



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea Triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

**Analisi di dati rilevati da reti regionali di monitoraggio della qualità
dell'aria, in diversi scenari di attività antropica, condizioni
orografiche e meteorologiche**

**"Analysis of data collected from regional air quality monitoring networks, in
different scenarios of human activity, orographic and meteorological
conditions"**

Relatrice: Prof.ssa Maria Letizia Ruello

Correlatrice: Prof.ssa Chiara Giosuè

Tesi di laurea di:

Stefano Gasparri

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Indice

1. Introduzione.....	1
2. Particolato atmosferico.....	3
2.1. Normativa qualità aria.....	3
2.2. Rete di monitoraggio regionale.....	4
2.3. Particolato primario e secondario.....	5
3. Metodologia di lavoro.....	9
3.1. Selezione scelta cabine di monitoraggio.....	9
3.2. Metodologia elaborazione dati.....	10
4. Risultati e discussione.....	14
4.1. Esposizione risultati PM2.5.....	14
4.1.1. Piacenza.....	14
4.1.2. Bologna.....	15
4.1.3. Ravenna.....	16
4.1.4. Rimini.....	16
4.1.5. Discussione risultati PM2.5.....	17
4.2. Esposizione risultati PM10.....	18
4.2.1. Piacenza.....	18
4.2.2. Bologna.....	19
4.2.3. Ravenna.....	20
4.2.4. Rimini.....	21
4.2.5. Discussione risultati PM10.....	22
4.3. Esposizione risultati NO ₂	23
4.3.1. Piacenza.....	23
4.3.2. Bologna.....	24
4.3.3. Ravenna.....	25
4.3.4. Rimini.....	26
4.3.5. Discussione risultati NO ₂	27

4.4. Esposizione dati meteo.....	28
4.4.1. Temperature medie mensili.....	28
4.4.2. Velocità medie mensili del vento.....	30
4.5. Confronto incrociato risultati 2020 con 2019.....	32
5. Conclusioni.....	34
6. Bibliografia.....	35

1. Introduzione

Lo studio in esame si occupa di indagare gli effetti che le diverse misure di contenimento per la pandemia da SARS-CoV-2 hanno avuto sulla qualità dell'aria. Questa pandemia, iniziata in Asia per poi diffondersi in tutto il mondo a partire da febbraio 2020, ha provocato un susseguirsi di restrizioni nazionali per scongiurare una più veloce propagazione.

L'Italia è stato uno dei primi paesi a dover affrontare questa pandemia e tutt'ora risulta in corso. La diffusione del virus ha portato il governo a dover instaurare delle misure restrittive di contenimento dell'epidemia, volte a ridurre i contatti tra le persone.

La misura di contrasto dell'epidemia più utilizzata dai paesi colpiti, e anche dalla nostra nazione, è stata il *lockdown* in italiano confinamento o serrata, un protocollo d'emergenza che impedisce alle persone di entrare o uscire da un determinato luogo o territorio per la loro sicurezza e diminuire la diffusione del virus. Durante la serrata per Coronavirus, le persone potevano spostarsi solo per bisogni indispensabili come fare la spesa, andare dal medico o recarsi sul luogo di lavoro, portando sempre con sé un modulo di autocertificazione che attestava l'effettiva necessità dello spostamento.

Quello che a noi interessa è l'effetto che questo confinamento ha provocato sull'inquinamento atmosferico e quindi se e come ha modificato la qualità dell'aria. Verrà analizzata con particolare attenzione la variazione della concentrazione nell'aria di PM_{2.5}, PM₁₀ e NO₂ nella regione Emilia-Romagna e in relazione ai dati meteorologici registrati per gli stessi periodi. Verranno messi quindi a confronto la concentrazione di questi inquinanti tra l'anno 2019 e 2020. La Regione Emilia-Romagna è stata scelta tra le altre regioni italiane per la sua grande varietà di scenari

orografici e per la forte presenza antropica, come verrà meglio spiegato al paragrafo 3.1.

Il periodo di osservazione preso in considerazione è febbraio-giugno scelto in base alle disposizioni del governo secondo cui il 9 marzo 2020 è stato indotto il lockdown nazionale per poi essere allentato a step fino una situazione di 'regime' (giugno 2020). I dati trattati sono le concentrazioni giornaliere di PM_{2.5}, PM₁₀ e NO₂ (µg/m³) misurate dalle stazioni di rilevamento che compongono la rete regionale della qualità dell'aria fornite dall'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna (ARPAE).

Ci occuperemo più precisamente delle medie mensili di questi inquinanti, confrontando il 2020 con il 2019 a seguito del confinamento e al variare delle condizioni meteorologiche.

2. Il particolato atmosferico

2.1. Normativa qualità aria

La normativa di riferimento per la tutela della qualità dell'aria affronta la tematica secondo due aspetti fondamentali; da una parte agisce mediante il contenimento delle emissioni dalle fonti inquinanti, attraverso limiti di emissione, dall'altra individua gli obiettivi di qualità dell'aria e valuta questa, instaurandone il monitoraggio e fissando standard di qualità, con metodi e criteri comuni, con lo scopo di proteggere la salute umana e l'ambiente nel suo complesso.

La normativa (Decreto Legislativo 13 agosto 2010, s.d.) regola la gestione della qualità dell'aria, andando a definire per gli inquinanti i valori limite, valori obiettivo, soglie di informazione e di allarme, ecc. In seguito, sono indicati i valori limite degli inquinanti presi in analisi secondo la normativa:

Tabella 2.1: PM10 valori limite consentiti dalla legge (D.Lgs.155/2010)

PM10			
valore limite	1 giorno	da non superare più di 35 volte per anno civile	50 μm^3
valore limite	anno civile		40 μm^3

Tabella 2.2: PM2.5 valori limite consentiti dalla legge (D.Lgs.155/2010)

PM2.5			
valore limite	anno civile		25 μm^3

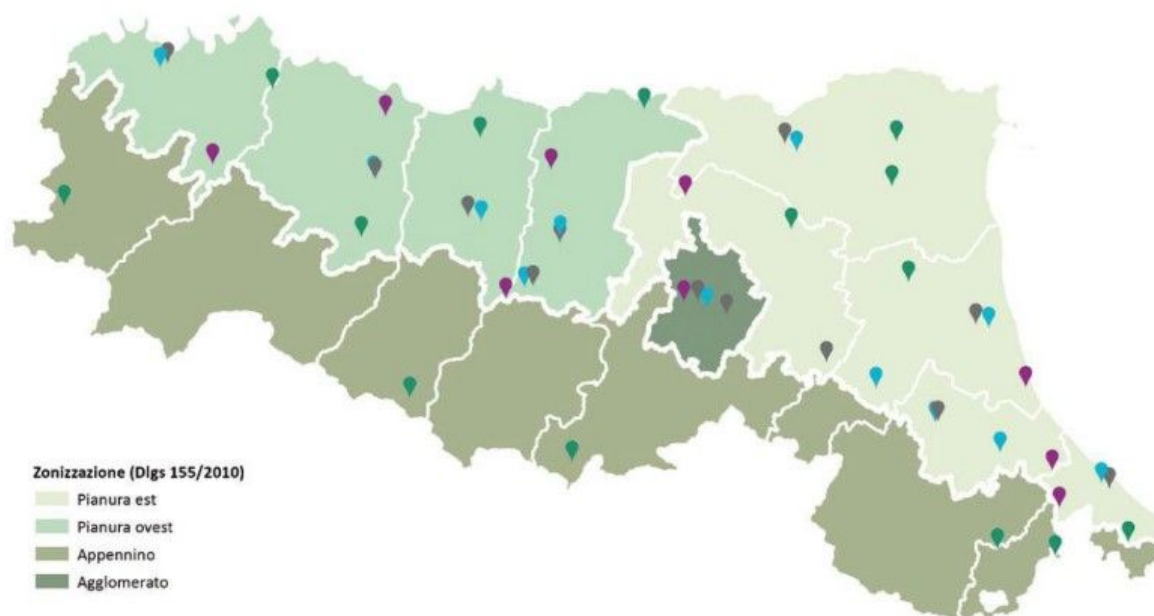
Tabella 2.3: NO2 valori limite consentiti dalla legge (D.Lgs.155/2010)

NO2 (biossido di azoto)			
valore limite	1 ora	da non superare più di 18 volte per anno civile	200 μm^3
valore limite	anno civile		40 μm^3
soglia di allarme	1 ora	misurata per tre ore consecutive	400 μm^3
livello critico per la protezione della vegetazione	anno civile	di NOX	30 μm^3

2.2. Rete di monitoraggio regionale

La configurazione della rete è stata individuata secondo i criteri di rappresentatività del territorio, di economicità del sistema di monitoraggio e considerando l'integrazione dei dati rilevati in siti fissi con i modelli numerici della diffusione, trasporto e trasformazione chimica degli inquinanti (come stabilito dalla normativa di riferimento decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa").

La zonizzazione della regione Emilia-Romagna risulta quindi essere:



Il processo di zonizzazione consiste, in primo luogo nell'individuazione di agglomerati per poi procedere alla definizione delle altre zone svolgendo un'analisi delle caratteristiche orografiche e meteorologiche per poi soffermarsi sul carico emissivo ed il grado di urbanizzazione del territorio.

Le stazioni di misurazione sono 47 e sono distribuite su tutto il territorio regionale. Abbiamo sostanzialmente 4 differenti tipi di stazioni di monitoraggio:

- stazione di traffico urbano posizionata a bordo strada dove il livello di inquinamento è influenzato prevalentemente da emissioni da traffico. È posta in aree urbane, quindi prevalentemente edificate;
- stazione di fondo urbano posizionata dove il livello di inquinamento non è influenzato da una fonte in particolare, ma dal contributo integrato di tutte. È posta in aree urbane, quindi prevalentemente edificate;
- stazione di fondo suburbano posizionata dove il livello di inquinamento non è influenzato da una fonte in particolare, ma dal contributo integrato di tutte. È posta in aree suburbane, solo parzialmente edificate;
- stazione di fondo rurale posizionata dove il livello di inquinamento non è influenzato da una fonte in particolare, ma dal contributo integrato di tutte. È posta in aree rurali, quindi in aree distanti dalle fonti di emissione.

2.3. Particolato primario e secondario

Il particolato è l'inquinante atmosferico che provoca i maggiori danni alla salute umana in Europa (EEA - Agenzia europea dell'ambiente, 2013). È costituito da particelle così leggere che possono fluttuare nell'aria. Si tratta di particelle solide e liquide aventi diametro aerodinamico variabile fra 0,1 e circa 100 μm .

Alcune particelle vengono emesse direttamente nell'atmosfera, altre si formano come risultato di reazioni chimiche che coinvolgono i gas precursori, vale a dire l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, l'ammoniaca e i composti organici volatili. Gran parte delle particelle emesse direttamente derivano dalle attività umane, principalmente dalla combustione di combustibili fossili e biomasse.

PM10: ai fini del presente metodo, si intende il materiale particolato il cui diametro aerodinamico è inferiore o uguale ad un valore nominale di 10 micrometri prelevato

con un campionatore la cui efficienza di campionamento, per le particelle di diametro pari a 10 micrometri, è uguale al 50%.

In altre parole: il PM10 è la frazione di particelle raccolte con un sistema di selezione avente efficienza stabilita dalla norma (UNI EN 12341/2001, s.d.) e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 μm . Spesso, in modo improprio, si definisce il PM10 come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 μm .

Il PM10 può avere anche origine naturale (ad esempio erosione dei suoli, eruzioni vulcaniche, incendi di boschi e praterie, aerosol marino).

L'origine dell'inquinamento da PM10 varia sensibilmente da zona a zona e nel corso del tempo. Si stima che, in media, in Emilia-Romagna la parte preponderante dell'inquinamento da PM10 sia dovuto alle attività umane, con una frazione variabile tra il 75% in Appennino e l'85% in pianura. La frazione di PM10 dovuta alle attività umane sarebbe per il 40-50% emessa direttamente nell'atmosfera, mentre il restante 50-60% risulta dalle reazioni chimiche, quindi inquinante secondario (de Leeuw F.A., 2002).

PM2.5: ai fini del presente metodo, si intende il materiale particolato il cui diametro aerodinamico è inferiore o uguale ad un valore nominale di 2,5 micrometri prelevato con un campionatore la cui efficienza di campionamento, per le particelle di diametro pari a 2,5 micrometri, è uguale al 50%.

Considerazioni analoghe a quelle fatte per il PM10 valgono per il PM2.5 (UNI EN 14907/2005, s.d.).

Di massima più il numero è basso, più le polveri sono sottili ed anche più pericolose per la salute della specie umana ed animale. Infatti, mentre il PM10 raggiunge solo i bronchi, la trachea e vie respiratorie superiori, il PM2.5 è in grado di penetrare negli alveoli polmonari con eventuale diffusione nel sangue.

Le fonti del particolato atmosferico si possono classificare in “fonti primarie” e “fonti secondarie”. Con le prime si indica una emissione diretta di particolato in atmosfera tenendo conto delle fonti naturali (costituite da sale marino, azione del vento, pollini, eruzioni vulcaniche, ecc.) e delle fonti antropiche (traffico veicolare, riscaldamento domestico, processi industriali, inceneritori, inquinamento da centrali elettriche, ecc.). Le fonti secondarie riguardano, invece, da una parte la condensazione di molecole presenti in fase gassosa, la successiva nucleazione e infine la coagulazione, fino a formare aerosol con diametri compresi tra 0,1 μm e 1 μm .

Il particolato secondario è quindi prodotto dai processi di conversione chimico-fisica dei gas precursori, in presenza di vapore acqueo e radiazioni solari.

L' NO_2 è un importante inquinante dell'aria che risulta dannoso per il sistema respiratorio. L'esposizione a breve termine all' NO_2 può causare diminuzione della funzionalità polmonare, specie nei gruppi più sensibili della popolazione, mentre l'esposizione a lungo termine può causare effetti più gravi come un aumento della suscettibilità alle infezioni respiratorie.

L' NO_2 è fortemente correlato con altri inquinanti, come il PM, perciò negli studi epidemiologici è difficile differenziarne gli effetti dagli altri inquinanti. L' NO_2 è uno dei composti dell'azoto che producono effetti negativi sugli ecosistemi, come l'acidificazione e l'eccesso di nutrienti (eutrofizzazione). L'eccesso di azoto nutriente può causare cambiamenti negli ecosistemi acquatici e marini e causare perdita di biodiversità. Gli ossidi di azoto giocano un ruolo principale nella formazione di ozono e contribuiscono alla formazione di aerosol organico secondario, determinando un aumento della concentrazione di PM10 e PM2.5. L' NO_2 si forma generalmente dall'ossidazione del monossido di azoto (NO). Questi due gas sono noti come NO_x . Le maggiori sorgenti per questi gas sono i processi di combustione ad alta temperatura (come quelli che avvengono nei motori delle automobili e nelle centrali termoelettriche).

Nella stagione fredda, quando le concentrazioni sono più elevate, il particolato è prevalentemente di origine secondaria e può arrivare a costituire anche il 60-70% del PM10 totale misurato. Questo fenomeno è comune all'intera pianura padana in quanto i fenomeni di formazione secondaria avvengono per loro natura su grande scala spaziale. Le percentuali più alte si riferiscono al periodo invernale, poiché più alta è la concentrazione di nitrato, che rappresenta la componente principale del secondario e le condizioni meteo climatiche invernali (basse temperature, umidità elevata) contribuiscono all'incremento della concentrazione di tali composti. La condizione di stabilità atmosferica e i prolungati periodi invernali caratterizzati da assenza di precipitazioni, inoltre, non favoriscono la dispersione degli inquinanti presenti nell'aria (Regione Emilia-Romagna - Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico, Arpa Emilia-Romagna - Centro Tematico Regionale Qualità dell'Aria, 2011).

La Regione Emilia-Romagna occupa la porzione sud-orientale della Pianura Padana. In generale quindi il Bacino Padano, chiuso dalle montagne su tre lati, rappresenta dal punto di vista della qualità dell'aria una sorta di catino chiuso in cui le emissioni di inquinanti si distribuiscono, ma faticano a disperdersi.

3. Metodologia di lavoro

3.1. Scelta cabine di monitoraggio

Le stazioni di monitoraggio utilizzate nel caso studio riguardano le province di Piacenza, Bologna, Ravenna e Rimini. Per tutte queste province sono state prese in analisi una stazione di traffico urbano e una stazione di fondo urbano.

L'obiettivo prefissato è stato quello di avere una lettura delle concentrazioni degli inquinanti ben distribuito su tutto il territorio regionale. È stata quindi scelta una provincia appartenente alla zona dell'agglomerato (Bologna), una provincia appartenente alla zona della pianura Ovest (Piacenza) ed una provincia appartenente alla zona della pianura Est (Ravenna). È stata inoltre presa in analisi la provincia di Rimini anch'essa appartenente alla zona della pianura Est, ma decisamente più vicina alla zona dell'Appennino e quindi confrontabile con eventuali dati provenienti dalla regione Marche.

Un altro fattore che ha portato alla scelta di queste province è stato l'urbanizzazione e l'industrializzazione presente. Gli effetti del lockdown saranno infatti molto più visibili in questi scenari piuttosto che in altri. Proprio per questi motivi si è deciso di non considerare, per esempio la zona appenninica.

Sempre collegandoci a questo scenario è ricaduta anche la scelta delle stazioni di monitoraggio, stazioni di traffico urbano e di fondo urbano per tutte le province sopra elencate. È stata posta una particolare attenzione per la scelta delle due stazioni di monitoraggio il più vicino possibile tra loro, in modo da ricavare dati comparabili per scenario antropico al contorno e condizioni meteo.

Le stazioni che vengono utilizzate nel nostro caso studio sono le seguenti:

- Piacenza – via Giordani / urbana traffico (coordinate: 45.04884, 9.693265)

- Piacenza – Parco Montecucco / urbana fondo (coordinate: 45.038544, 9.669349)
- Bologna – Porta San Felice / urbana traffico (coordinate: 44.500017, 11.328501)
- Bologna – Giardini Margherita / urbana fondo (coordinate: 44.483628, 11.355035)
- Ravenna – via Zalamella / urbana traffico (coordinate: 44.427783966, 12.186494827)
- Ravenna – via Caorle / urbana fondo (coordinate: 44.419261, 12.225385)
- Rimini – via Flaminia / urbana traffico (coordinate: 44.052101135, 12.575679779)
- Rimini – Parco XXV Aprile / urbana fondo (coordinate: 44.064308167, 12.552490234)

3.2. Metodologia elaborazione dati

ARPAE Emilia-Romagna esegue regolarmente valutazioni della qualità dell'aria attraverso varie metodologie di cui, generalmente, rende disponibili relazioni finali, giudizi sintetici e altri tipi di elaborazioni.

Per reperire il dataset per la sperimentazione corrente si è utilizzata la modalità messa a punto da ARPAE Emilia-Romagna che consente a tutti di accedere ai dati provenienti dalle stazioni di monitoraggio in modo diretto tramite interfaccia Web. È stato sufficiente selezionare quale stazione di monitoraggio provinciale e quale inquinante si desiderava estrarre, e per quale intervallo temporale.

Non tutte le stazioni misurano tutti gli inquinanti, e ogni strumento ha periodi di attività diversi in quanto la strumentazione può essere spenta, in manutenzione, rilocata, o essere stata attivata di recente, o il dato può provenire da analisi di laboratorio non ancora inserite nel database di ARPAE Emilia-Romagna. È possibile

quindi che a volte ai parametri selezionati non corrisponda alcun dato estratto. Questo non indica un malfunzionamento del sistema ma semplicemente che la richiesta effettuata non ha restituito alcun dato.

I dati scaricati erano grezzi, ovvero, non elaborati in alcun modo. Sono i dati così come rilevati dalla strumentazione presente nelle stazioni, cui è aggiunta l'indicazione del modello dello strumento che ha fornito tali dati, e quattro diverse flag di validità dei dati, indicative del buon funzionamento o meno di detta strumentazione.

È stato quindi necessario elaborare i dati scaricati trasferendoli innanzitutto su un foglio di calcolo elettronico. A seconda dell'inquinante selezionato i dati scaricati erano medie giornaliere e medie orarie rispettivamente per PM2.5 e PM10, e NO₂.

Si è scelto di scaricare, elaborare, studiare ed infine confrontare dati riguardanti il periodo da febbraio a giugno 2020 e da febbraio a giugno 2019. Data la relativa lunghezza del periodo preso in esame, è stato deciso di ricavare successivamente le medie mensili. Nel calcolare le medie mensili si è posta una certa attenzione sui dati il cui valore non era indicato per i motivi sopra elencati. In riferimento a questo si è deciso di non considerare i valori che non superano la terza flag di validità, quella che riguarda la validazione mensile.

Tali flag di validità del dato sono valorizzate in seguito ai controlli di qualità degli operatori ARPAE Emilia-Romagna che gestiscono la rete regionale di qualità dell'aria e che verificano giorno dopo giorno il corretto funzionamento della stessa, attivando le procedure di manutenzione qualora ne si ravveda la necessità. Abbiamo la flag 1 di validità annuale, la flag 2 di validità semestrale, la flag 3 di validità mensile e la flag 4 di validità giornaliera.

Le flag di validità del dato sono una di priorità superiore alle precedenti (la validazione annuale è quella che ha più importanza) perché sono eseguite in seguito

a controlli via via maggiori del corretto funzionamento della strumentazione; quando è presente una validazione superiore, quelle inferiori devono essere ignorate, ad esempio, se sono presenti le validazione mensile e giornaliera, va considerata la mensile. Se sono presenti più validazioni con esiti discordanti, vale sempre quella di priorità maggiore, ad esempio se la flag di validazione giornaliera è negativa ma quella mensile è positiva, allora il dato è da considerarsi valido.

Un dato che non abbia almeno la validazione giornaliera (flag 4) non è stato ancora verificato e non è stato utilizzato nel calcolo delle medie mensili.

Le medie mensili così ricavate sono state messe successivamente a grafico, uno per ogni provincia, tipo di stazione e tipo di inquinante. Il grafico ritenuto più chiaro ed esaustivo per lo studio delle concentrazioni medie mensili è il grafico a colonne raggruppate dove nell'asse delle ordinate troviamo l'inquinante con la sua unità di misura e nell'asse delle ascisse i mesi del periodo considerato per entrambe le annate studiate.

Per quanto riguarda i dati meteo, visto l'attribuzione della dispersione degli inquinanti in atmosfera alla turbolenza termica (temperatura) e meccanica (vento) in prossimità della superficie, i parametri meteorologici presi in considerazione sono la temperatura media mensile e la media mensile della velocità massima giornaliera del vento. Nelle cabine di monitoraggio la temperatura è stata misurata a 2 metri da terra mentre la velocità del vento a 10 metri da terra. Le stazioni della rete idrometeorologica trasmettono i dati via radio, mentre le stazioni agrometeorologiche e urbane impiegano la tecnologia GPRS; la frequenza di aggiornamento dei dati in archivio è pari a 30 minuti.

Dal sistema Dexter, database del Servizio IdroMeteoClima, sono state così ricavate la temperatura media giornaliera e la velocità massima giornaliera del vento (un

dato per ciascun giorno), mediate successivamente rispetto al periodo di interesse (un mese).

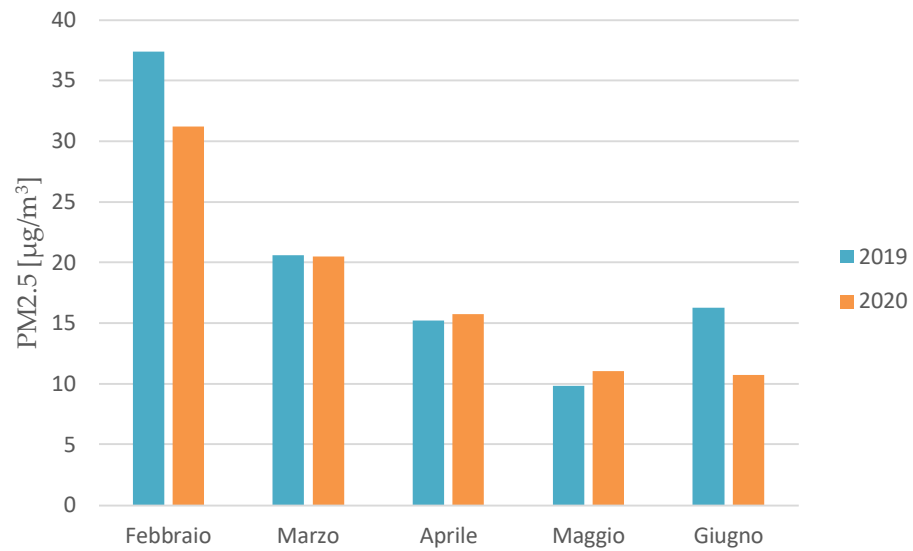
Da aprile 2006, infatti, ARPA ha dato la possibilità a qualunque utente esterno di accedere direttamente via Web al proprio archivio dei dati regionali e di scaricarli, tramite un sistema denominato Dexter sviluppato all'interno. Il servizio è gratuito, richiede una preventiva registrazione ed è solo sottoposto ai vincoli dell'accettazione delle norme di utilizzo dei dati (Dext3r, 2017).

4. Risultati e discussione

4.1. Esposizione risultati PM2.5

4.1.1. Piacenza

Grafico 4.1 Grafico concentrazioni medie mensili PM2.5 Piacenza fondo urbano



4.1.2. Bologna

Grafico 4.2 Grafico concentrazioni medie mensili PM2.5 Bologna traffico urbano

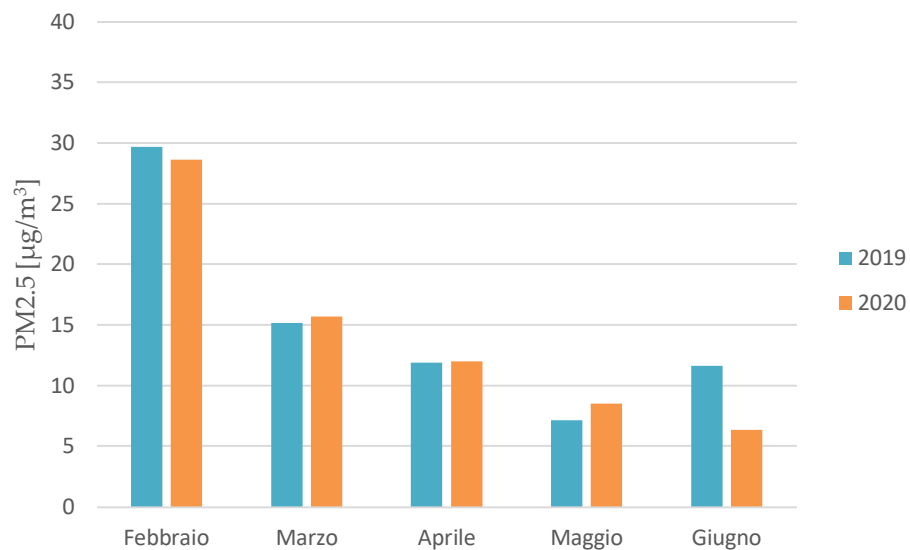
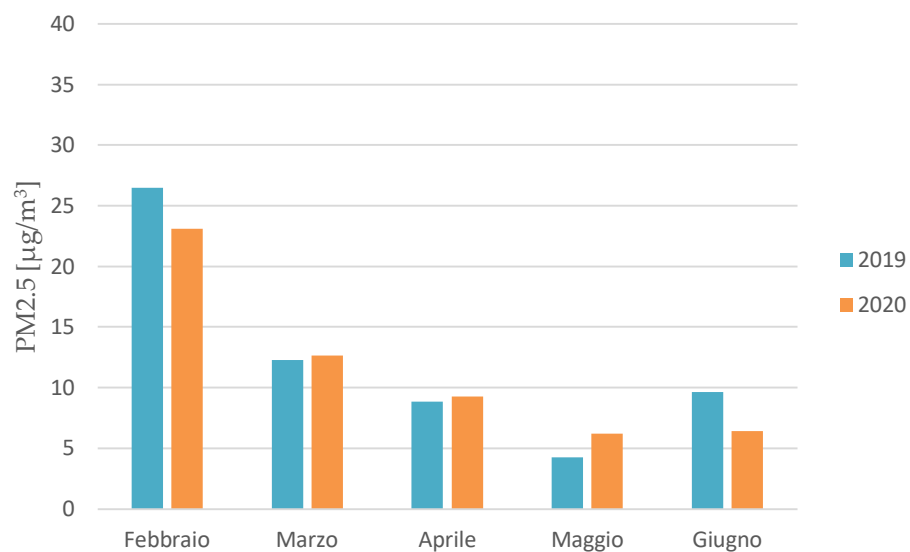
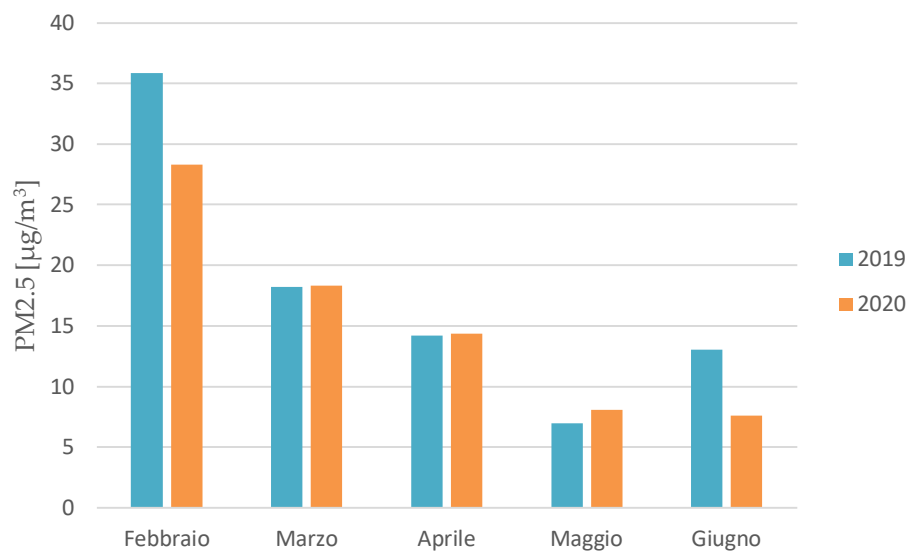


Grafico 4.3 Grafico concentrazioni medie mensili PM2.5 Bologna fondo urbano



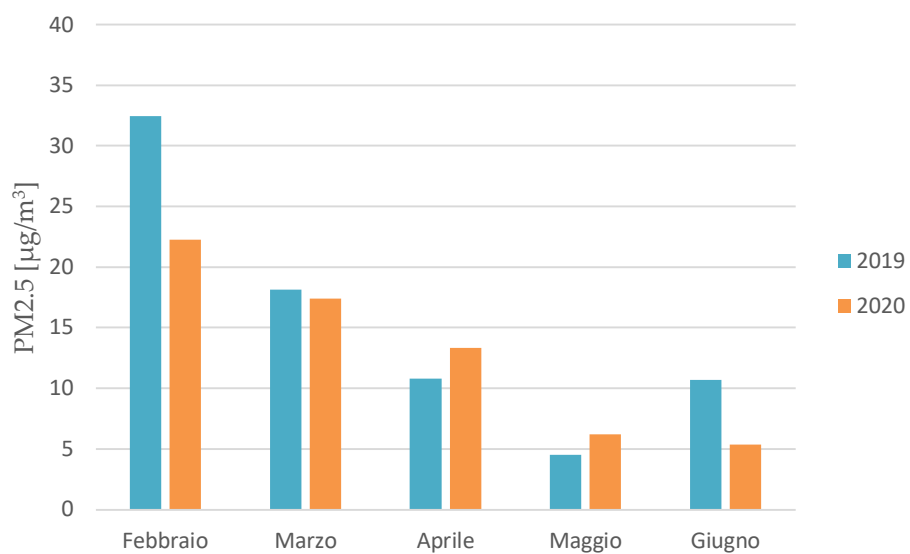
4.1.3. Ravenna

Grafico 4.2 Grafico concentrazioni medie mensili PM2.5 Ravenna fondo urbano



4.1.4. Rimini

Grafico 4.3 Grafico concentrazioni medie mensili PM2.5 Rimini fondo urbano



4.1.5. Discussione risultati PM2.5

Si può notare come in tutte le stazioni di monitoraggio analizzate il mese di giugno 2019 abbiamo avuto una concentrazione media mensile di particolato atmosferico maggiore rispetto al 2020. Giugno 2019, infatti, è stato caratterizzato da elevatissime temperature e scarsissime precipitazioni, che fanno del mese il più siccitoso (assieme al giugno 2012) e il secondo più caldo dal 1961 (dopo giugno 2003). Proprio per questo motivo risulta che il mese di giugno abbia una media mensile maggiore rispetto agli standard (ARPAE Emilia-Romagna, 2020).

Nella stazione di monitoraggio di Piacenza a traffico urbano (Grafico 4.1) si può notare come nel mese di giugno 2019 si abbia avuto un valore importante di concentrazione media di PM2.5 ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) contro un valore ben più rispetto alla media nel mese di giugno 2020 ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Stessa cosa si può dire per le stazioni di Bologna (Grafico 4.2 e Grafico 4.3), Ravenna (Grafico 4.4) e Rimini (Grafico 4.5).

4.2. Esposizione risultati PM10

4.2.1. Piacenza

Grafico 4.4 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Piacenza traffico urbano

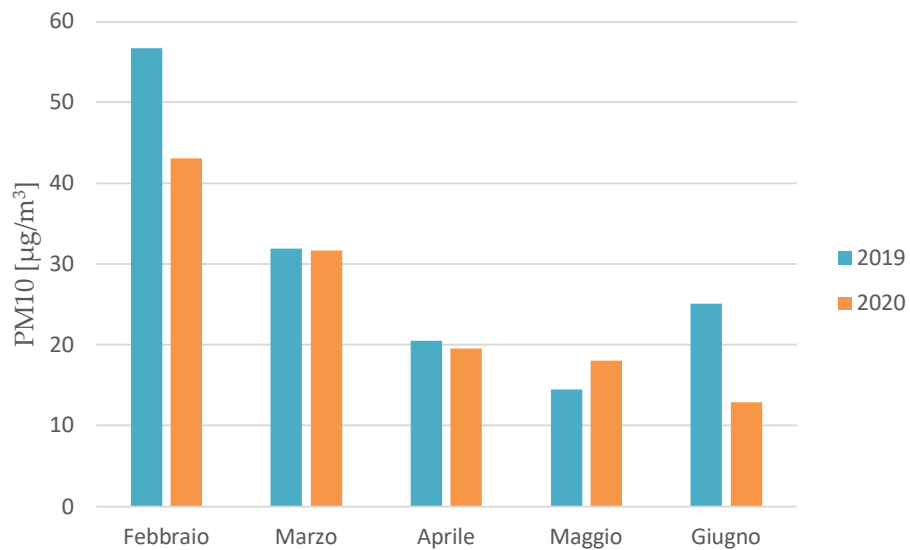
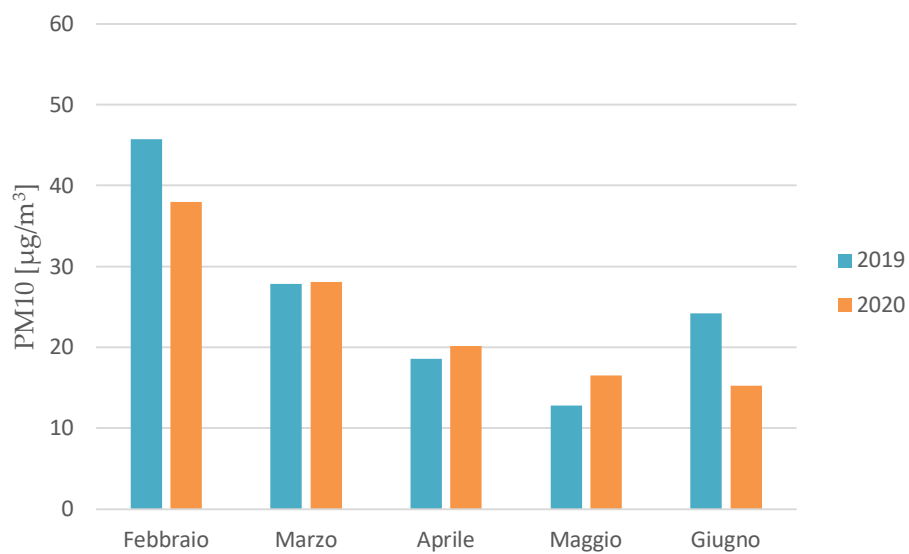


Grafico 4.5 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Piacenza fondo urbano



4.2.2. Bologna

Grafico 4.6 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Bologna traffico urbano

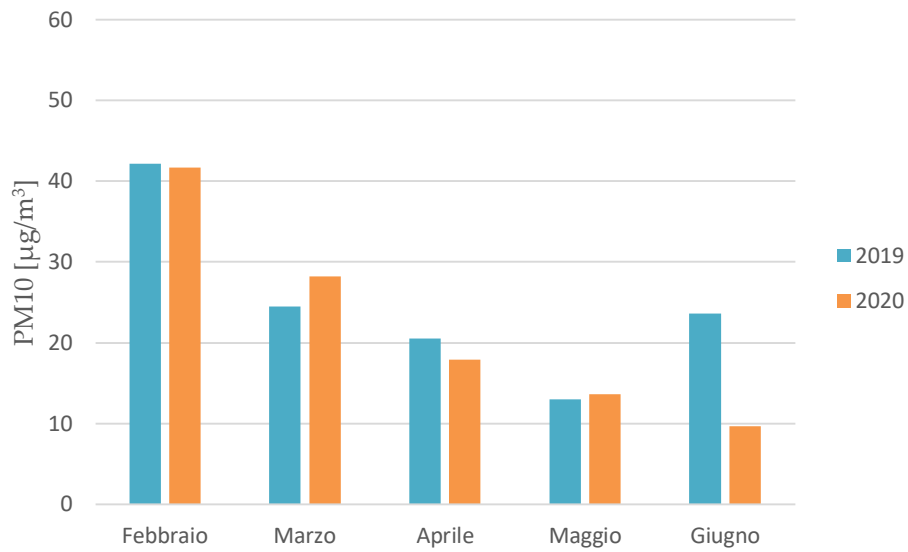
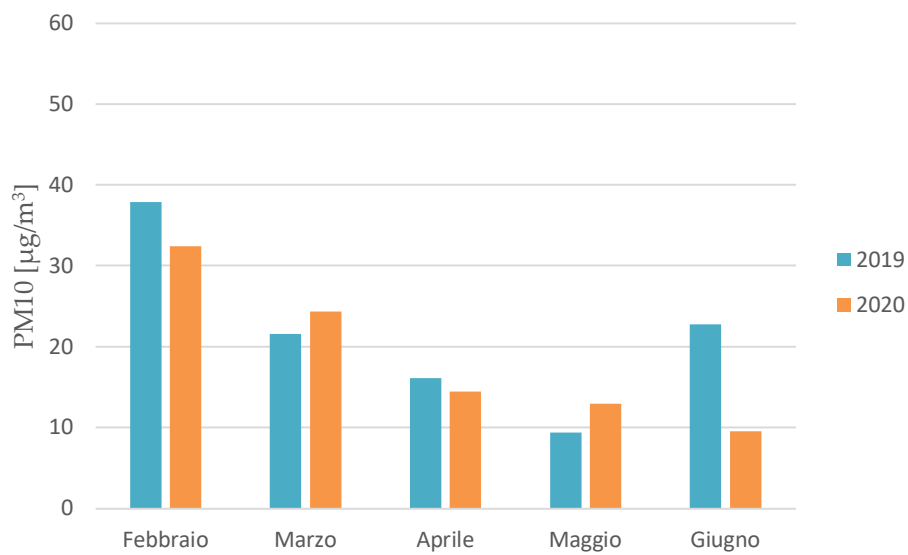


Grafico 4.7 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Bologna fondo urbano



4.2.3. Ravenna

Grafico 4.8 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Ravenna traffico urbano

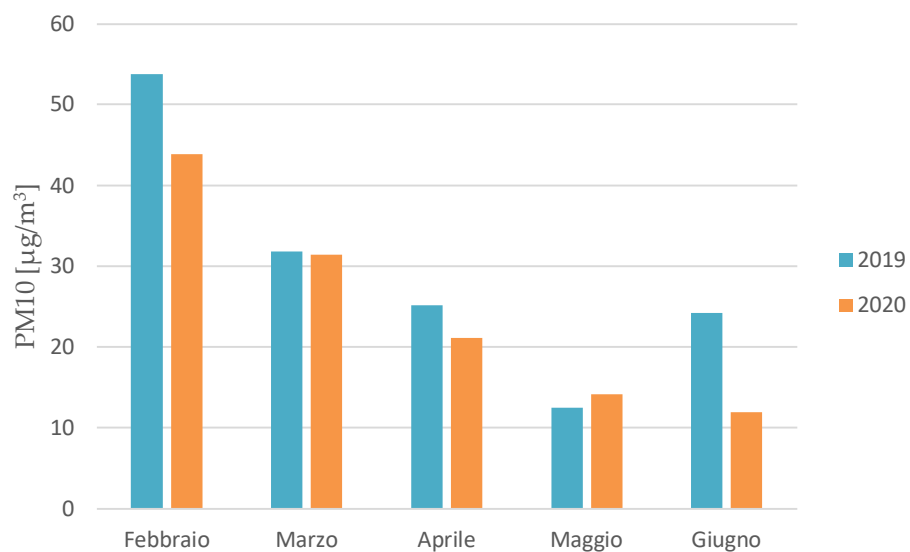
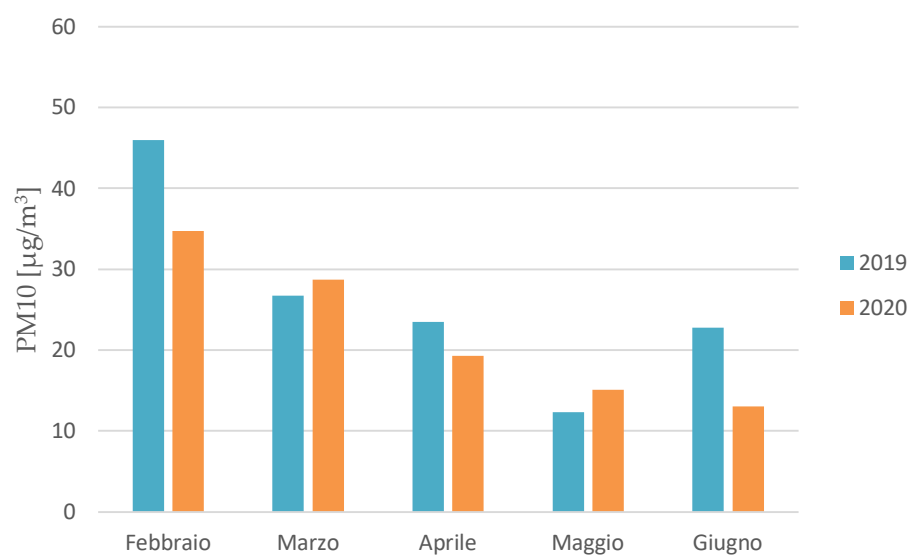


Grafico 4.9 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Ravenna fondo urbano



4.2.4. Rimini

Grafico 4.10 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Rimini traffico urbano

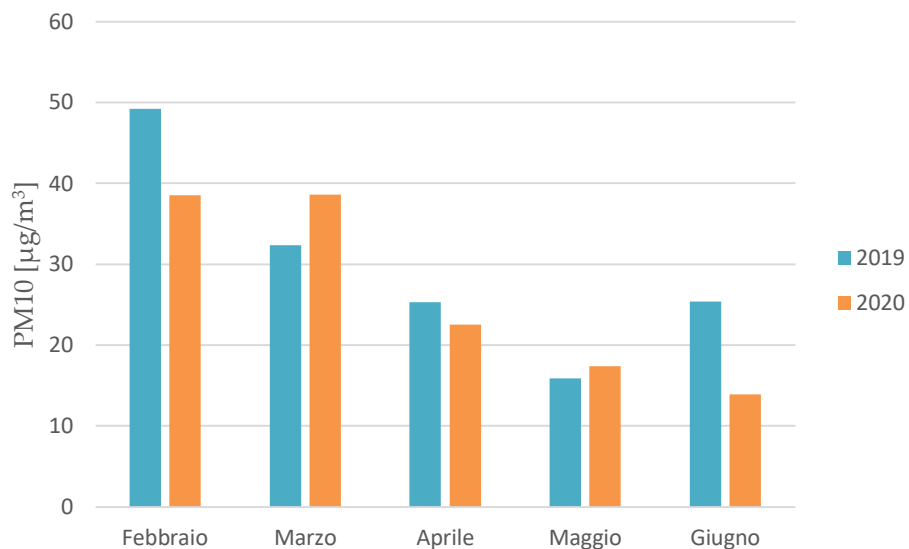
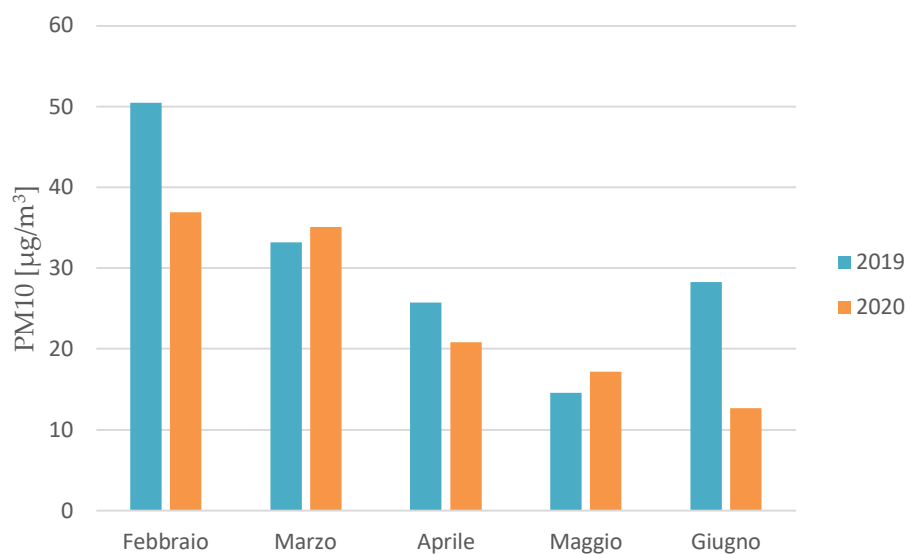


Grafico 4.11 Grafico concentrazioni medie mensili PM10 Rimini fondo urbano



4.2.5. Discussione risultati PM10

Anche qui possiamo notare dei valori di concentrazione media anomali per quanto riguarda il mese di giugno 2019 con valori compresi tra 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di monitoraggio di Rimini a fondo urbano (Grafico 4.13) e 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle stazioni di monitoraggio di Bologna e Ravenna a fondo urbano (Grafico 4.9 e Grafico 4.11).

Nei mesi di febbraio e giugno si riscontrano delle sostanziali differenze tra le concentrazioni del 2020 e quelle del 2019. La differenza maggiore si nota nella stazione di monitoraggio di Piacenza a traffico urbano (Grafico 4.6) dove la concentrazione media nel mese di febbraio di PM10 per l'anno 2019 risulta essere 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del 2020.

Inusuale è invece la minima differenza di concentrazione di PM10 tra il 2020 e 2019 per quanto riguarda i mesi di marzo, aprile e maggio. A differenza dei mesi di febbraio e giugno, qui abbiamo dei valori molto più simili tra loro. Anzi, alcune volte la concentrazione di PM10 dell'anno 2019 risulta essere minore alla concentrazione di PM10 dell'anno 2020, come si può vedere nella stazione di monitoraggio di Bologna a traffico urbano nel mese di marzo (Grafico 4.8).

4.3. Esposizione risultati NO₂

4.3.1. Piacenza

Grafico 4.12 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Piacenza traffico urbano

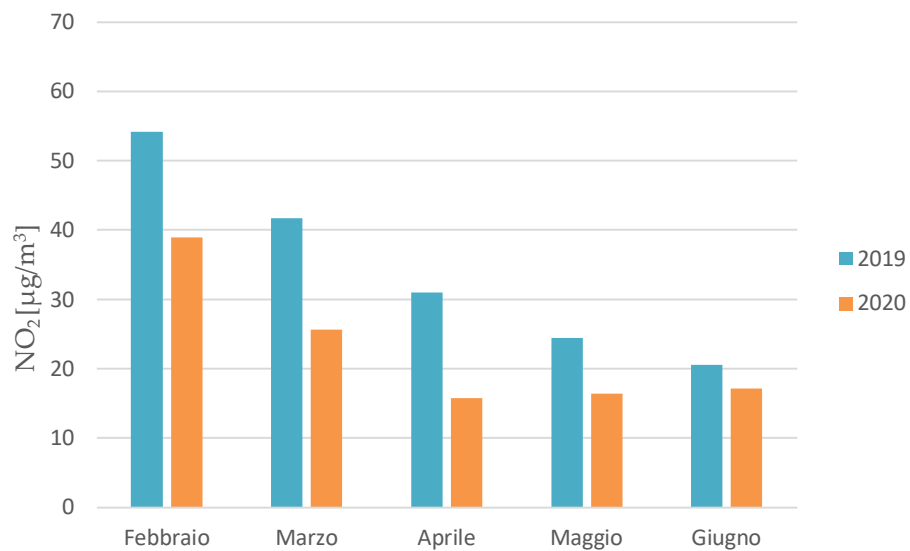
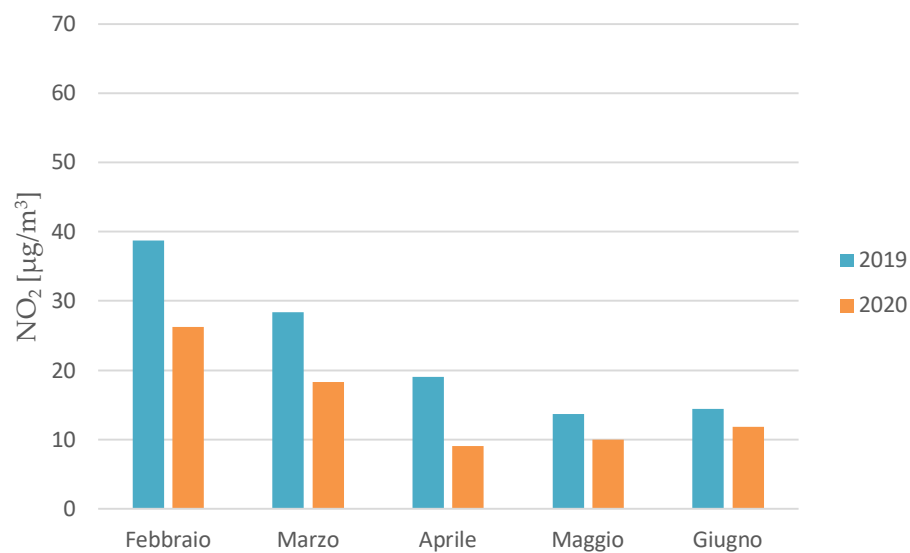


Grafico 4.13 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Piacenza fondo urbano



4.3.2. Bologna

Grafico 4.14 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Bologna traffico urbano

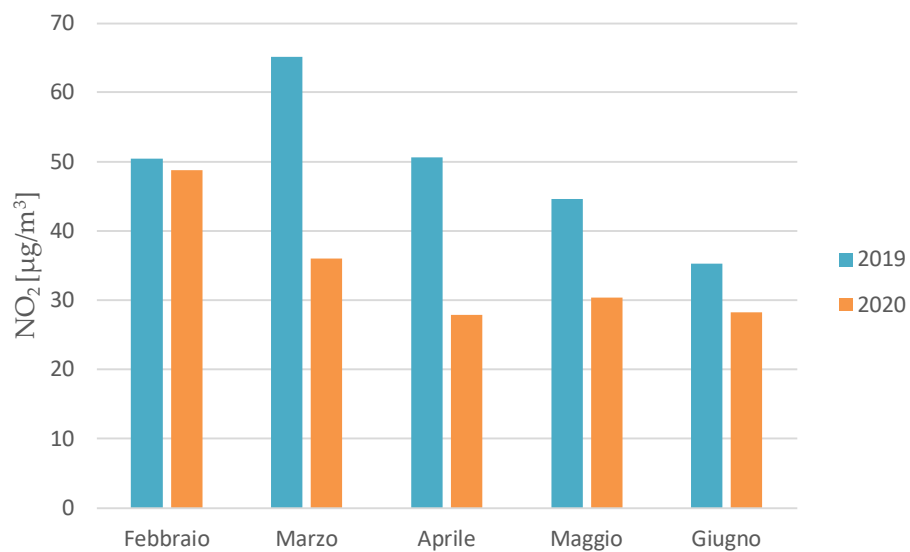
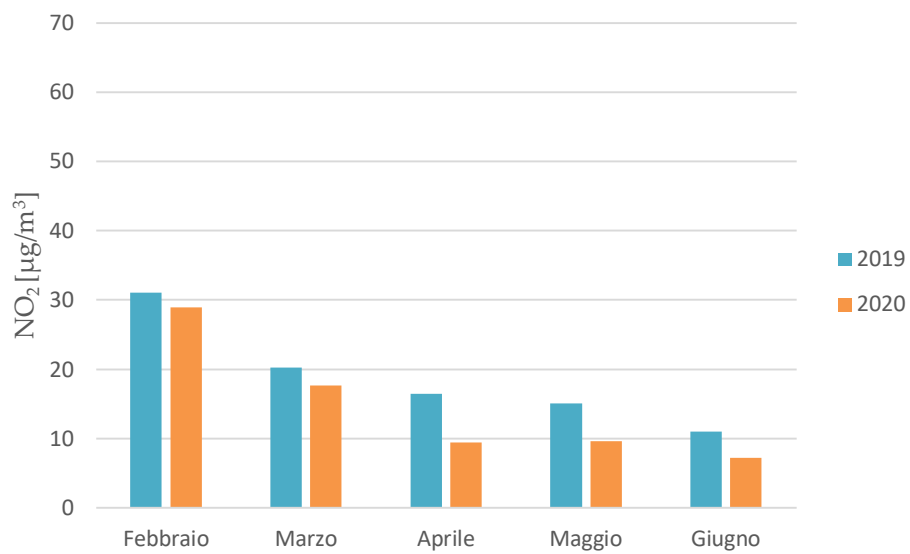


Grafico 4.15 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Bologna fondo urbano



4.3.3. Ravenna

Grafico 4.16 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Ravenna traffico urbano

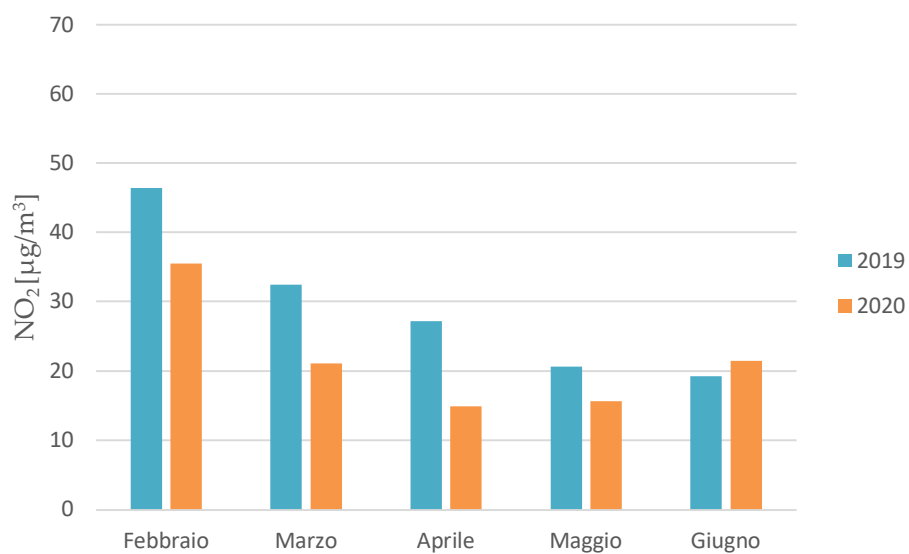
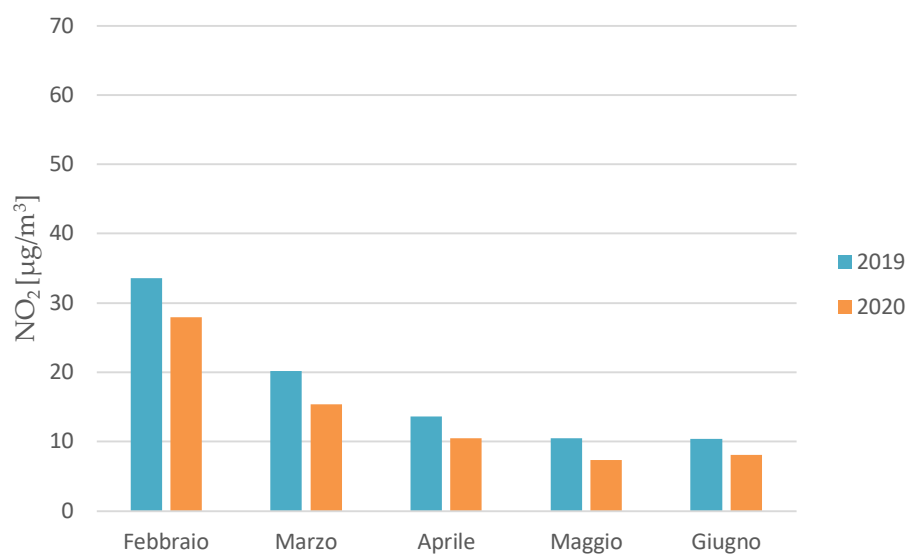


Grafico 4.17 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Ravenna fondo urbano



4.3.4. Rimini

Grafico 4.18 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Rimini traffico urbano

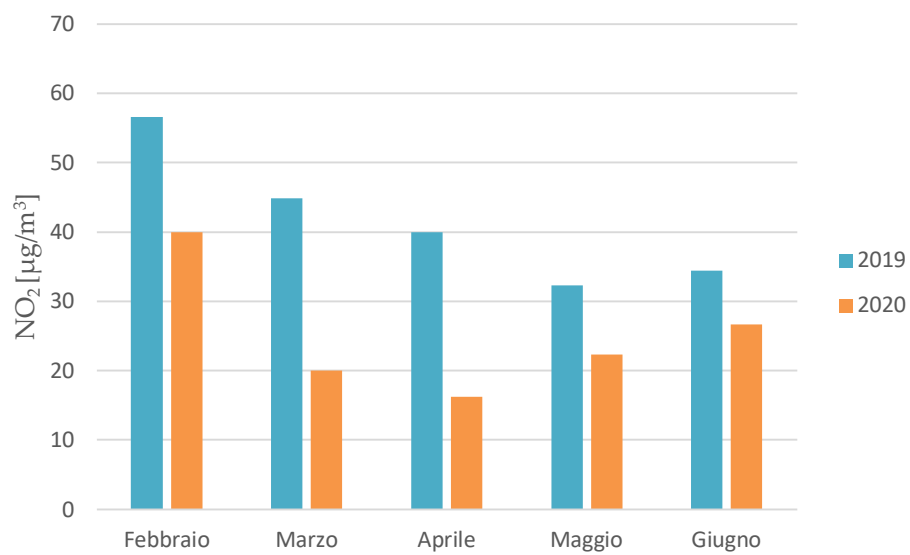
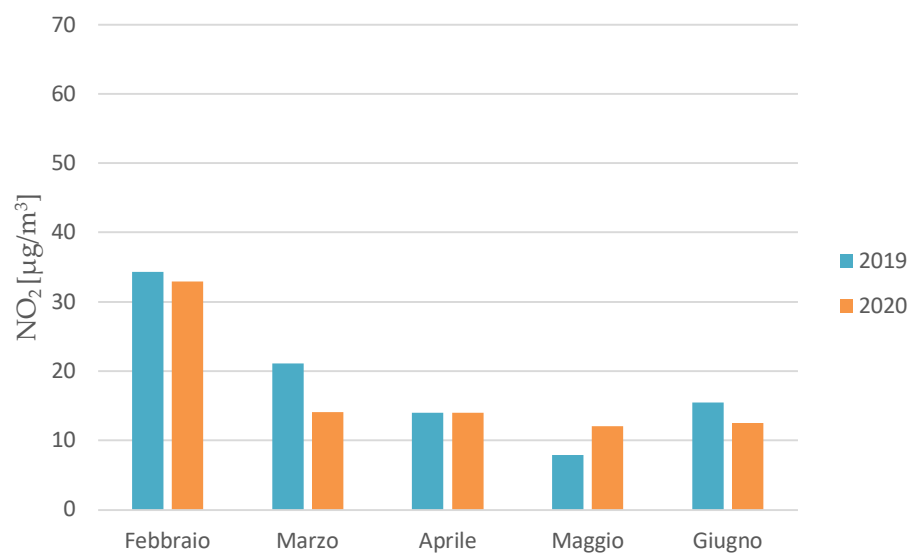


Grafico 4.19 Grafico concentrazioni medie mensili NO₂ Rimini fondo urbano



4.3.5. Discussione risultati NO₂

In tutti i grafici riguardanti le concentrazioni medie mensili di NO₂ si può constatare una netta differenza tra il 2019 e il 2020. La differenza risulta essere decisamente più marcata nelle stazioni di monitoraggio di traffico urbano, le quali risultano essere locate in prossimità dei traffici veicolari, mentre nelle stazioni di fondo urbano la differenza tra i due periodi studiati risulta essere molto meno marcata.

La differenza maggiore si misura nella stazione di monitoraggio di Bologna a traffico urbano (Grafico 4.16) dove la concentrazione media nel mese di marzo di NO₂ per l'anno 2019 risulta essere 65 µg/m³ contro i 35 µg/m³ del 2020.

Notevole differenza si nota anche nella stazione di monitoraggio di Rimini sempre a traffico urbano (Grafico 4.20) dove la concentrazione media nel mese di marzo di NO₂ per l'anno 2019 risulta essere 45 µg/m³ contro i 20 µg/m³ del 2020.

4.4. Esposizione dati meteo

4.4.1. Temperature medie mensili

Grafico 4.20 Grafico temperature medie mensili Piacenza

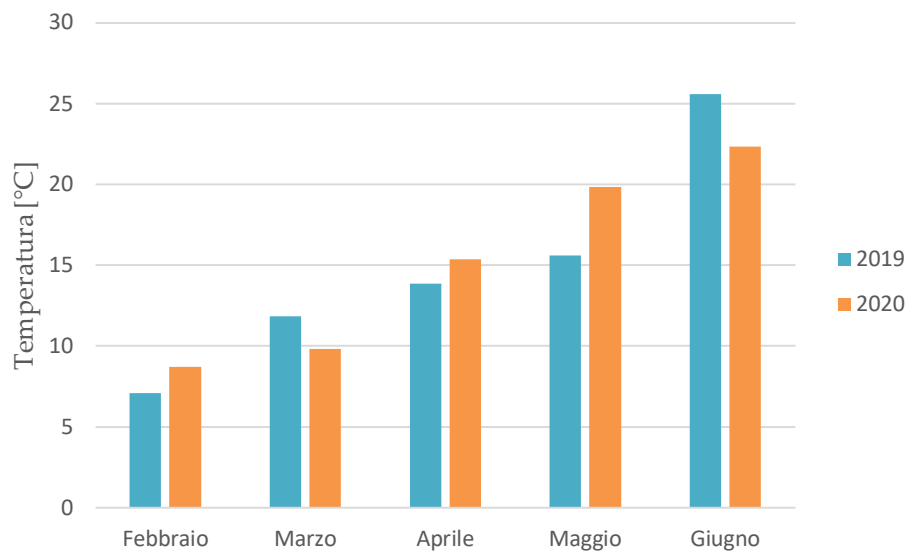


Grafico 4.21 Grafico temperature medie mensili Bologna

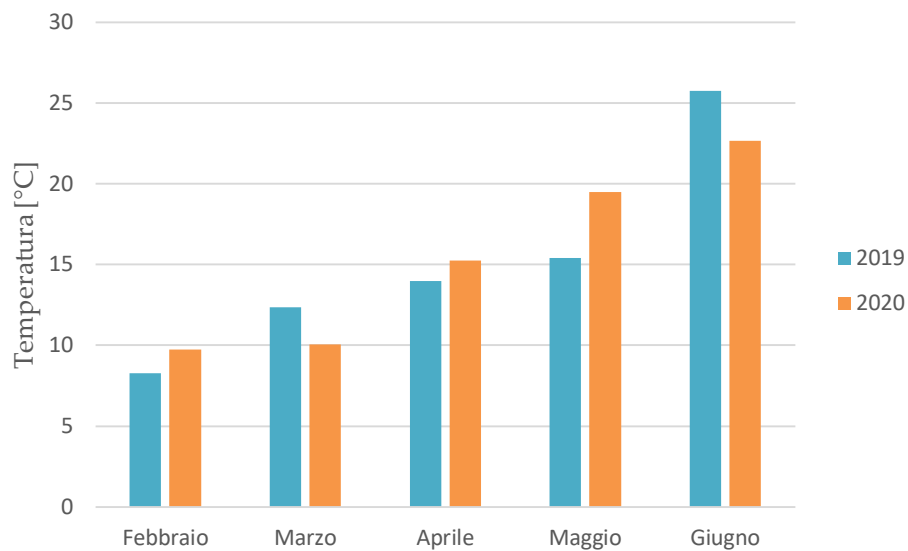


Grafico 4.22 Grafico temperature medie mensili Ravenna

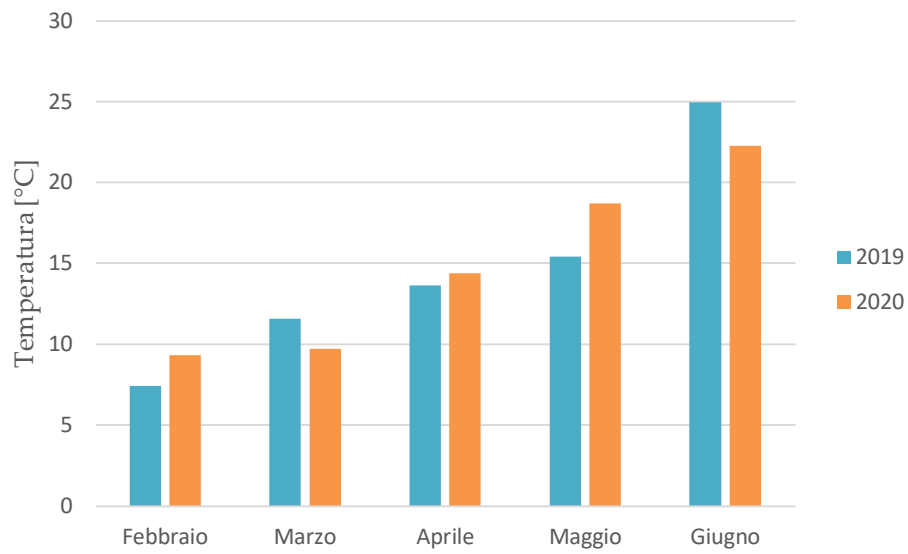
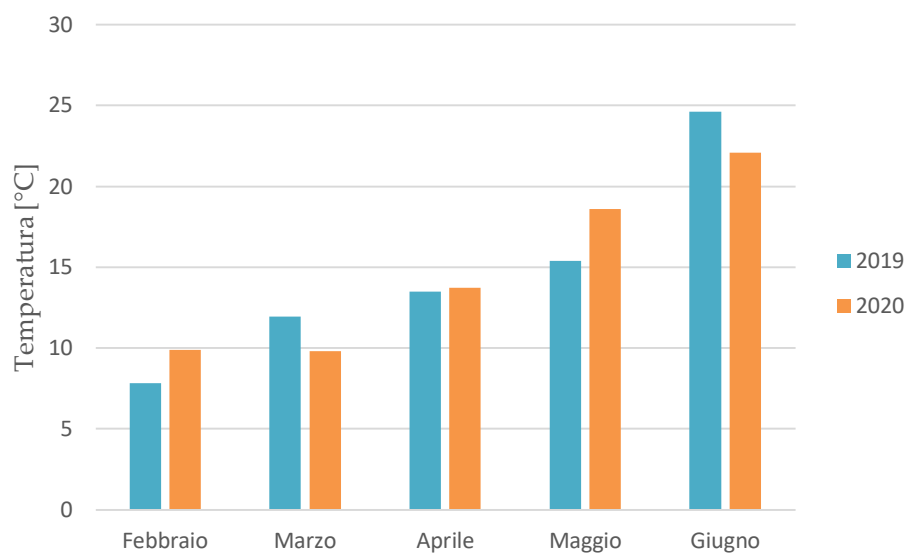


Grafico 4.23 Grafico temperature medie mensili Rimini



4.4.2. Velocità medie mensili del vento

Grafico 4.22 Grafico velocità medie mensili del vento Piacenza

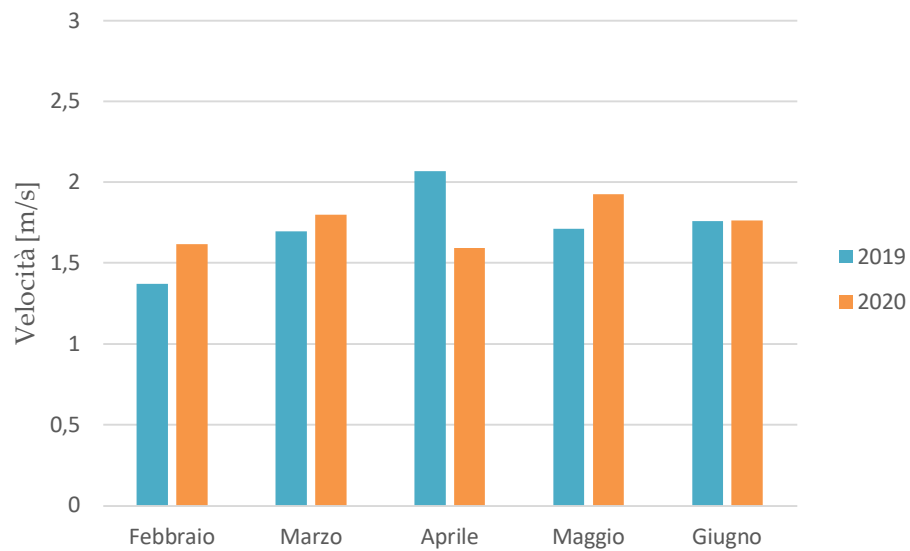


Grafico 4.23 Grafico velocità medie mensili del vento Bologna

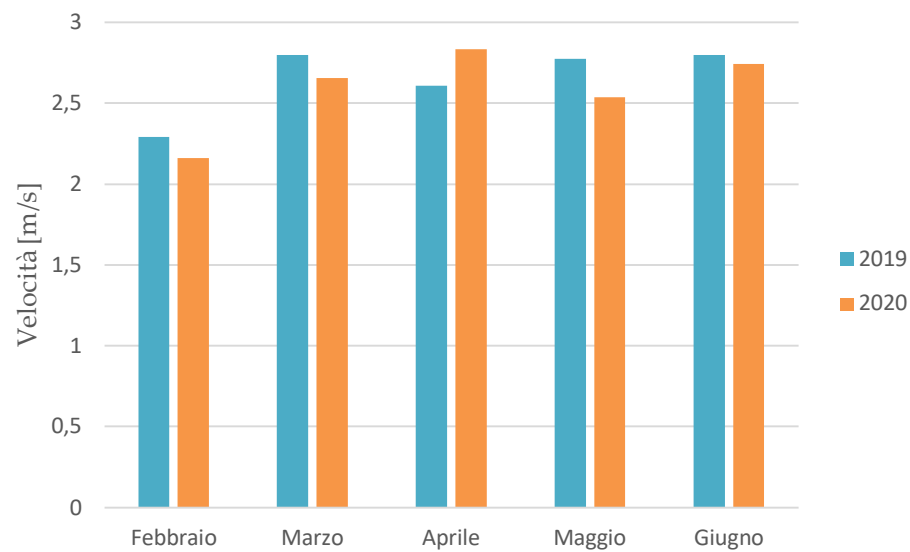


Grafico 4.24 Grafico velocità medie mensili del vento Ravenna

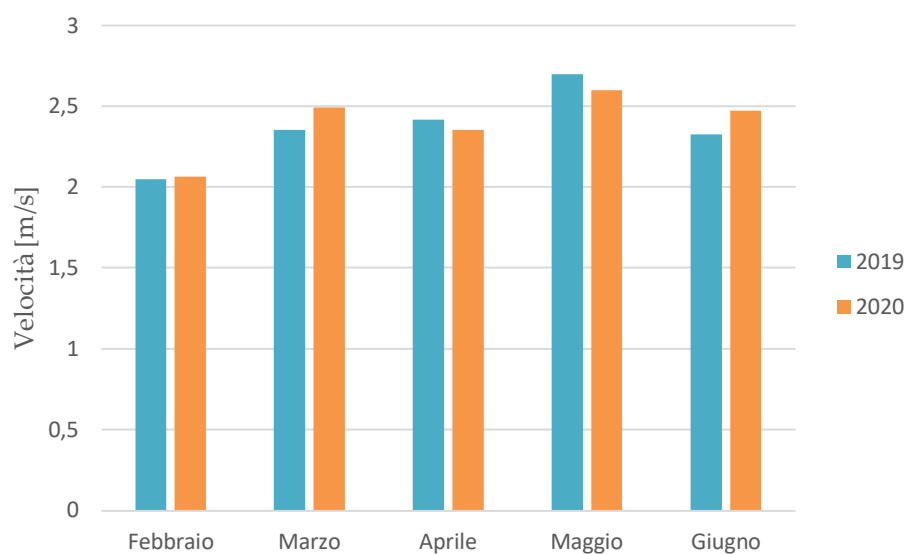
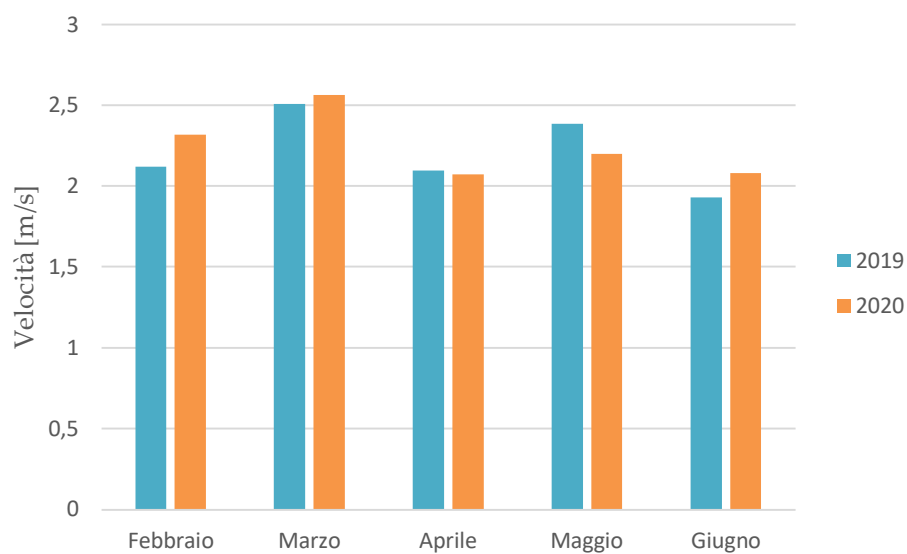


Grafico 4.25 Grafico velocità medie mensili del vento Rimini



Dall'analisi dei dati meteo è possibile notare come questi siano molto simili negli stessi mesi, sia per l'anno 2019 sia per l'anno 2020 con delle oscillazioni dovute all'errore statistico dei dati stessi (influenti per quanto riguarda l'analisi dei dati stessi).

4.5. Confronto incrociato risultati 2020 con 2019

Come possiamo ben notare dai grafici, riscontriamo un'importante diminuzione delle concentrazioni di NO₂ nell'aria nel periodo tra febbraio e giugno 2020 rispetto al periodo tra febbraio e giugno 2019. Senz'altro i provvedimenti adottati dal governo per scongiurare un'ulteriore diffusione del virus hanno influito sulla riduzione del biossido di azoto prodotto, soprattutto a seguito dell'abbattimento del traffico veicolare su tutto il territorio nazionale.

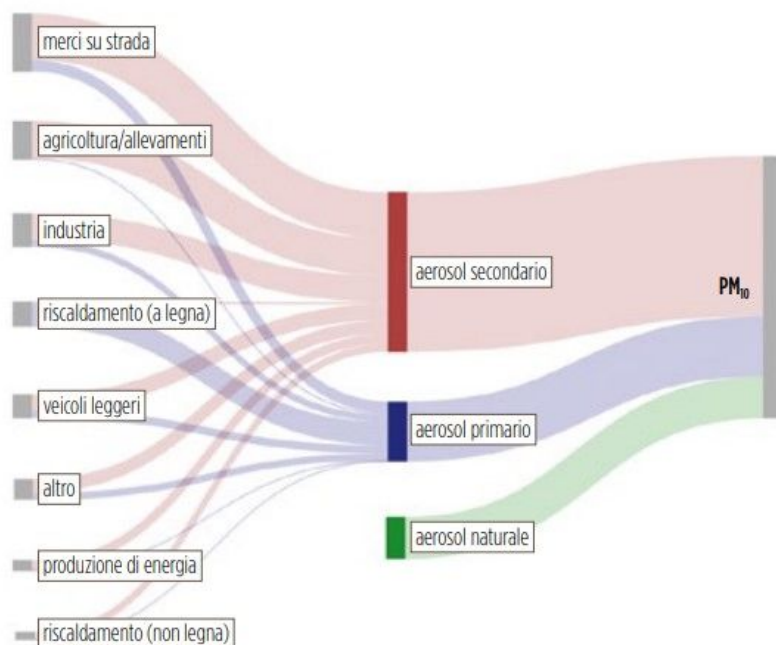
Risulta, invece, ben più complicata la situazione dei particolati atmosferici in quanto dai dati rilevati si può subito notare che la variazione di PM₁₀ e PM_{2.5} tra l'anno 2020 e il 2019 non sia stata così importante, come invece ci si sarebbe aspettati durante un confinamento così prolungato. Se si è avuta una diminuzione dell'emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} da traffico, d'altro canto si è avuto un aumento dell'emissione di PM₁₀ e PM_{2.5} da riscaldamento domestico dovuto dalle temperature più fredde nel mese di marzo (Grafico 4.20, Grafico 4.21, Grafico 4.22, Grafico 4.23) e al maggior numero di persone a casa.

Altro importante aspetto da considerare è la formazione di PM₁₀ in seguito a reazione chimiche avvenute in atmosfera. Il principale gas precursore per la formazione di PM₁₀ è l'ammoniaca (NH₃), emesso in seguito ad attività agricole e di allevamento ed essendo un settore che non è stato minimamente intaccato dalle politiche di contenimento del virus, l'emissione di ammoniaca ha riscontrato un aumento controbilanciando la diminuzione di PM₁₀ dovuta all'emissioni da traffico veicolare (Gualtieri G., Brillì L., Carotenuto F., Vagnoli C., Zaldei A., Gioli B., 2020).

Questo aspetto è infatti evidente nel grafico di Piacenza (Grafico 4.4 e Grafico 4.5), la quale si trova nella zona che più rappresenta attività di agricoltura e allevamento, dove nei mesi di marzo e aprile i dati rilevati nel 2019 sono pressoché gli stessi a quelli rilevati nel 2020.

La seguente figura mostra quali sono le origini del PM10 per la regione Emilia-Romagna:

Fig. 1 Origini del PM10
(Stortini M., Bonafè G., 2017)



La fascia verde rappresenta il contributo dell'aerosol naturale. Le fasce blu rappresentano i contributi delle emissioni di aerosol primario dai vari settori. Le fasce rosse rappresentano i contributi all'aerosol secondario, che si origina per trasformazioni chimico-fisiche dei precursori emessi dai vari settori emissivi.

In relazione ai grafici della velocità media del vento (Grafico 4.24, Grafico 4.25, Grafico 4.26, Grafico 4.27) risulta che la velocità del vento è abbastanza bassa durante tutto il periodo preso in esame, quasi sempre sotto ai 2,5 m/s. In generale, la turbolenza meccanica della Pianura Padana risulta abbastanza debole (per la bassa velocità del vento), e il rimescolamento dell'aria è quindi dominato dalla turbolenza termica (in inverno molto debole). Questo spiega perché nella Pianura Padana le concentrazioni invernali di PM10 sono molto elevate e sono rimaste pressoché invariate durante il confinamento.

5. Conclusioni

Questo studio ha confermato la natura complessa dell'inquinamento atmosferico. Mai prima d'ora si era potuto osservare un provvedimento così lungo e su così larga scala da poter influire sulla formazione e produzione di inquinanti atmosferici.

Anche quando un fattore così importante per le emissioni di inquinanti come il traffico veicolare venga isolato e controllato, si dovrebbe tenere conto della forte non linearità dei processi atmosferici e del ruolo predominante svolto dalle condizioni meteorologiche nella formazione dell'inquinamento. Questo studio ha dimostrato che, almeno nella regione Emilia-Romagna, un divieto di circolazione esteso a tutto il paese per circa due mesi, ha ridotto in modo significativo i livelli di NO₂. Le concentrazioni di PM_{2.5} e PM₁₀, invece, sono state impattate in misura minore.

Sono necessarie azioni permanenti e durature piuttosto che momentanee, come il lockdown del 2020, per ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera ma anche impegnarsi a migliorare i nostri comportamenti verso l'ambiente, al fine di ottenere benefici significativi sulla qualità dell'aria e sulla salute pubblica.

6. Bibliografia

ARPAE Emilia-Romagna, 2020. *Arpae Emilia-Romagna*. [Online]

Available at: <https://www.arpae.it/>

de Leeuw F.A., 2002. A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. In: *Environmental Science & Policy*. s.l.:s.n., pp. 135-145.

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 1., s.d. *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*. s.l.:s.n.

Dext3r, 2017. *Servizio IdroMeteoClima di Arpae*, s.l.: s.n.

EEA - Agenzia europea dell'ambiente, 2013. *L'inquinamento atmosferico provoca ancora danni alla salute in Europa*, s.l.: s.n.

Gualtieri G., Brilli L., Carotenuto F., Vagnoli C., Zaldei A., Gioli B., 2020.

Quantifying road traffic impact on air quality in urban areas: A Covid19-induced lockdown analysis in Italy. In: *Environmental Pollution*. s.l.:s.n.

Regione Emilia-Romagna - Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico, Arpae Emilia-Romagna - Centro Tematico Regionale Qualità dell'Aria, 2011. *Zonizzazione della regione Emilia-Romagna*, s.l.: s.n.

Stortini M., Bonafè G., 2017. Quali sono le origini del particolato?. In: *Ecoscienza*. s.l.:s.n., pp. 12-13.

UNI EN 12341/2001, s.d. s.l.:s.n.

UNI EN 14907/2005, s.d. s.l.:s.n.