33% derivano dal macrosettore Energia, riscaldamento e industria, il 28% dal macrosettore trasporti e il 27% dall'agricoltura **(paragrafo 6)**
3. **dei PM10 di origine agricola il 97% deriva dall'ammoniaca (NH₃) che è in larghissima misura di origine zootecnica** e solo il 3% da altri precursori (Ossidi di Azoto NO_x, Anidride solforosa SO₂ e Composti organici volatili COV) **(paragrafo 6)**
4. **da gennaio 2020 il PM10 in Lombardia si è mantenuto su livelli contenuti e che si sono ulteriormente ridotti dall'8 marzo per effetto delle misure assunte a seguito dell'emergenza COVID-19** che hanno provocato una sensibilissima contrazione del traffico veicolare e dell'attività produttiva industriale, responsabili del 66,3% delle emissioni di NO_x che con NH₃ sono componente essenziale del nitrato d'ammonio che in larga misura rientra nei PM10 **(paragrafo 8).**
5. **nel 2020 il più rilevante superamento della soglia di attenzione del PM10 è stato registrato il 28 e 29 marzo** (figure 5 e 6) in coincidenza con un'imponente irruzione di aria fredda da est che oltre a dar luogo a una delle tre principali ondate di freddo dell'inverno 2019-2020 ha apportato polveri provenienti dalle steppe asiatiche a est del mar Caspio, che hanno arricchito di PM10 l'aria che respiriamo **(paragrafo 8)**
6. sussiste la necessità di contenere le emissioni di ammoniaca di origine zootecnica adottando strategie adeguate sul piano tecnologico da promuovere per mezzo di incentivi e con il supporto di esperti. **(paragrafo 9).**

4. Il PM10 e le sue componenti

Il PM10 è un inquinante con effetti significativi sulla salute umana² e che presenta sia una **componente primaria**, emessa direttamente in atmosfera da sorgenti sia naturali che antropiche, sia una **componente secondaria**, che si genera in atmosfera a seguito di reazioni chimico-fisiche dei precursori (come ad esempio ossidi di azoto e ammoniaca che producono nitrato d'ammonio o di ammoniaca e solfati che producono solfato d'ammonio).

In generale la componente primaria e la componente secondaria del particolato variano in funzione delle emissioni e delle **condizioni meteorologiche**, che influiscono sui meccanismi di formazione del particolato secondario e sul trasporto di PM10 da sorgenti remote come ad esempio il deserto del Sahara o le steppe eurasiatiche.

In complesso le **emissioni agricole di PM10** sono significative soprattutto per il PM10 secondario (nitrato d'ammonio prodotto a partire dall'Ammoniaca - NH_3 emesso in larghissima misura dagli allevamenti che reagisce con gli ossidi d'azoto provenienti soprattutto dal traffico veicolare, producendo nitrato d'ammonio che in misura significativa rientra nei PM10). Da qui il fatto che se in questa sede vedremo di stimare il peso dell'agricoltura nelle emissioni regionali lombarde totali di PM10, non bisogna dimenticare che il peso dell'agricoltura è localmente più rilevante in contesti rurali a elevata intensità zootecnica. Si vedano in proposito i dati in **figura 1** relativi ai livelli di NH_3 registrati da gennaio a marzo 2020 da Arpa a Corte dei Cortesi (CR) e Bertinico (LO) e, per confronto, quelli di Milano.

Per cogliere la rilevanza del Nitrato d'ammonio nella genesi del PM10 si vedano i dati della stazione di Bergamo – Meucci riportati in **figura 2**. Da essa emerge che ad esempio che il contributo del nitrato d'ammonio al particolato fine è molto più significativo nel semestre invernale in quanto le alte temperature estive provocano la dissociazione di NH_4NO_3 a dare HNO_3 gassoso e NH_3 ; a sua volta una frazione di questo HNO_3 può reagire con NaCl o CaCO_3 a dare NaNO_3 o $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, più grossolani rispetto al nitrato d'ammonio (Amato et al., 2016).

5. I PM10 come vettori del virus Covid-19

In premessa abbiamo evidenziato che la trasmissione Report ha richiamato con grande evidenza un position paper dalla Società italiana di Medicina Ambientale (Sima, marzo 2020) in cui si evidenzia come *“la specificità della velocità di incremento dei casi di contagio che ha interessato in particolare alcune zone del Nord Italia potrebbe essere legata alle condizioni di inquinamento da particolato atmosferico che ha esercitato un'azione di carrier e di boost”*. Si tratta di un'ipotesi suggestiva ma che risulta fin qui del tutto priva di conferme scientifiche.

A tale riguardo conviene anzitutto segnalare la **nota ufficiale del 20 marzo u.s. della Italian Aerosol Society**, società scientifica che riunisce i ricercatori del settore (IAS, 2020). In tale scritto con riferimento alla *“presunta associazione tra inquinamento da particolato atmosferico (PM) e diffusione del COVID-19”* invita alla massima prudenza dettata dal fatto che *“le conoscenze sono*

² In particolare al PM10 si attribuiscono molti disturbi collegati all'apparato respiratorio. Al riguardo si noti che il PM2,5 essendo in grado di penetrare “più a fondo” nell'apparato respiratorio umano è sensibilmente più dannoso per la salute umana rispetto al PM10. Tuttavia dato lo scopo di questa indagine ci limiteremo solo a quest'ultimo.

ancora molto limitate e ciò impone di utilizzare la massima cautela nell'interpretazione dei dati disponibili.” Nello specifico la mota afferma inoltre che *“La covarianza fra condizioni di scarsa circolazione atmosferica, formazione di aerosol secondario, accumulo di PM in prossimità del suolo e diffusione del virus non deve essere scambiata per un rapporto di causa-effetto.”*

A ciò si aggiunga che Il 4 maggio la **Rivista internazionale Environmental Research** ha pubblicato un articolo scientifico a firma di E. Bontempi dell'Università di Brescia che analizza per il periodo 10 febbraio-27 marzo 2020 i dati di infezione da Covid19 e i livelli di PM10 in province della Lombardia (Brescia, Bergamo, Cremona, Lodi, Milano, Monza-Brianza, Pavia) e del Piemonte (Alessandria, Vercelli, Novara, Biella, Asti e Torino). I risultati ottenuti non avvalorano il meccanismo di diffusione COVID-19 per via aerea usando il PM10 come vettore. Ciò in quanto le città piemontesi, pur manifestando più gravi eventi di inquinamento da PM10 rispetto alle città lombarde, hanno mostrato un numero inferiore di casi di infezione.

Le conclusioni del dott. Bontempi non portano ovviamente ad escludere del tutto l'ipotesi di tale meccanismo di trasmissione, già ipotizzato in passato nel caso di altri virus³.

In base a quanto sopra è pertanto possibile **affermare che allo stato dei fatti le ipotesi avanzate da Sima e divulgate da Report circa un nesso causale fra diffusione di Covid19 e PM10 sono a tutt'oggi da considerare come prive di fondamento scientifico.**

6. Stima delle emissioni di PM10 primario e secondario in Lombardia

Le stime delle emissioni sono riferite ai diversi macrosettori regionali lombardi. Come termine di raffronto si riportano anche i dati dell'Emilia Romagna.

Si sono anzitutto considerati i PM10 primari indicati dall'inventario emissivo INEMAR 2017 di Arpa Lombardia e i precursori dei PM10 secondari (SO₂, NH₃, NO_x e COV). Questi ultimi sono stati poi convertiti in PM10 secondario utilizzando i fattori di conversione riportati in **tabella 1** (Stortini e Bonafè, 2017) e ricavati con riferimento all'Emilia Romagna applicando la metodologia di de Leeuw (2002) e con ausilio dei dati prodotti dal modello NINFA di Arpa Emilia Romagna. NINFA si basa sul modello di trasporto chimico CHIMERE abbinato al modello meteorologico COSMO-I7 per descrivere i processi di genesi dei PM10 secondari a partire dai precursori rende conto dell'ambiente della pianura padana del tutto peculiare sul piano meteorologico e ambientale.

In tal modo si sono ottenuti i dati di PM10 secondari riportati nelle **tabelle 2 e 3** e che hanno portato alla sintesi riportata in **tabella 4**. Quest'ultima evidenzia che il settore agricolo è un emettitore rilevante di PM10, collocandosi su livelli di poco inferiori a quelli dei due macrosettori Energia-riscaldamento-industria e Trasporti. Si confrontino tali dati della Lombardia con quelli dell'Emilia Romagna, nella quale il peso della zootecnia è sensibilmente inferiore rispetto alla Lombardia e nella quale l'agricoltura contribuisce per il 19% ai PM10 totali.

In complesso si noti che:

1. I PM10 secondari sono nettamente prevalenti su quelli primari. Più in particolare si osservi che in complesso i PM10 primari contribuiscono per il 29,3% del totale (18702 t/anno su un totale

³ Indizi di trasmissione per via aerea da un allevamento all'altro tramite PM10 sono stati raccolti da Zhao et al. (2019) con riferimento all'epidemia di influenza aviaria che ha colpito allevamenti statunitensi nel 2015. Correlazioni fra i casi di morbillo a Lanzhou fra il 2005 e il 2009 e i livelli di PM10 sono evidenziate in un recentissimo lavoro scientifico di Peng et al. (2020).

di 63817 t/anno) mentre i PM10 primari di origine agricola sono solo il 6,0% dei PM10 agricoli totali

2. **con riferimento al PM10 totale emesso in Lombardia** (63776 t/anno), l'agricoltura contribuisce per il 27% (17537 t/anno) ed è superata dal macrosettore Energia, riscaldamento e industria (21267 t/anno, 33% del totale) e dal macrosettore trasporti (17988 t/anno, 28% del totale).

3. **l'agricoltura contribuisce soprattutto al PM10 secondario** (36,5% di quello totale) e assai meno a quello primario (5,6% di quello totale)

4. **dei PM10 totali di origine agricola il 91% derivano dall'ammoniaca** e il 3% dagli altri precursori (NO_x, SO₂ e COV).

7. Incertezze nella stima delle emissioni di NH₃ del settore zootecnico lombardo

NH₃ costituisce di gran lunga il principale precursore agricolo dei PM10. Le emissioni di NH₃ utilizzate per ricavare le emissioni di PM10 in Lombardia sono state dedotte dall'inventario INEMAR di ARPA Lombardia. A scopo di verifica dei dati in esso contenuti in **tabella 6** si sono ricavate le emissioni per le diverse categorie di animali zootecnici ottenute applicando i coefficienti emissivi riportati in tabella 5 al numero di capi di fonte ISTAT. In tal modo si è giunti a stimare un'emissione di 82248 t/anno mentre i dati Inemar 2017 di Arpa Lombardia indicano 94070 t/anno (+13%). Se anziché considerare il numero dei capi si stima l'NH₃ emessa in base al quantitativo standard di 900 g emessi per quintale di latte prodotto (Mariani et al., 2015), i risultati sono di 41665 t/ha emesse contro le 49777 t/ha stimate in tabella 6 per i bovini nel loro insieme (+16,3%). Differenze quali quelle riscontrate **non invalidano ad avviso di chi scrive la metodologia INEMAR** anche se sarebbe auspicabile comprendere meglio i motivi di tali discrepanze. Ad esempio il +16,3% potrebbe, ad avviso di chi scrive, giustificarsi con la non totale coincidenza fra zootecnia bovina e zootecnia bovina da latte e con il fatto che le emissioni di NH₃ per litro di latte ricavate da Mariani et al. (2015) sono state modellate con l'ausilio del modello matematico IFSM40 (Rotz et al., 2013) parametrizzato per un'azienda standard della pianura lombarda con 150 bovine in lattazione.

8. Il caso specifico dell'emergenza covid19 e l'evento critico del 28-29 marzo 2020

Nel caso specifico del 2020, come attesta il report ARPA (2020) **il livello di PM10 è stato bassissimo per quasi tutto il mese di marzo in coincidenza con i bassi livelli di traffico veicolare** (-90% per le auto e -50% per il traffico pesante secondo dati Arpa Lombardia 2020) e con il basso uso del riscaldamento legato a un mese di marzo più mite della norma. In tal senso ribadiamo che l'NH₃ di origine zootecnica può dar luogo a PM10 (soprattutto nitrato d'ammonio) solo in presenza di NO_x che sono in larghissima misura di origine extra-agricola.

Un aumento abrupto dei livelli di PM10 si è tuttavia registrato per l'arrivo di polveri (PM10 primario) da Est a seguito di un'irruzione di aria fredda di origine eurasiatica che ha avuto il proprio apice fra 24 e 26 marzo. La **figura 3** descrive la circolazione atmosferica media sull'Europa nei tre giorni chiave dell'irruzione fredda del 24-26 marzo, descritta tramite la carta circolatoria del livello

di pressione di 850 hPa (circa 1500 m di quota) nella quale le frecce rosse sono state inserite per evidenziare i flussi. Si noti che i grandi determinanti dell'afflusso di masse d'aria fredda e "polverosa" da est verso l'Italia sono i due anticloni indicati con le lettere A, centrati rispettivamente su Polonia e Russia. Tecnicamente si tratta di anticloni di blocco che determinano l'afflusso verso il Mediterraneo di polvere proveniente da aree steppiche ad est del mar Caspio (**figura 4**).

La deposizione al suolo dei PM10 è stata invece successiva, con **picchi di PM10 al suolo registrati a partire dal 28 marzo e rispetto ai quali la zootecnia lombarda è del tutto estranea**. Per comprendere la rilevanza del fenomeno di apporto di PM10 di origine asiatica si vedano i diagrammi in **figura 5** relativi ai capoluoghi lombardi da cui si osserva che i PM10 registrano una crescita abrupta nei giorni 28 e 29 marzo, cosa che non si osserva per i PM2,5 i quali per le ridottissime dimensioni (diametri inferiori a 2,5 micron) non sono soggetti a trasporto da remoto. L'effetto del trasporto da remoto è evidente anche dai dati in **figura 6** da cui si coglie l'aumento rilevantisimo in coincidenza con la deposizione delle polveri provenienti dalle steppe asiatiche. Paradossalmente potremmo a questo punto domandaci se l'origine ultima del PM10 Eurasiatico non sia per caso cinese... il che aprirebbe la porta a scenari del tutto fantascientifici.

9. Conclusioni

Sulla base di quanto emerso dall'analisi effettuata è possibile affermare che:

- l'agricoltura contribuisce ai PM10 secondari con l' NH_3 che tuttavia nulla potrebbe se non si associasse agli NO_x prodotti dagli altri settori economici (industria, trasporti, energia, riscaldamento, ecc.)
- negli ultimi decenni gli altri settori hanno manifestato riduzioni nell'emissione dei precursori dei PM10 che sono più sensibili rispetto a quelli fatti registrare dal settore agricolo (Sandroni, 2020)
- da ciò discende che è necessario che l'agricoltura sia incentivata a un percorso virtuoso fondato sull'innovazione tecnologica e adeguatamente supportato da esperti
- fra gli interventi sono a nostro avviso prioritari la gestione degli effluenti in stalla, la copertura delle vasche e l'interramento dei reflui in modo da evitare dispersioni in atmosfera di ammoniaca. Quest'ultima dovrebbe il più possibile raggiungere il terreno ove rappresenta un nutriente fondamentale per le piante coltivate, la cui perdita in atmosfera costituisce un danno non solo a livello ambientale ma anche economico per le stesse aziende agrarie.
- quanto sopra detto è importante anche per quanto riguarda gli impatti sulle acque, ove NH_3 ossidata a nitrato contribuisce in modo sensibile ai processi di eutrofizzazione
- occorre altresì rimarcare che sono da rifiutare fughe all'indietro come l'espansione della zootecnia di pianura al pascolo, che oltre a essere insostenibile sul piano economico condannando il settore alla più totale marginalità renderebbe ingovernabili i flussi di ammoniaca
- per promuovere una razionale gestione degli effluenti zootecnici potrebbe a nostro avviso rivelarsi utile la gestione dinamica degli inventari delle emissioni di NH_3 da realizzarsi stimando il contributo aziendale in base alle modalità reali di gestione degli effluenti in stalla, nelle vasche di raccolta e in campo

In futuro ci proponiamo infine di effettuare alcune ulteriori verifiche sui qualitativi di NH_3 emessi dagli allevamenti zootecnici e stimati dall'inventario INEMAR (paragrafo 6) anche alla luce di quanto emerge dalla bibliografia più recente.

9. Bibliografia

- Amato F. et al 2016. AIRUSE-LIFE+: a harmonized PM speciation and source apportionment in five southern European cities *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 3289–3309, 2016 www.atmos-chem-phys.net/16/3289/2016/ doi:10.5194/acp-16-3289-2016
- ARPA Lombardia, 2020. Analisi preliminare della qualità dell'aria in Lombardia durante l'emergenza COVID-19, <https://www.arpalombardia.it/sites/DocumentCenter/Documents/Aria%20-%20Relazioni%20approfondimento/Analisi%20preliminare%20QA-COVID19.pdf>
- Bontempi E., 2020. First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): the case of Lombardy (Italy), *Environmental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109639>.
- de Leeuw F.A., 2002, "A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution", *Environmental Science & Policy*, 5(2), 135-145.
- Italian Aerosol Society, 20 marzo 2020. Informativa sulla relazione tra inquinamento atmosferico e diffusione del COVID-19 http://www.iasaerosol.it/attachments/article/96/Nota_Informativa_IAS.pdf
- Mariani L., Cola G., Gilioli L., 2015. ZOOTECNIA DA LATTE E CICLI DEGLI ELEMENTI, Relazione presentata al convegno "Il futuro del latte in Val Padana - Scenari attuali e prospettive", Sant'Angelo Lodigiano, 13 marzo 2015
- Pantaleo A. 2015. Confronto dei fattori di emissione dell'ammoniaca per le specie animali in produzione zootecniche, Slides presentate in occasione del convegno Inemarte, Bari 16-17 Giugno 2015
- Peng L., et al., 2020. The effects of air pollution and meteorological factors on measles cases in Lanzhou, China, *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07903-4>
- Rotz, C.A., Corson, M.S., Chianese, D.S., Montes, F., Hafner, S.D., Coiner, C.U., 2013. The Integrated Farm System Model Reference Manual, Version 4.0 <https://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19020500/Reference%20Manual.pdf>(sito visitato il 31 luglio 2015)
- Sandroni D., 2020. Greenpeace, polveri sottili e numeri che non tornano, su [imaginenetwork](https://agronotizie.imaginenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2020/05/06/greenpeace-polveri-sottili-e-numeri-che-non-tornano/66716), <https://agronotizie.imaginenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2020/05/06/greenpeace-polveri-sottili-e-numeri-che-non-tornano/66716>
- Sima, marzo 2020. Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione https://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-l%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf
- Stortini e Bonafé, 2017. Quali sono le origini del particolato? *Ecoscienza*, N 1/2017.
- Zhao Y. et al., 2019. Airborne transmission may have played a role in the spread of 2015 highly pathogenic avian influenza outbreaks in the United States, *Nature Scientific Reports*, (2019) 9:11755 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47788-z>

TABELLE E FIGURE

Tabella 1 – fattori di conversione da precursori a PM10 secondario (Stortini e Bonafé, 2017).

	NH ₃	NO _x	SO ₂	COV
Fattore di conversione (%)	0.17	0.23	0.14	0.01

Tabella 2 – Emissioni annue di PM10 per la Lombardia. Elaborazioni su dati Inemar (2017) relativi ai PM10 primari e ai precursori dei PM10 secondari. Si noti che i PM10 secondari sono il 70,7% del totale.

settore	PM10 primario	Precursori del PM10 secondario (t/anno)				PM10 secondario (t/anno)					PM10 totale	
		NH ₃	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃	NO _x	SO ₂	COV	Totale	t/anno	%
produzione di energia	165	50	8117	3560	763	8	1867	498	4	2377.8	2543	4
combustioni non industriali	8187	751	11308	639	7725	128	2601	90	42	2860.5	11048	17
combustioni industria	1547	396	17072	4776	3283	67	3927	669	18	4680.5	6227	10
processi produttivi	730	86	1664	1855	11241	15	383	260	62	718.93	1449	2
Estraz e distribuz combustibili	0	0			7403	0	0	0	41	40.716	41	0
Uso solventi	932	29	122	0	75205	5	28	0	414	446.73	1379	2
trasporto su strada	4644	1028	56787	110	16866	175	13061	15	93	13344	17988	28
Altre sorgenti mobili e macchinari	562	2	12469	192	1240	0	2868	27	7	2901.9	3464	5
Trattamento e smaltimento rifiuti	40	544	2643	642	875	93	608	90	5	795.08	835	1
agricoltura/allevamenti	1045	94070	697	43	60791	15992	160	6	334	16492	17537	27
Altre sorgenti e assorbimenti	850	157	484	99	55314	27	111	14	304	456.08	1306	2
totale	18702	97114	111362	11915	240707	16509	25613	1668	1324	45115	63817	100

Tabella 3 – Emissioni annue di PM10 per l'Emilia Romagna (da Stortini e Bonafé, 2017 - modificato). Si noti che i PM10 secondari sono il 70,8% del totale.

settore	PM10 primario	Precursori del PM10 secondario (t/anno)				PM10 secondario (t/anno)					PM10 totale	
		NH ₃	NO _x	SO ₂	COV	NH ₃	NO _x	SO ₂	COV	totale	t/anno	%
agricoltura/allevamenti	418	49299	637	0	59	8381	147	0	0.3	8528.3	8946.3	19
merci su strada	2636	54	45202	173	3263	9	10396	24	17	10446	13082	28
riscaldamento (a legna)	5316	154	1517	200	2746	26	349	28	143	546	5862	13
autoveicoli	1842	774	15086	191	4008	132	347	27	21	527	2369	5
industria	1614	1107	15299	14315	54485	188	3519	2004	283	5994	7608	16
produzione di energia	86	0	9482	430	1534	0	2181	60	8	2249	2335	5
riscaldamento (non a legna)	80	0	7212	995	849	0	1659	139	4.4	1802.4	1882.4	4
altro	1646	135	12309	1196	7344	23	2831	167	38	3059	4705	10
Totale	13638	51523	106744	17500	74288	8759	21429	2449	515	33152	46789.7	100

Tabella 4 – Sintesi delle emissioni percentuali di PM10 per macrosettori in Lombardia (i dati per l’Emilia Romagna sono riportati).

Settore	Lombardia	t/anno	Emilia Romagna	t/anno
Energia, riscaldamento e industria	33	21267	38	17687
Trasporti	28	17988	33	15451
Agricoltura	27	17537	19	8946
Altro	11	6984	10	4705
Totale	100	63776	100	46789

Tabella 5 - Emissioni di NH₃ per capo utilizzate per stimare gli inventari emissivi in Lombardia. La tabella è di fonte ISPRA (http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/rapporto_161_2012.pdf) ed è stata ricavata in base al tipo di deiezione (solida e liquida) e utilizzando fattori di emissione, espressi kg/capo/anno, complessivi dei quattro stadi della gestione delle deiezioni (stabilizzazione, stoccaggio, spandimento e pascolo) (Pantaleo, 2015).

Table 6.5 NH₃ emission factors for manure management for the year 2010

Category	Housing	Storage	Land spreading	TOTAL
	<i>kg NH₃ head⁻¹ yr⁻¹</i>			
Non-dairy cattle	6.81	9.16	5.58	21.55
Dairy cattle	15.46	20.36	12.65	48.47
Buffalo	12.93	17.04	12.59	42.56
Other swine (*)	2.38	2.07	1.38	5.84
Sow (*)	4.87	4.47	3.11	12.46
Sheep	0.22	0.00	0.46	0.68
Goats	0.22	0.00	0.46	0.68
Horses	3.24	0.00	2.75	5.99
Mules and asses	3.24	0.00	2.75	5.99
Hens	0.09	0.06	0.04	0.19
Chicken	0.08	0.05	0.03	0.15
Other poultry	0.18	0.11	0.06	0.35
Rabbit	0.34	0.13	0.07	0.54
Fur animal	1.37	0.00	0.34	1.70

Tabella 6 – Stime delle quantità delle emissioni di NH₃ (t/anno) in Lombardia con metodologia INEMAR

Specie e tipo	Capi totali	Emissioni NH₃/capo (da tab. 6)	NH₃ (t/anno)
Vacche in lattazione	635542	48.47	30805*
Altri bovini	880387	21.55	18972*
Suini	4267777	5.84	24924
Scrofe	225378	12.46	2808
Polli	31000000	0.15	4650
Ovini	130303	0.68	89
Totale			82248**
Bovini totali	1515929		49777
Suini totali	4493155		27732

(*) il totale è 49777 t/ha (=30805+18972) mentre i dati su stalle da latte lombarde stimati in base a emissioni per q di latte prodotto danno 41665 t/ha

(**) i dati Inemar 2017 di Arpa Lombardia indicano 94070 t/anno

Tabella 7 – Stima delle emissioni di NH₃ per q di latte prodotto.

regione	Latte totale prodotto (q)	NH₃ emesso per q di latte (g) (*)	Tot NH₃ t/anno
Lombardia	46294451	900	41665
Emilia Romagna	25867000	900	23280

Fonte: simulazioni eseguite dall'autore con il modello IFSM40 (Rotz et al., 2013) e riferite a un allevamento bovino da latte con 150 bovine in lattazione e 125 capi rimanenti.

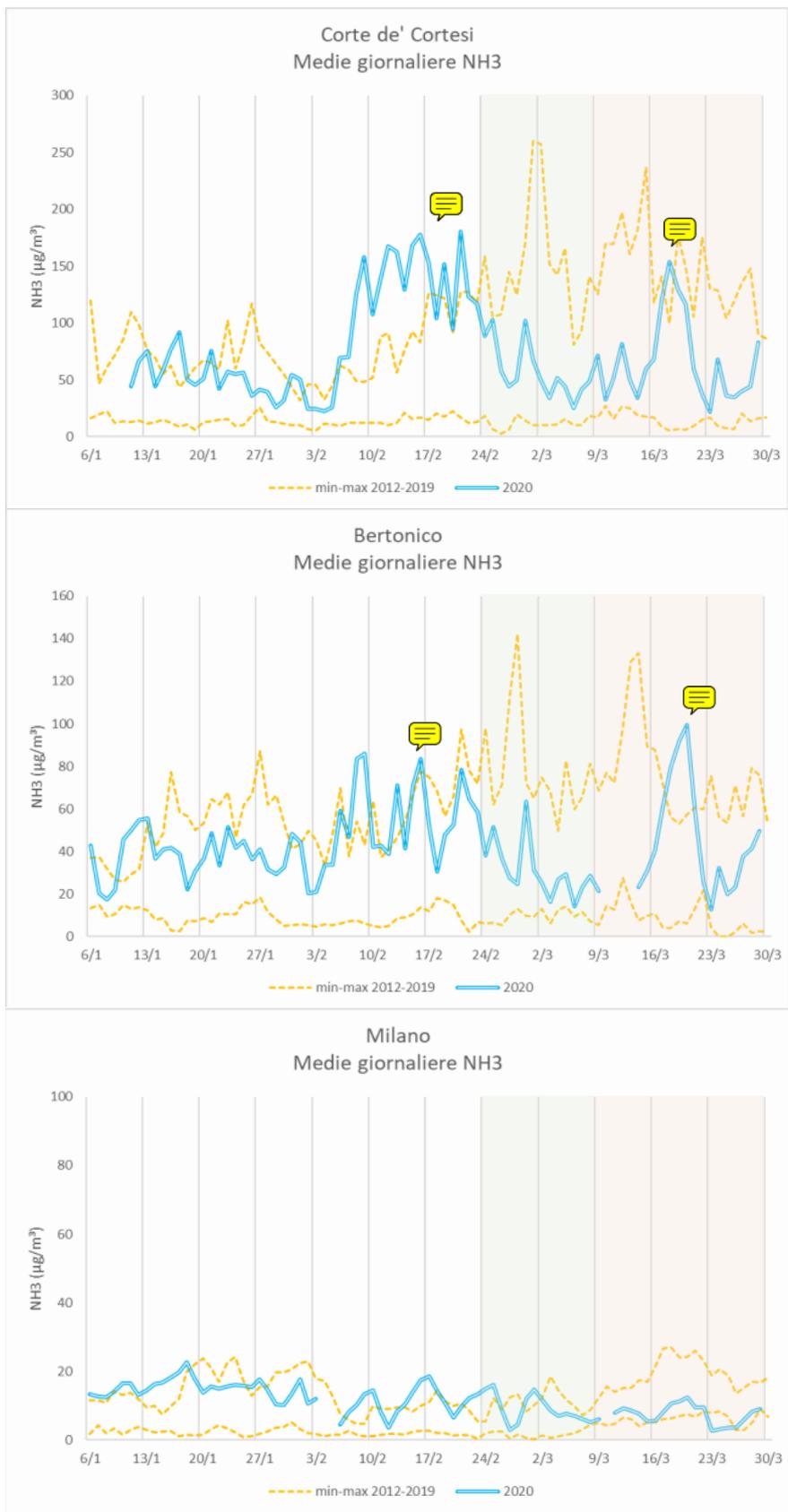


Figura 1 – Livelli di NH3 misurati a Cortes dei Cortesi (CR), Bertonico (LO) e Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2020). Si notino gli sfioramenti del 2020 rispetto ai massimi assoluti registrati nel periodo 2012-2019.

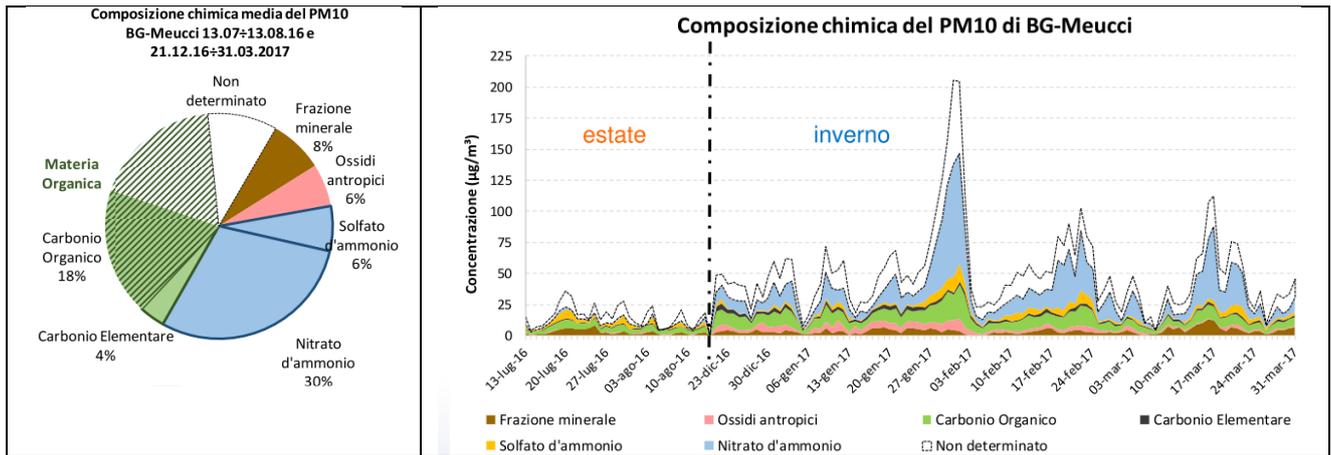


Figura 2 – Rilevanza del nitrato d’ammonio e di altre componenti sui PM10 rilevato nella stazione di Arpa Lombardia di Bergamo – Meucci. Si noti come il periodo estivo sia segnato da livelli di Nitrato d’ammonio molto bassi.

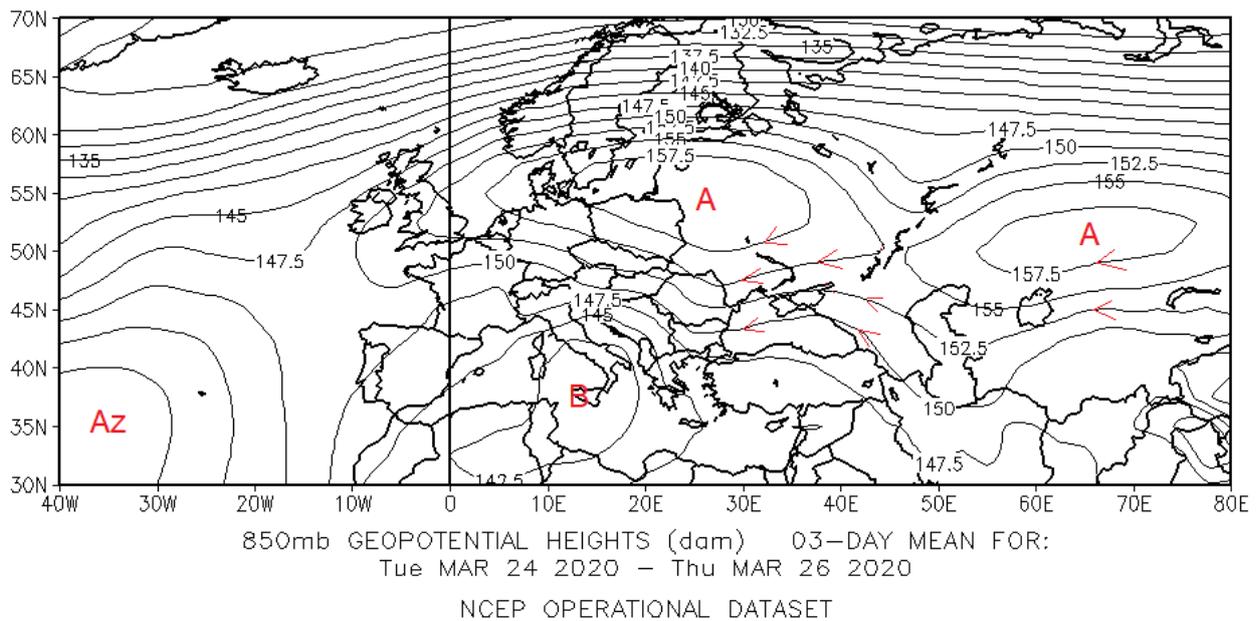
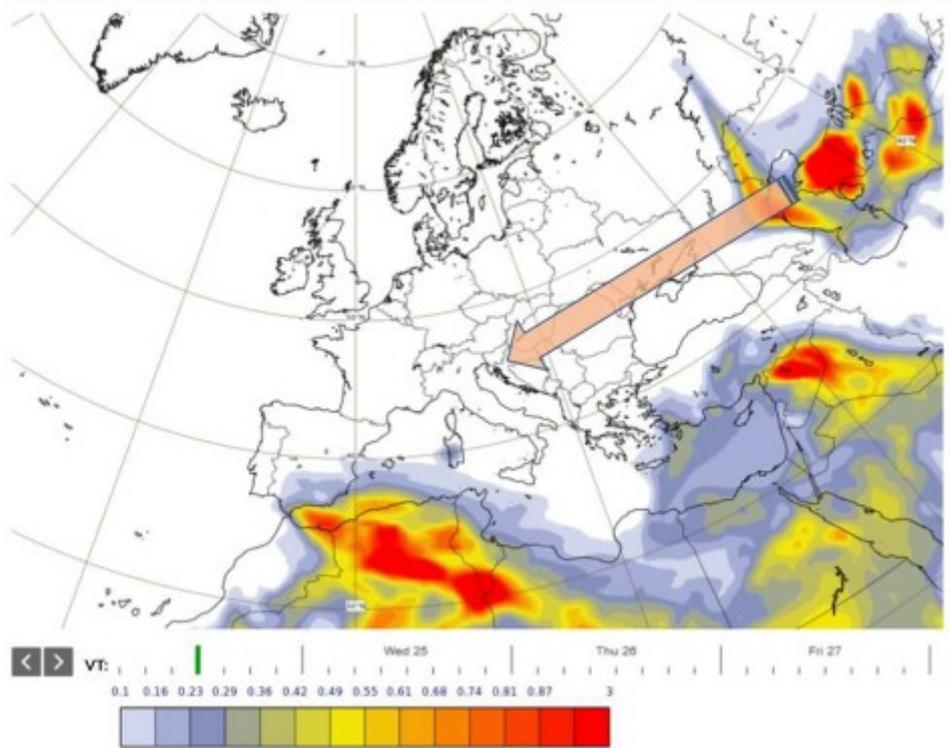


Figura 3 – Regime circolatorio medio dal 24 al 26 marzo su Europa e Asia occidentale a 850 hPa (circa 1500 m di quota).

Dust aerosol optical depth at 550 nm (provided by CAMS, the Copernicus Atmosphere Monitoring Service)

Tuesday 24 Mar, 00 UTC T+12 Valid: Tuesday 24 Mar, 12 UTC



Dust aerosol optical depth at 550 nm (provided by CAMS, the Copernicus Atmosphere Monitoring Service)

Saturday 28 Mar, 00 UTC T+3 Valid: Saturday 28 Mar, 03 UTC

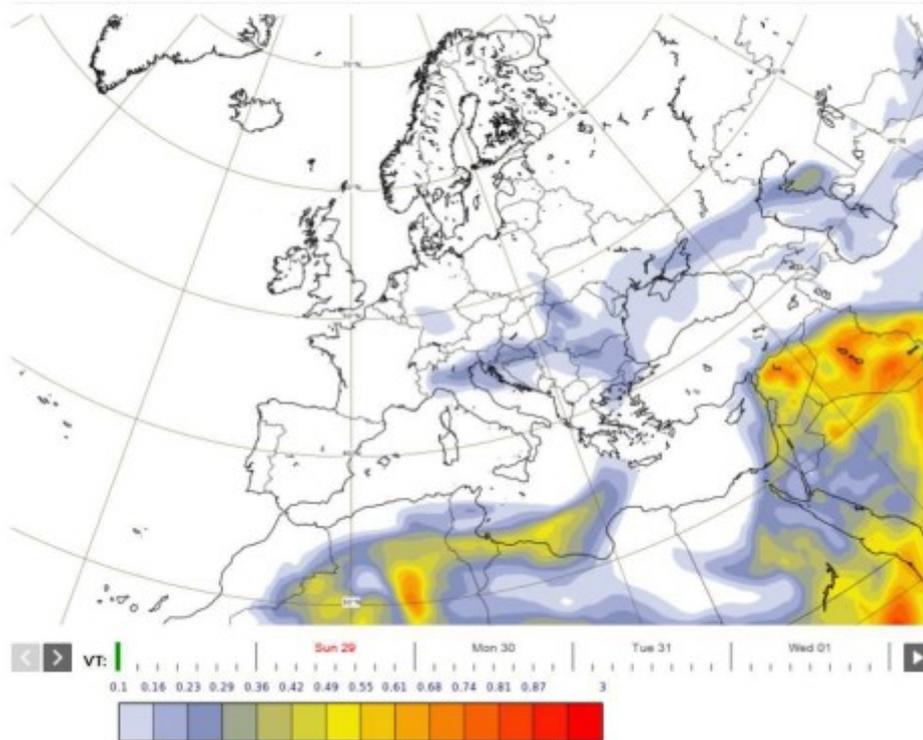


Figura 4 – a, b – Apporto di PM10 esogeno legato all'irruzione fredda da est del 24-26 marzo 2020 (fonte: ARPA Lombardia, 2020).

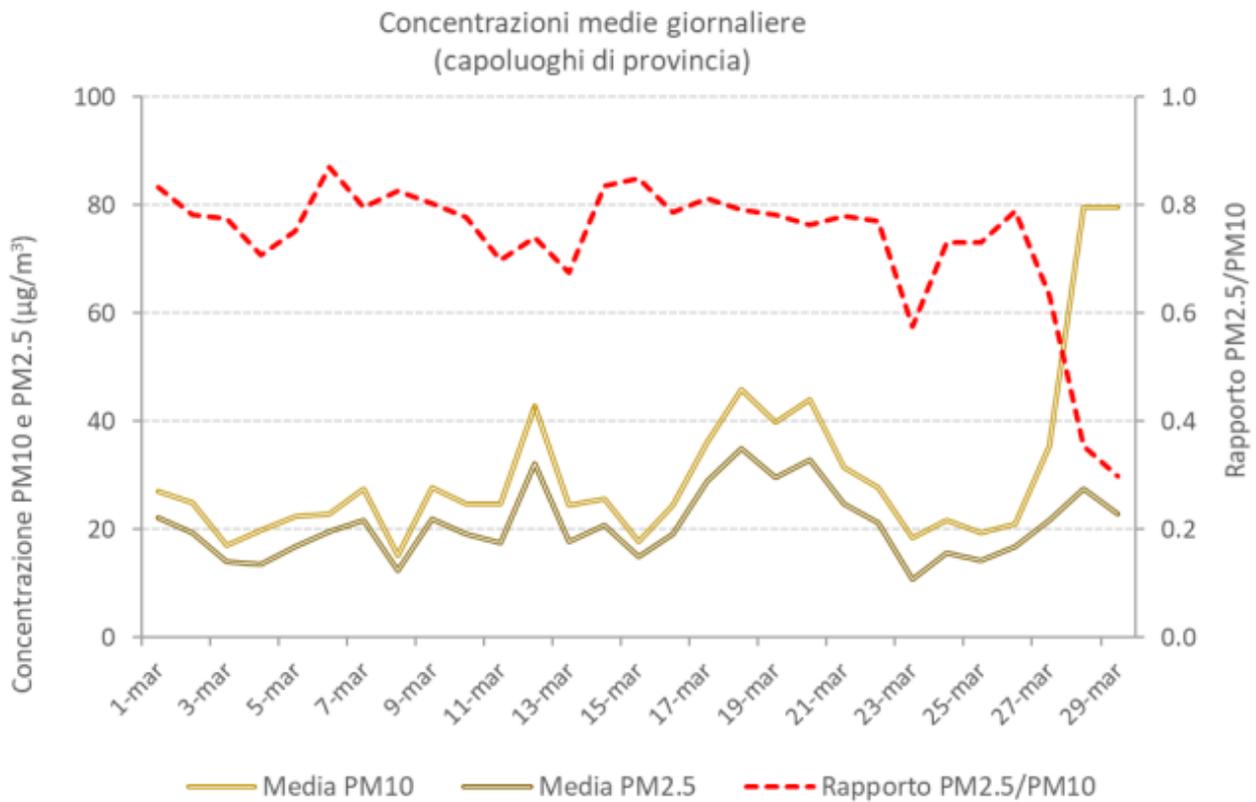
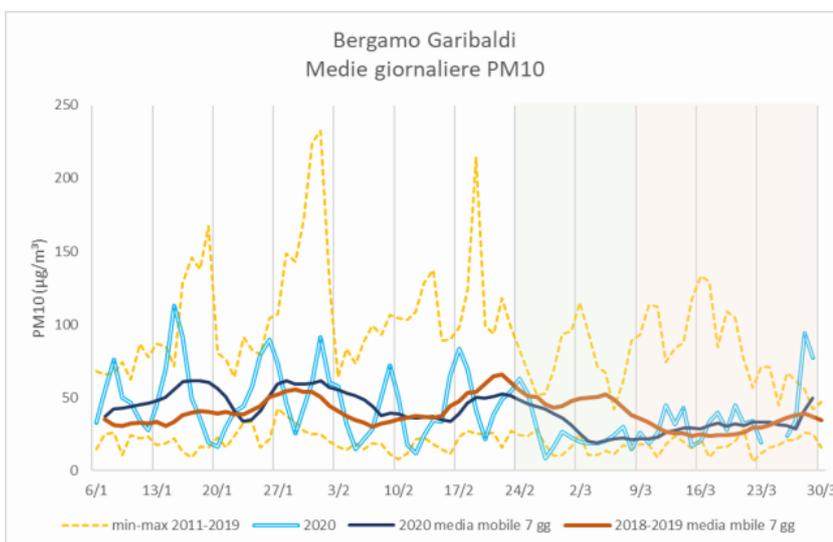


Figura 5 – Livelli di PM10 e PM2,5 medi nei capoluoghi lombardi (fonte: ARPA Lombardia, 2020). Si noti che il PM2,5 costituisce di norma il 70-80% del particolato fine totale e decresce al 30% solo in coincidenza con l’apporto remoto di PM10 registrato dal 28 marzo.



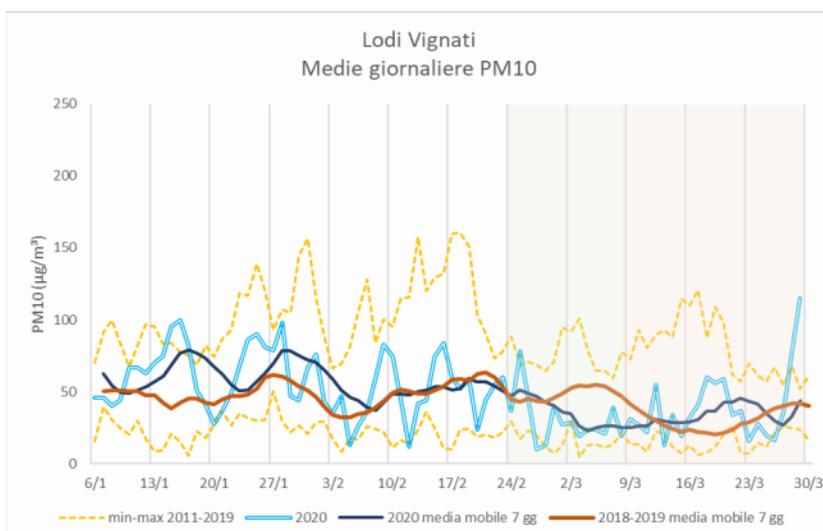
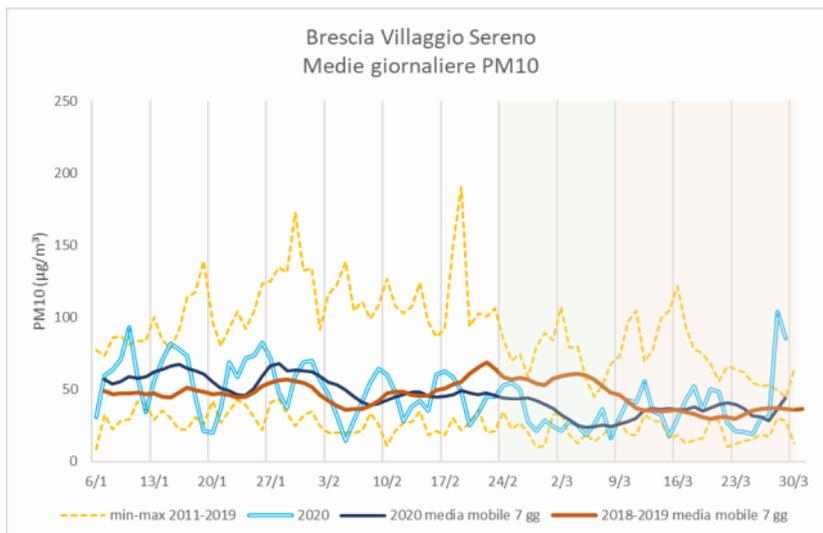


Figura 6 - Livelli di PM10 misurati a Bergamo Garibaldi, Bertonico (LO) e Milano (fonte: ARPA Lombardia, 2020). Si notino gli sforamenti del 2020 rispetto ai massimi assoluti registrati nel periodo 2012-2019.

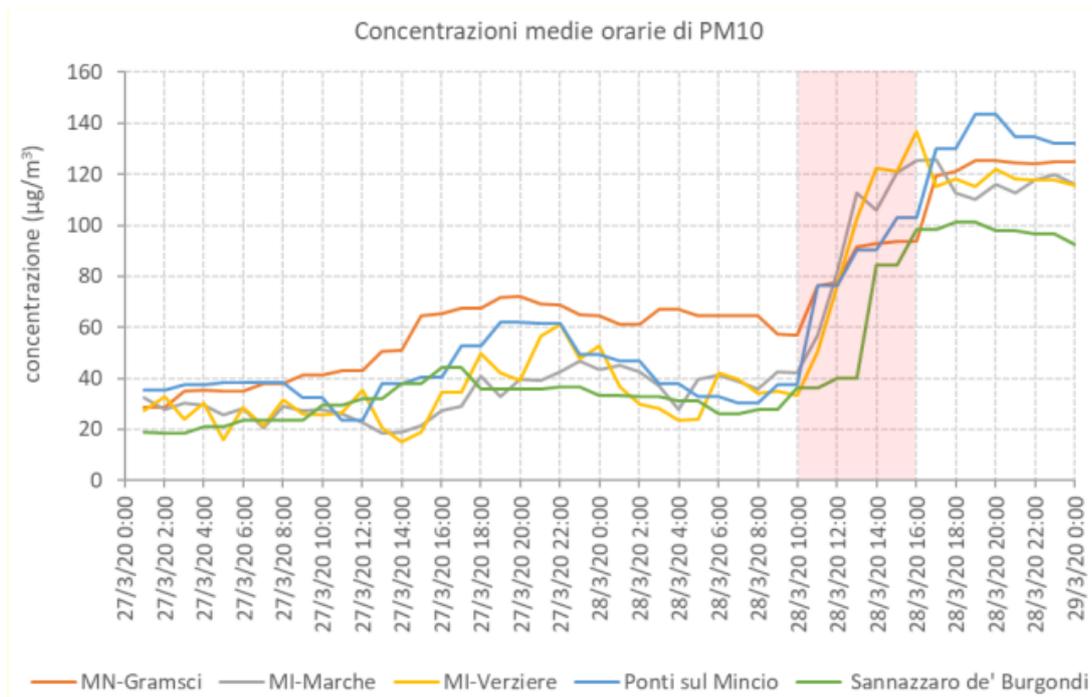


Figura 7 – Livelli orari di PM10 in 5 stazioni lombarde. Si noti l'incremento abrupto registrato a partire dalle ore 10 del 28 marzo.