



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea Triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

Titolo

Analisi dei dati di PM10 e PM2.5 nelle Marche in relazione a dati meteo e mutato scenario emissivo causato dalle misure di contrasto alla pandemia SARS-CoV-2

“The impact of Covid-19 social and economic crisis on the air quality parameters as perceived by the Marche Region air quality monitoring net before and during the lockdown”

Relatrice:

Maria Letizia Ruello

Correlatrice:

Chiara Giosuè

Tesi di laurea di:

Sofiane El Mamouni

Anno Accademico 2019-2020

Indice

1. Introduzione.....	3
2. Particolato atmosferico.....	5
2.1 normativa qualità aria	5
2.2 Rete di monitoraggio regionale	7
2.3 Particolato primario e secondario	11
2.4 Rapporto PM2.5/PM10	13
2.5 PM e condizioni meteo	13
3. Risultati.....	16
3.1 Raccolta dati PM	16
3.2 Raccolta dati meteo	21
3.3 Raccolta dati su riduzione attività	27
4. Discussione.....	29
5. Conclusioni.....	31
6. Bibliografia e sitografia.....	32

Introduzione

Il caso studio in esame si occupa di indagare gli effetti della pandemia da SARS-CoV-2 sull'inquinamento atmosferico. Tale pandemia, dovuta al virus chiamato comunemente Covid-19, è divampata in tutto il mondo a partire dall'Asia nel mese di febbraio 2020 e, alla data del 4 luglio, ha già portato nel mondo al ricovero e alla morte rispettivamente più di 11,223milioni e più di 529mila persone.

L'Italia è stato uno degli stati maggiormente colpiti dalla pandemia, durante i primi mesi di diffusione del virus riportando circa 240.000 infetti e 34.716 morti confermati fino ad oggi. La diffusione del virus in Italia ha portato all'emanazione di restrizioni da parte del governo italiano volte a ridurre il contagio tra le persone.

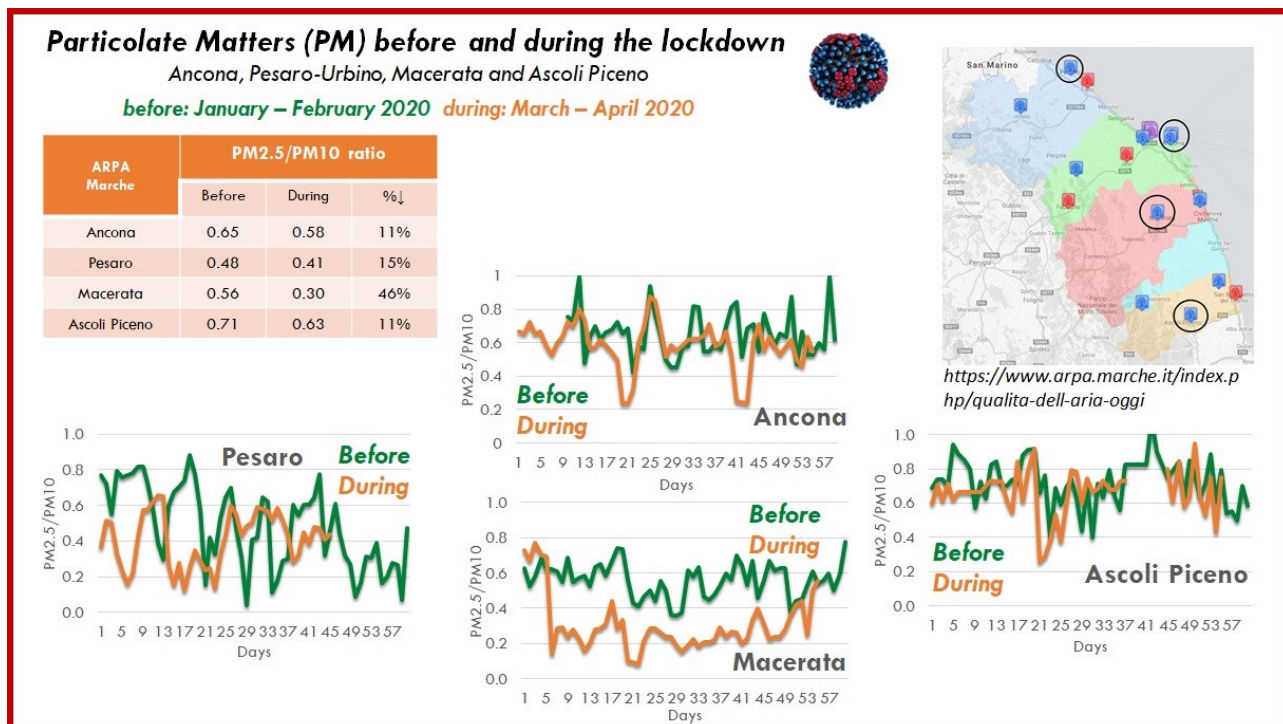
La principale misura di contrasto usata contro il virus dalla maggior parte degli stati colpiti è stato il "lockdown" in italiano il confinamento applicato a tutta la nazione il 9 marzo 2020. Semplicemente si tratta di limitare il più possibile il movimento individuale all'interno del territorio di residenza confinando le persone nella propria abitazione, il tutto per evitare che le persone vengano infettate o infettino altri individui diffondendo maggiormente il virus.

Il lockdown comunque non è totale ed ha delle eccezioni quali urgenze, spostamenti per lavori ritenuti essenziali, salute e approvvigionamento di viveri. In particolare hanno subito il fermo le attività educative e scolastiche e le imprese quali ristoranti e negozi non alimentari.

Quello che interessa a noi è osservare e riportare gli effetti delle restrizioni sull'inquinamento atmosferico in particolare le variazioni delle concentrazioni di particolato atmosferico (particulate matter) PM10 e PM2.5 nella regione Marche al variare dello scenario emissivo in atmosfera nelle provincie di Pesaro, Macerata e Ascoli Piceno.

I periodi di osservazione presi in considerazione sono gennaio-febbraio e marzo-aprile-maggio scelti in base alle date di inizio del lockdown nazionale 9 marzo 2020 e l'inizio della fase due 4 maggio 2020 che ha visto una riduzione parziale delle restrizioni applicate all'inizio del lockdown. I dati trattati sono le concentrazioni giornaliere di PM10 e PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) misurate dalle stazioni di rilevamento che compongono la rete regionale della qualità dell'aria fornite dall'Agenzia regionale per la protezione ambientale regione Marche (ARPAM).

Graphical abstract riassuntivo del nostro caso studio.



Il parametro sul quale ci soffermiamo maggiormente è il rapporto tra PM2.5 e PM10 chiamato anche “PM2.5/PM10 ratio” nei periodi di osservazione presi in considerazione e al variare delle condizioni meteorologiche.

Visto l’attribuzione della dispersione degli inquinanti in atmosfera alla turbolenza termica (temperatura) e meccanica (vento) in prossimità della superficie, i parametri meteorologici considerati sono la temperatura media giornaliera e la velocità massima giornaliera ricavati per ciascuna provincia trattata.

Particolato atmosferico

2.1 normativa qualità aria

la normativa italiana sulla qualità dell'aria è data dal decreto legislativo n.155 del 13 agosto 2010 che a sua volta recepisce la direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Il decreto detta disposizioni generali finalizzate a determinare gli obiettivi di qualità dell'aria volte alla protezione della salute umana e alla tutela dell'ambiente da sostanze nocive. Fornisce linee guida su metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale circa la valutazione della qualità dell'aria con lo scopo di ottenere informazioni necessarie a pianificare interventi per contrastare l'inquinamento e per il monitoraggio a lungo termine. Il tutto allo scopo di conservare la qualità dell'aria là dove risulta buona e migliorarla nelle zone più inquinate, garantire la divulgazione dei dati sull'ambiente alla popolazione e puntare a una migliore cooperazione tra gli stati membri dell'unione europea.

Nel caso del PM pone i valori limite sulle concentrazioni nell'aria ambiente :

Tabella A: PM10 - valori limite per la salute umana

	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite giornaliero	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³

Fonte Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Tabella A: PM2,5 - valore limite per la salute umana

	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
FASE 1				
Valore limite annuale	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 % all'11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1° gennaio 2015
FASE 2				
Valore limite annuale	Anno civile	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1° gennaio 2020

Fonte Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Tabella B: PM2,5 - valore limite di concentrazione aumentato del margine di tolleranza

Periodo di mediazione	Valore limite più margine di tolleranza al 2010
Anno civile	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Inoltre, il decreto legislativo 155 introduce la zonizzazione del territorio nazionale in aree omogenee, l'istituzione di una rete di misura, piani e misure da applicare in caso si verificano superamenti delle soglie limite. Ulteriore importante novità è la redazione degli inventari delle emissioni con il fine di individuare le attività maggiormente responsabili di emissioni in atmosfera.

2.2 Rete di monitoraggio regionale

La zonizzazione del territorio in aree omogenee presentata dall'art. 5 del decreto legislativo 155 è affidata alle regioni e alle provincie autonome sulla base di criteri esposti nel suddetto decreto. La zonizzazione risulta essere un presupposto centrale sul quale si organizza la valutazione della qualità dell'aria che con scopo di valutare il grado di inquinamento dell'aria attraverso misurazioni e altre tecniche di supporto come la modellazione. La suddivisione prioritizza gli agglomerati urbani agli altri tipi di zone, selezionati in base a caratteristiche quali assetto urbanistico, densità abitativa. Mentre le altre zone vengono classificate in base principalmente al carico emissivo, grado di urbanizzazione e caratteristiche orografiche e meteo-climatiche. Il fine di tutto è trovare zone che abbiano uno o più aspetti simili nel determinare i livelli di inquinamento e che possano essere considerate come zone omogenee.

La zonizzazione effettuata da parte della regione Marche viene definita in due tipi di zone:

- Zona A – i livelli di uno o più inquinanti eccedono il valore limite
- Zona B – i livelli degli inquinanti sono inferiori ai valori limite e tali da non comportare il rischio di superamento degli stessi

Come bene si può bene intuire le zone “A” sono maggiormente individuate sulla costa marchigiana là dove risulta una forte urbanizzazione, mentre le zone “B” coprono tutto l'entroterra. Una volta individuate le zone da risanare e quelle da conservare risulta più semplice trovare punti strategici al rilevamento delle emissioni inquinanti a seconda dell'origine delle emissioni. Come detta la normativa le misurazioni sono obbligatorie attraverso la misurazione in siti fissi laddove i valori degli inquinanti sono superiori o compresi all'interno dei limiti citati nel decreto, diversamente posso essere utilizzate tecniche di modellazione nelle zone in qui i valori degli inquinanti sono inferiori alla rispettiva soglia di valutazione inferiore.

La misurazione in siti fissi si compone di centraline per il monitoraggio ambientale con la finalità di rilevare le concentrazioni degli inquinanti localizzate in siti permanenti con campionamenti che possono essere di tipo continuo o discontinuo. Un importante raccomandazione presente sulla normativa è evitare l'inutile eccesso di stazioni di misurazione nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità.

Le stazioni di misurazione possono essere di diverse tipologie basate principalmente sul tipo di zona in cui sono ubicate e al tipo di stazione. Vengono classificate in:

a. Tipo stazione

- **Traffico:** Posizionata in modo tale che i suoi livelli di inquinamento dipendono prevalentemente dalle emissioni provenienti dal traffico presente (strade, superstrade, autostrade);
- **Industriale:** Posizionata in modo tale che i suoi livelli di inquinamento dipendono principalmente dalle emissioni di singole sorgenti industriali in vicinanza, o aree industriali con più sorgenti. Sorgente industriale è preso in senso ampio, includendo anche centrali energetiche, inceneritori e impianti di trattamento rifiuti;
- **Fondo:** Posizionata in modo da avere livelli di inquinamento non direttamente influenzati da alcuna singola sorgente o strada, ma piuttosto dal contributo integrato di tutte le sorgenti che possano raggiungere la stazione (ad esempio il traffico, sorgenti di combustione sottovento rispetto alla stazione, in una città, o tutte le sorgenti circostanti, come città o aree industriali per un'area rurale).

b. Tipo area

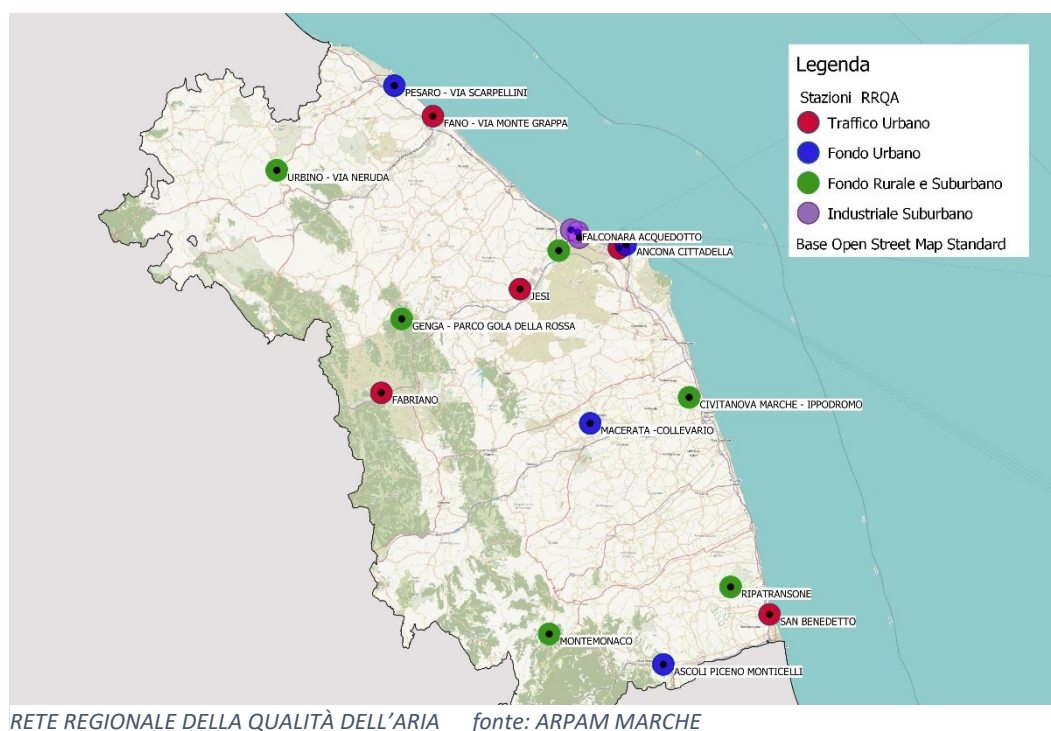
- **Urbana:** Area caratterizzata da urbanizzazione continua, ovvero completa (o molto predominante) presenza di edifici nell'intorno delle strade con almeno due piani, o comunque edifici di grandi dimensioni;
- **Suburbana:** Area caratterizzata da grande urbanizzazione, ovvero insiemi contigui di costruzioni e edifici di ogni misura, con densità inferiore a quella "continua" delle aree urbane. Le zone costruite possono essere vicine ad aree non urbanizzate (agricoltura, laghi, boschi). Si noti che "suburbana" non è intesa nel senso inglese del termine di una zona periferica di città, che è sempre nei pressi di un'area urbana. In questo contesto, un'area può essere definita suburbana senza essere vicina ad un'area urbana;
- **Rurale:** Tutte le aree che non corrispondono ai criteri definiti per le aree urbane o suburbane sono definite come rurali.

La normativa pone anche un numero minimo di punti di misurazione in funzione della zona e delle soglie di valutazione. Nel caso dei PM per le zone in cui si ha il superamento della Soglia di Valutazione Inferiore (SVI) il numero minimo di punti di misurazione sono elencati nell'allegato V- tabella 1 del decreto legislativo. Vista la dipendenza tra PM2.5 e PM10 la norma raccomanda che qualora siano previste misure di PM2.5 e PM10, la misura del PM2.5 sia accompagnata dalla misura del PM10 nello stesso sito almeno in una delle stazioni di fondo della rete regionale minima.

Popolazione dell'agglomerato o della zona (in migliaia di abitanti)	Se la concentrazione massima supera la soglia di valutazione superiore (1) (2)	Se la concentrazione massima è compresa tra la soglia di valutazione superiore e quella inferiore
	Per il PM (3) (somma delle stazioni di PM10 e PM2,5)	Per il PM (3) (somma delle stazioni di PM10 e PM2,5)
0-249	2	1
250-499	3	2
500-749	3	2
750-999	4	2
1000-1499	6	3
1500-1999	7	3
2000-2749	8	4
2750-3749	10	4
3750-4749	11	6
4750-5999	13	6
≥6000	15	7

Allegato 5- tabella 1 del decreto legislativo 155

la rete regionale dal quale abbiamo ricavato i dati sul PM è la rete regionale della qualità dell'aria regione Marche. La rete di monitoraggio delle Marche è composta dai seguenti punti di misurazione riportati in figura:



le stazioni che vengono utilizzate nel nostro caso studio sono quelle relative alle provincie di Pesaro e Urbino, Macerata e Ascoli Piceno elencate di seguito:

- *Pesaro* via Scarpellini – stazione di fondo – zona urbana
- *Urbino* via Neruda – stazione di fondo – zona suburbana
- *Fano* via Monte Grappa – stazione di traffico – zona urbana
- *Macerata* Collevario – stazione di fondo – zona urbana
- *Civitanova Marche* Ippodromo – stazione di fondo – zona rurale
- *Ascoli Piceno* Monticelli – stazione di fondo – zona urbana
- *San Benedetto del Tronto* – stazione di traffico – zona urbana
- *Ripatransone* – stazione di fondo – zona rurale
- *Montemonaco* – stazione di fondo – zona rurale

Altre importanti caratteristiche delle stazioni di misurazione riguardano l'area di rappresentatività delle stazioni di misurazione che devono rispettare i seguenti punti:

- a) tale da rappresentare la qualità dell'aria su un tratto di strada di almeno 100 m in caso di stazioni di traffico;
- b) pari ad almeno 250 m x 250 m, ove tecnicamente fattibile, in caso di stazioni industriali;
- c) pari ad alcuni km² in caso di stazioni di fondo in siti urbani.

Le stazioni di misurazione di fondo in sito fisso rurale non devono essere influenzate da agglomerati o da insediamenti industriali localizzati entro cinque chilometri.

2.3 Particolato primario e secondario

Iniziamo introducendo le definizioni delle frazioni di particolato da noi trattate nello studio, così come sono descritte nell'articolo 2 del decreto legislativo 155/2010:

- **PM10:** il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM10 (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 10 μm ;
- **PM2.5:** il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM2,5 (norma UNI EN 14907), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 2,5 μm ;

Per particolato primario intendiamo quello derivante direttamente dalle emissioni in atmosfera da parte di sorgenti antropiche o naturali nella sua forma finale. Sorgenti naturali generalmente sono aerosol marino, erosione del vento sulle rocce, incendi di foreste ed altro. Le sorgenti di natura antropica risultano essere la combustione, il riscaldamento residenziale e di altro genere, il trasporto su gomma, le emissioni derivanti dai cantieri ed ecc.

Il particolato primario risulta essere composto per lo più da particolato detto "grossolano", avente un intervallo in diametro aerodinamico che va da 2.5 μm a 10 μm . Il particolato ha una permanenza in atmosfera tanto maggiore quanto minore è la sua dimensione [1]. Sebbene definito "grossolano" le dimensioni del PM10 sono tali da conferirgli lunghi tempi di residenza in atmosfera con la possibilità di essere trasportato a lunghe distanze dal punto di origine. Il PM10 inoltre risulta essere molto dannoso per la salute umana tanto che viene associato all'incremento di mortalità e ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie e cardiovascolari nella popolazione generale [2]. Il PM10 infatti fa parte della frazione inalabile, cioè è in grado di penetrare nelle vie respiratorie. La dannosità del particolato per la salute aumenta al diminuire delle dimensioni delle particelle, questo è dovuto al fatto che queste hanno possibilità maggiore di raggiungere zone più profonde del sistema respiratorio. Riportiamo in

seguito un'immagine esplicativa della gravità dovuta alla esposizione da particolato atmosferico in relazione al diametro aerodinamico.

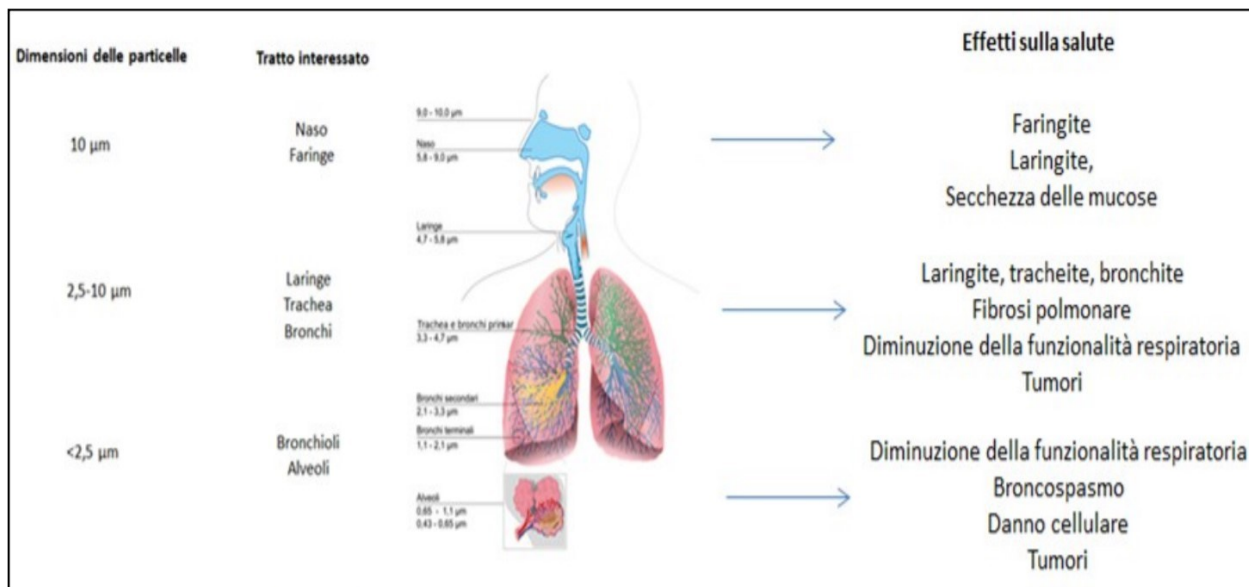


Figura 1 - Principali effetti del particolato sull'albero respiratorio

FONTE : Rapporto sulla qualità dell'ambiente anno 2016 ISPRA

Con il termine particolato secondario ci riferiamo alla frazione di particolato che si origina in atmosfera dalla reazione di altre specie inquinanti. Le sostanze dal quale si forma il particolato secondario vengono denominate con il termine di “precursori” e tipicamente sono biossidi di zolfo (SO_2), ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca (NH_3) e composti organici volatili (VOC). I precursori del particolato secondario, sono dunque tutte specie gassose.

Il particolato di origine secondaria va a formare la frazione di particolato fine o particolato di accumulazione, identificato dalle particelle con diametro aerodinamico $d_a \leq 2.5 \mu\text{m}$. Simile al PM10 anche il PM2.5 ha sia origine antropiche che naturali, nel caso di sorgenti antropiche possiamo ben notare che parte degli inquinanti precursori (NO_x SO_2 VOC) risultano essere provenienti da attività come il trasporto su strada, combustione residenziale, produzione di energia ed agricoltura per citarne alcune, mentre le sorgenti naturali possono essere quelle derivanti da incendi boschivi ed altre attività non connesse ad attività umane.

Dal punto di vista della dannosità sulla salute umana il PM2.5 risulta essere più pericoloso data la sua capacità di penetrare nelle vie respiratorie fino a profondità che raggiungono gli alveoli polmonari, con la possibilità di provocare patologie più gravi sulle persone esposte [3], come riportato dalla figura sopra. Inoltre la sua pericolosità viene associata anche alla maggiore superficie specifica che a parità di peso gli permette di poter trasportare maggiori sostanze nocive a confronto con particelle di dimensioni maggiori. Poiché le particelle con $d_a \leq 2.5 \mu\text{m}$ risultano essere più leggere

rispetto alle PM10, queste vengono trasportate ancora più facilmente e ancor più lontano dagli agenti atmosferici rispetto ai loro punti di formazione in atmosfera [1].

2.4 Rapporto PM2.5/PM10

Poiché la frazione PM10 include quella PM2.5, il rapporto tra le concentrazioni delle due grandezze di particolato, quella con $d_a \leq 2.5 \mu\text{m}$ e $d_a \leq 10 \mu\text{m}$ ci permette di conoscere quale dimensione delle particelle è maggiormente presente in atmosfera. Il rapporto varia anche in funzione del tipo di area e del tipo stazione utilizzata nel punto di misurazione, per cui è possibile avere valori minimi e massimi del rapporto ricadenti in diversi periodi dell'anno a seconda della zona e della stazione che stiamo osservando [4].

Dal rapporto tra le due frazioni di particolato ci si aspetta sempre delle variazioni che possono essere osservabili sia a breve che a lungo termine [5]. Per breve termine ci riferiamo alle variazioni delle concentrazioni durante il giorno usando le medie orarie. Mentre quando si analizzano le variazioni a lungo periodo si osservano su un arco temporale che può avere durata mensile o stagionale riferito alle concentrazioni medie giornaliere. Le variazioni delle concentrazioni orarie e giornaliere possono essere causate sia da fattori antropici come la diminuzione o l'aumento del trasporto su strada, orari di attività delle fabbriche oppure associate a cause naturali da attribuire alle condizioni meteorologiche che influenzano più di ogni altro fattore la dispersione degli inquinanti. Un risultato atteso è la variazione stagionale del rapporto PM2.5/PM10 da associare ai parametri climatici quali velocità del vento, temperatura, umidità caratteristici di ogni stagione.

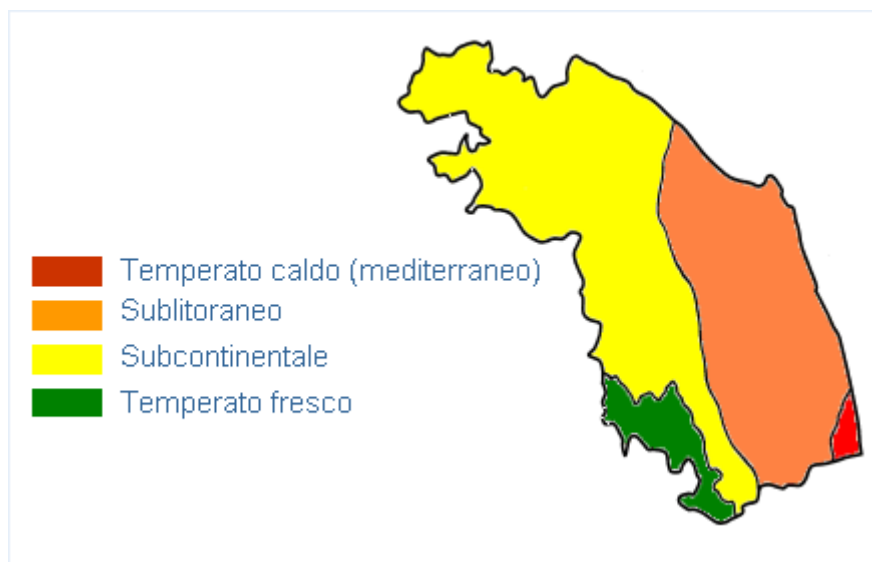
2.5 PM e condizioni meteo

Le concentrazioni del particolato atmosferico così come quelle delle altre specie inquinanti emesse in atmosfera hanno una forte correlazione con le condizioni meteo. [6]. Le condizioni meteorologiche di una zona influenzano la dispersione degli inquinanti in atmosfera, per via delle condizioni di stabilità atmosferica che si vanno a creare in relazione ai parametri climatici quali vento, temperatura, umidità, pressione atmosferica e precipitazioni.

Più precisamente la dispersione degli inquinanti nell'aria è da associare alla turbolenza atmosferica, cioè al rimescolamento delle masse d'aria. La turbolenza atmosferica

varia a seconda che sia stata originata dal vento o dalla temperatura. La turbolenza originata dal vento viene chiamata turbolenza meccanica sviluppata dall'attrito che si crea al passaggio di masse d'aria sopra la superficie del suolo. La turbolenza legata alla temperatura prende il nome di turbolenza termica ed è dovuta alle correnti ascendenti di aria calda. Come ben si può intuire essendo la stabilità atmosferica dipendente dalla turbolenza atmosferica creata dalle variabili meteorologiche, la stabilità atmosferica può essere associata in maniera diretta alle variabili meteorologiche. Infatti esiste una classificazione delle condizioni di stabilità atmosferica proposta da Pasquill e Gifford che varia a seconda del giorno o della notte in relazione alle *condizioni del cielo* e alla *velocità del vento*. Siccome per ogni stagione dell'anno abbiamo differenti valori dei parametri climatici quali temperatura, precipitazione, velocità del vento ed altri ancora, è facile prevedere che avremo diverse condizioni di stabilità che porteranno ad una dispersione degli inquinanti dipendente dalla stabilità atmosferica caratteristica di ogni stagione. Questo chiarisce il fatto per il quale durante l'anno abbiamo una differente concentrazione degli inquinanti anche nel caso di sostanziale invarianza delle emissioni.






Fare un inquadramento climatico della zona di interesse servendoci della classificazione del climatologo russo W. Köppen risulta molto utile al nostro studio. Riportiamo la classificazione riguardante la regione Marche ripresa dal sito del Centro di Ecologia e Climatologia – OGSM.








Fonte: Osservatorio Geofisico Sperimentale Macerata - OGSM

Focalizzandoci in maniera più specifica sul clima nelle provincie di nostro interesse quali Pesaro-Urbino, Macerata e Ascoli Piceno riportiamo in formato tabellare una raccolta dati rappresentate la temperatura media mensile ed annuale, i millimetri di pioggia stagionali ed annuali ed altri dati climatici caratteristici delle zone interessate.





Pesaro

	 Tmed	 Elio	 Umid	 Prec	 Ngg prec
Dicembre	5,6	2,6	82	183	23
Gennaio	4,0	2,6	81		
Febbraio	5,4	3,7	79	185	23
Marzo	8,5	4,4	75		
Aprile	12,2	5,9	71		
Maggio	16,3	7,8	70	171	16
Giugno	20,0	8,7	66		
Luglio	22,7	10,2	63		
Agosto	22,3	8,9	66		
Settembre	19,2	7,1	73	237	23
Ottobre	14,6	5,0	79		
Novembre	9,5	3,1	82		
Anno	13,4	5,8	73,6	776	85

Macerata

	 Tmed	 Elio	 Umid	 Prec	 Ngg prec
Dicembre	6,6	3,1	80	188	26
Gennaio	5,1	3,3	77		
Febbraio	6,1	4,1	72	196	25
Marzo	8,7	4,8	68		
Aprile	12,2	6,1	70		
Maggio	16,9	8,0	69	188	18
Giugno	20,8	8,6	63		
Luglio	23,6	10,1	58		
Agosto	23,3	8,8	59		
Settembre	20,1	7,1	70	232	24
Ottobre	15,0	5,4	79		
Novembre	9,9	3,6	82		
Anno	14,0	6,1	70,4	804	93

Ascoli Piceno

	 Tmed	 Umid	 Prec	 Ngg prec
Dicembre	7,7	81	194	24
Gennaio	6,3	73		
Febbraio	7,2	69	203	25
Marzo	9,6	66		
Aprile	12,9	71		
Maggio	17,2	70	170	19
Giugno	21,1	59		
Luglio	23,9	56		
Agosto	23,8	59		
Settembre	20,7	70	236	24
Ottobre	15,9	78		
Novembre	11,0	80		
Anno	14,8	69,3	803	92

legenda

- Tmed:** temperatura media in °C
- Elio:** numero medio giornaliero delle ore di sole (eliofania)
- Umid:** umidità relativa media in %
- Prec:** precipitazioni cumulate in mm
- Ngg prec:** numero di giorni con precipitazioni

Fonte: Osservatorio Geofisico Sperimentale Macerata - OGSM

Osservando i dati si può notare una similarità di valori come la temperatura media, i valori di precipitazione in millimetri. La piovosità significativa di questi luoghi può essere associata a fenomeni di “wash-out” delle particelle nel caso di pioggia, cioè alla rimozione di polveri dall’atmosfera per deposizione umida a seguito di fenomeni di precipitazione.

Risultati

3.1 Raccolta dati PM

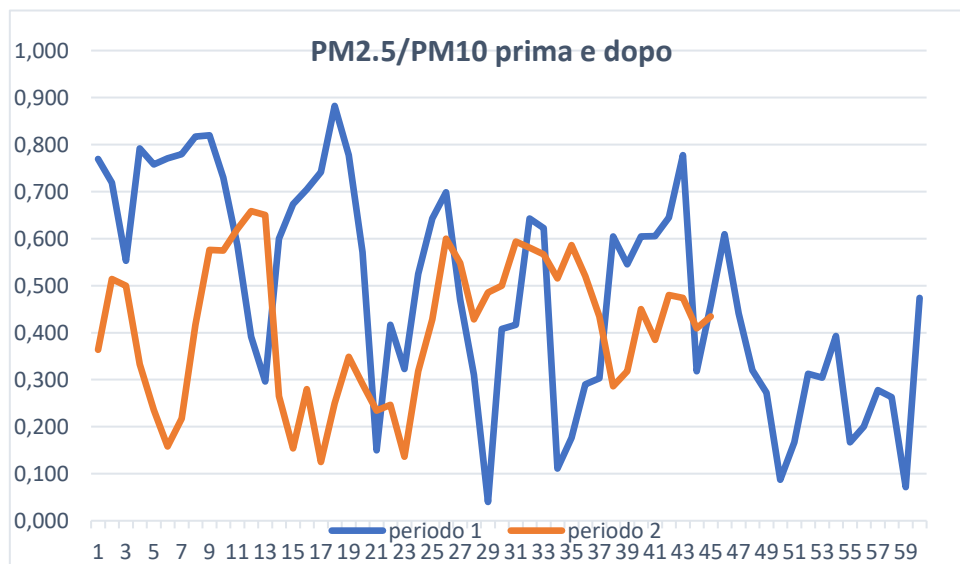
Riportiamo i dati derivanti dalle stazioni di misurazione nella provincia di Pesaro e Urbino. Nella stazione di misura degli inquinanti di Pesaro valutiamo il rapporto PM2.5/PM10 mentre nelle stazioni di Urbino e Fano valutiamo solo le concentrazioni di PM10 dovuto al fatto che le stazioni non sono adibite alla misurazione di PM2.5.

I periodi di osservazione scelti:

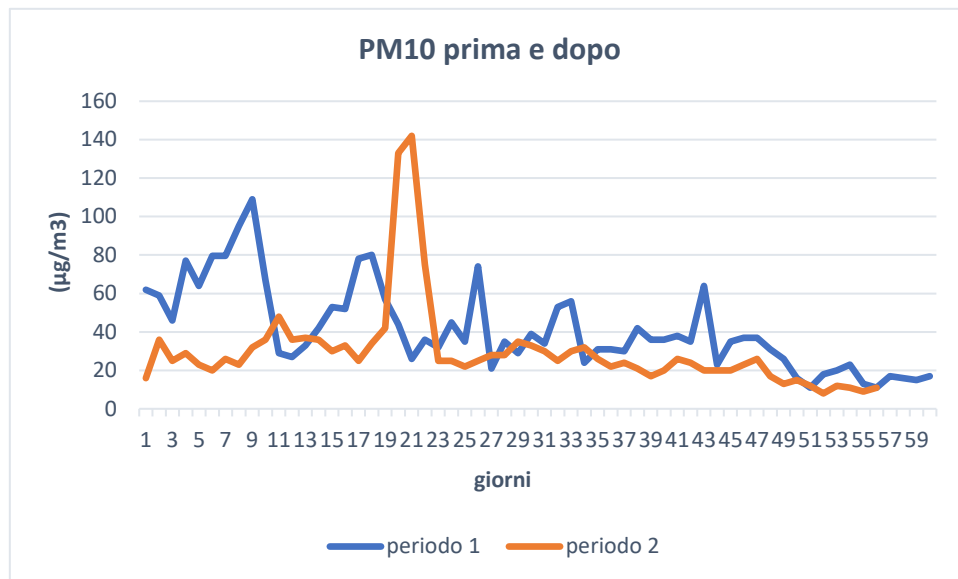
- periodo 1 = (08/01/2020 - 07/03/2020)
- periodo 2 = (09/03/2020 – 03/05/2020)

i periodi sono stati selezionati in base al primo giorno di lockdown 09/03/2020 ed all'inizio della fase due 04/05/2020.

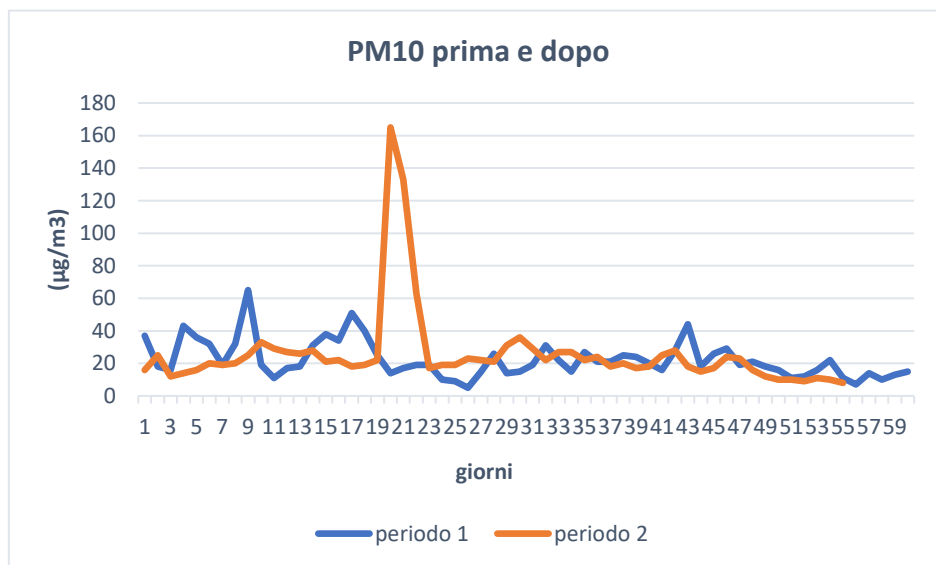
Pesaro via Scarpellini – stazione di fondo – zona urbana



Urbino via Neruda– stazione di fondo – zona suburbana

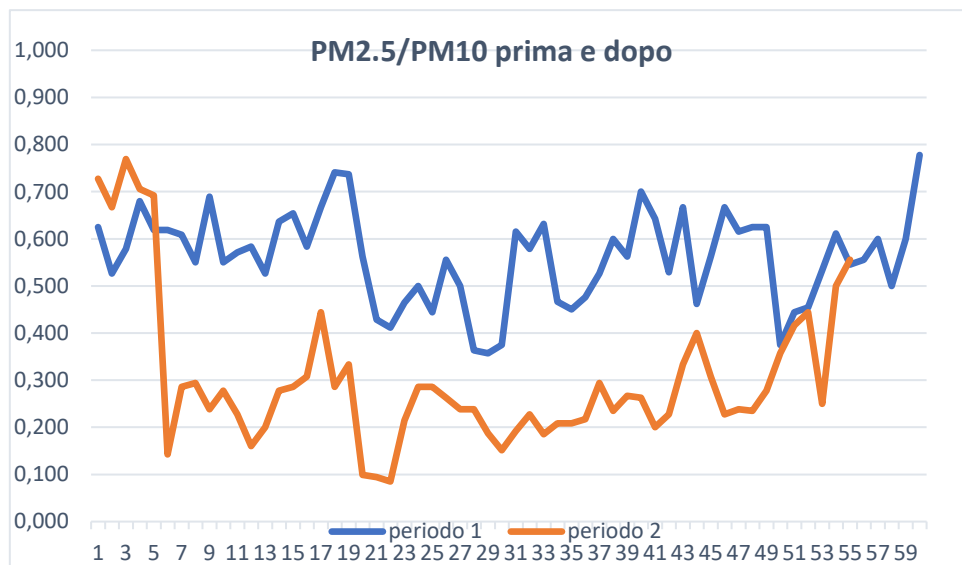


Fano via Monte Grappa– stazione di traffico – zona suburbana

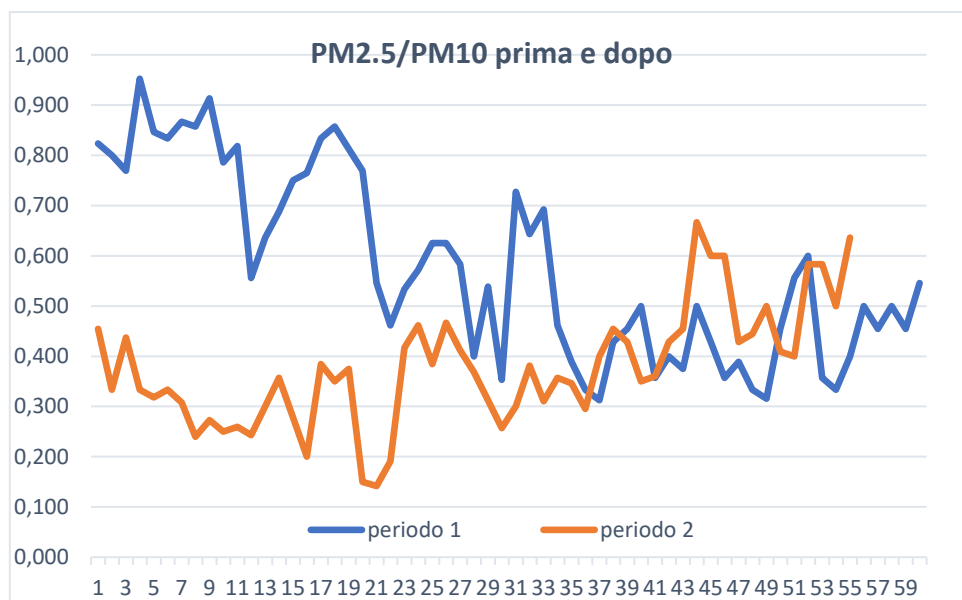


Adesso riportiamo i dati che riguardano l'andamento del rapporto PM2.5/PM10 nella provincia di Macerata, composta da due stazioni di fondo, sempre nei periodi 1 e 2 citati in precedenza.

Macerata Collevario – stazione di fondo – zona urbana



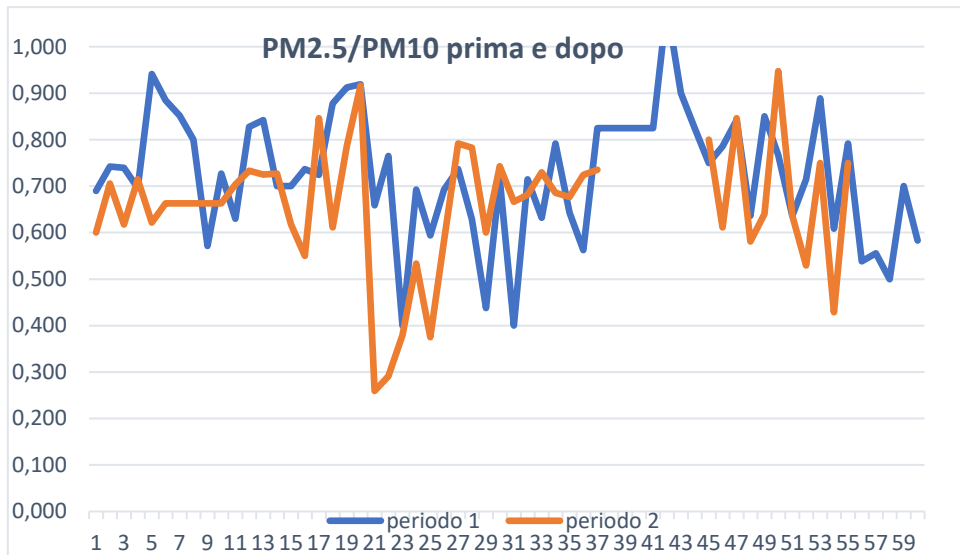
Civitanova Marche Ippodromo – stazione di fondo – zona rurale



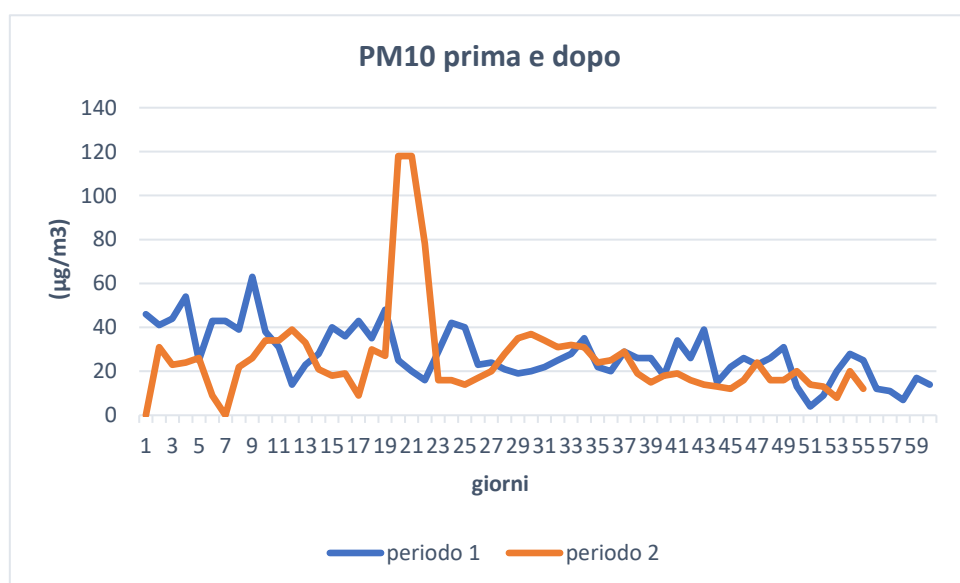
In ultimo esponiamo i dati raccolti dalle stazioni di misurazione nella provincia di Ascoli Piceno composta da tre stazioni di fondo ed una di traffico. Nella stazione di Ascoli Piceno e Ripatransone osserviamo il rapporto PM2.5/PM10 durante i periodi 1

e 2 mentre nelle stazioni di San Benedetto del Tronto (non adibita alla misurazione del PM2.5) e di Montemonaco (dati sul PM2.5 mancanti nel periodo 2) abbiamo solo l'andamento del PM10 durante i periodi trattati.

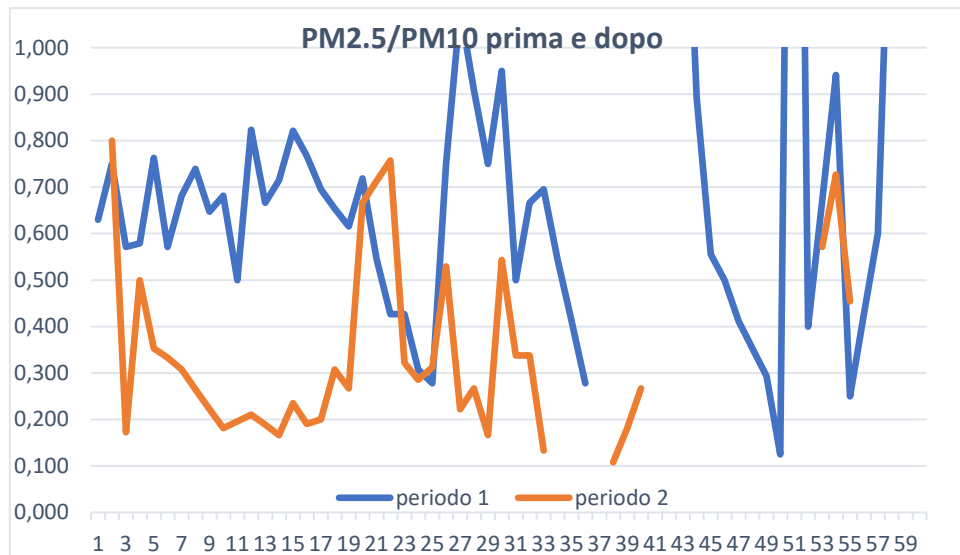
Ascoli Piceno Monticelli – stazione di fondo – zona urbana



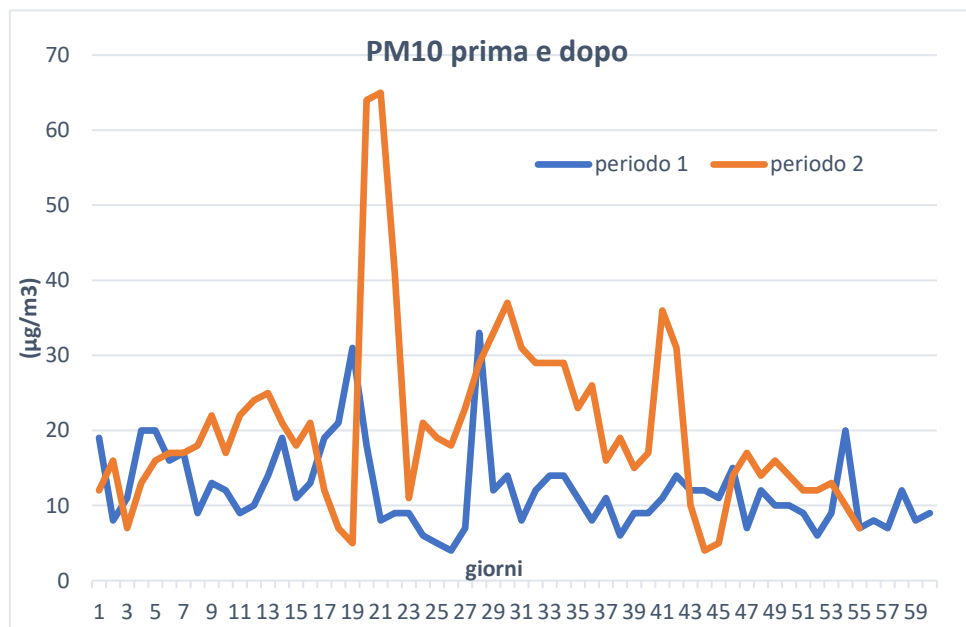
San Benedetto del Tronto – stazione di traffico – zona urbana



Ripatransone – stazione di fondo – zona rurale



Montemonaco – stazione di fondo – zona rurale

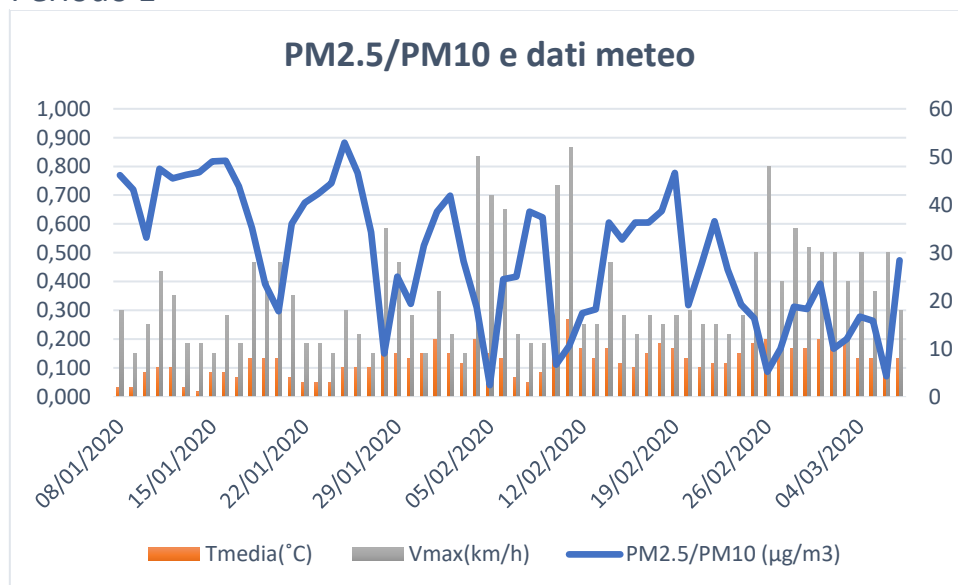


3.2 Raccolta dati meteo

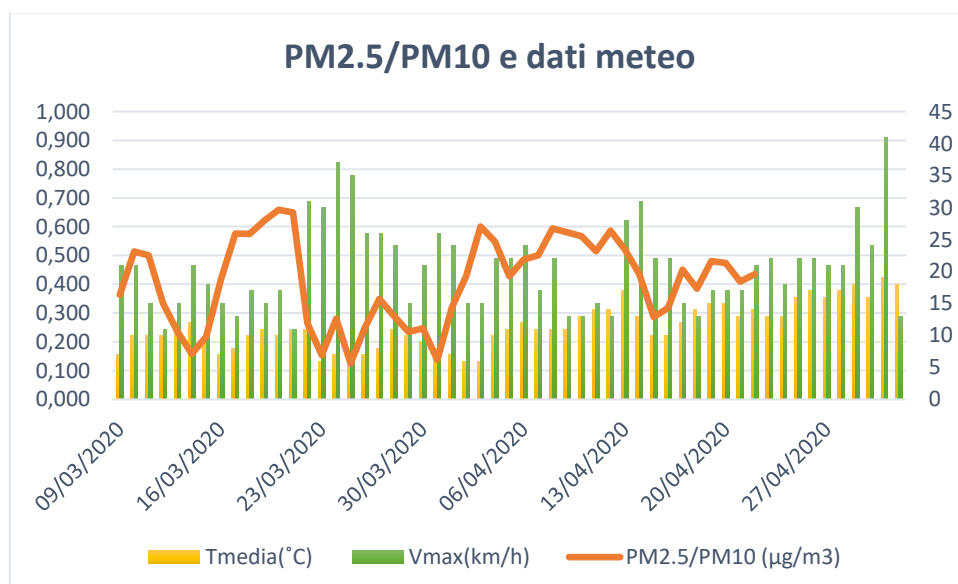
In questo paragrafo riportiamo l'andamento delle concentrazioni di PM2.5 e PM10 al variare dei parametri climatici quali velocità massima giornaliera (km/h) e temperatura media giornaliera (°C) durante i periodi di osservazione 1 = (08/01/2020 - 07/03/2020) e 2 = (09/03/2020 - 03/05/2020). Siccome la reperibilità dei dati meteo storici nella provincia di Ascoli Piceno è risultata molto più complicata rispetto alle province di Pesaro-Urbino e Macerata, abbiamo ritenuto di considerare i dati meteorologici in nostro possesso applicabili solo alla stazione di San Benedetto del Tronto. La fonte dei dati meteo maggiormente utilizzata è stata la sezione archivio del sito ilmeteo.it mentre, qualora fossero disponibili, i dati sono stati presi direttamente dalle stazioni di misurazione dell'Arpa Marche.

Pesaro via Scarpellini – stazione di fondo – zona urbana

Periodo 1

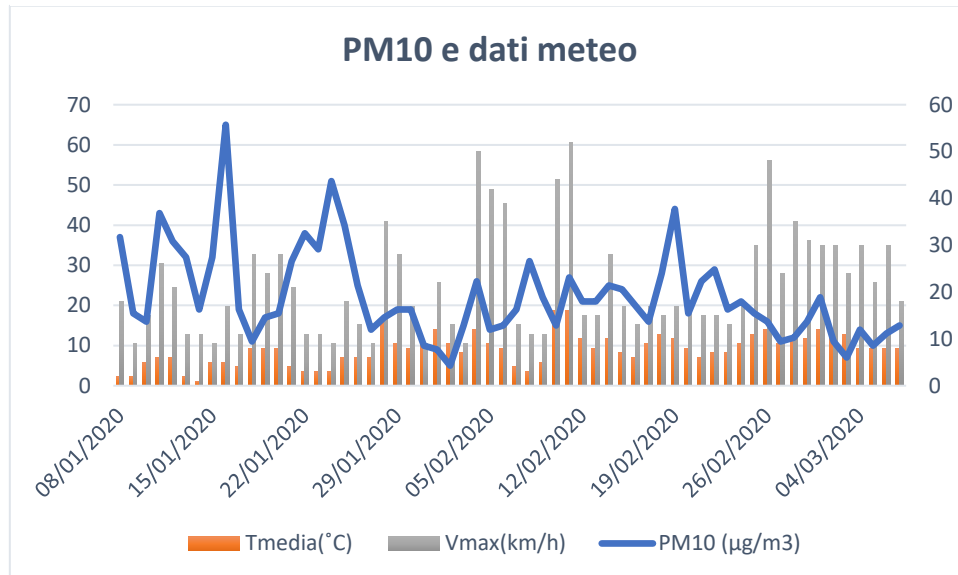


Periodo 2

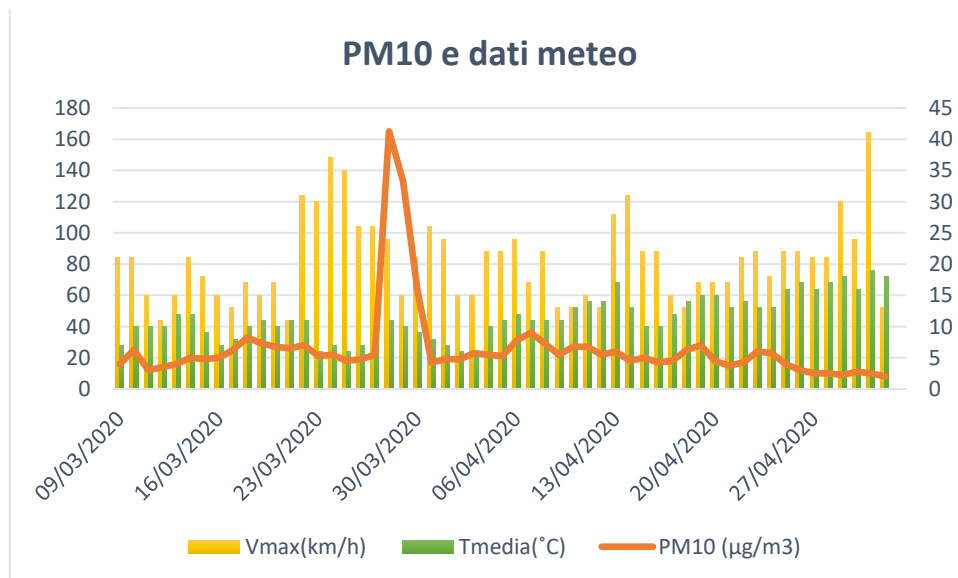


Urbino via Neruda– stazione di fondo – zona suburbana

Periodo 1

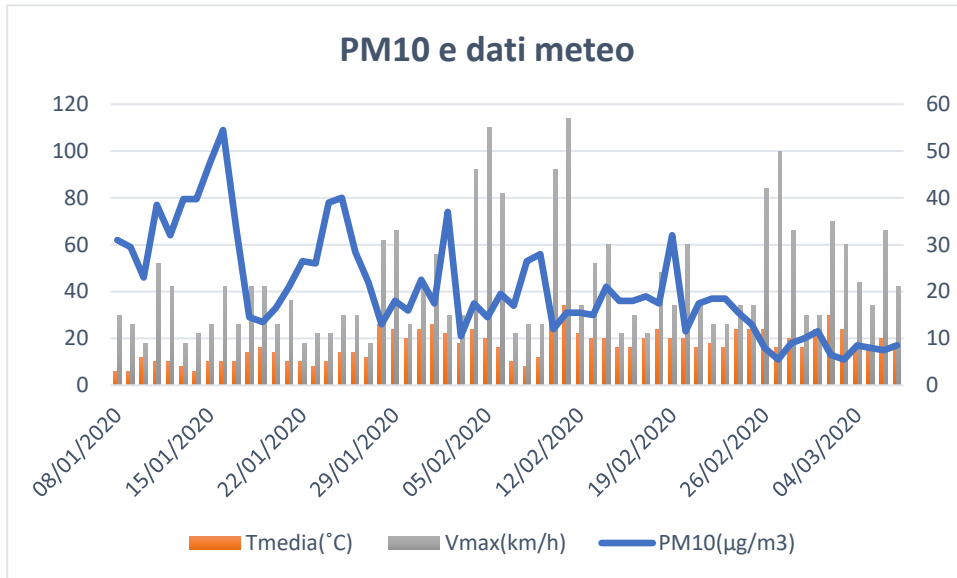


Periodo 2

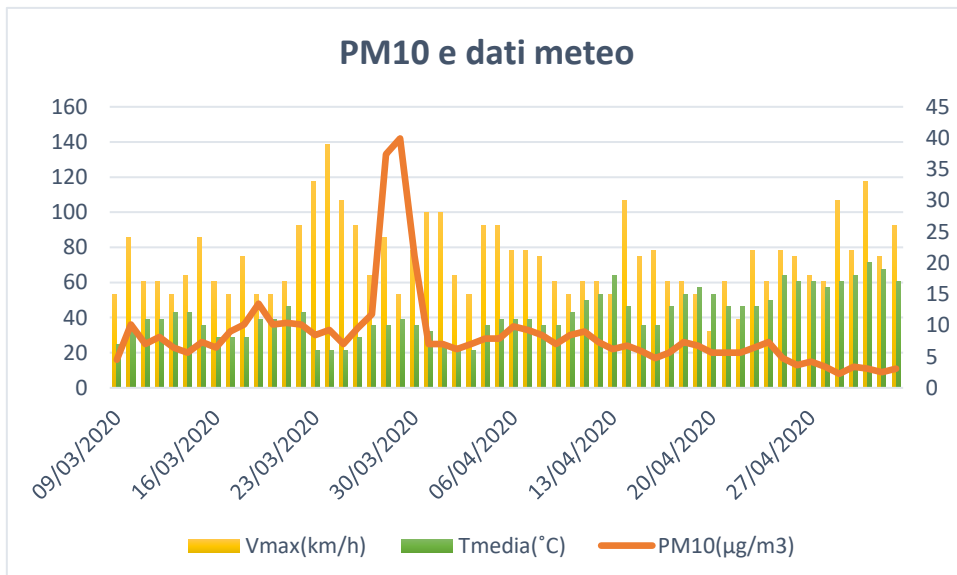


Fano via Monte Grappa– stazione di traffico – zona suburbana

Periodo 1

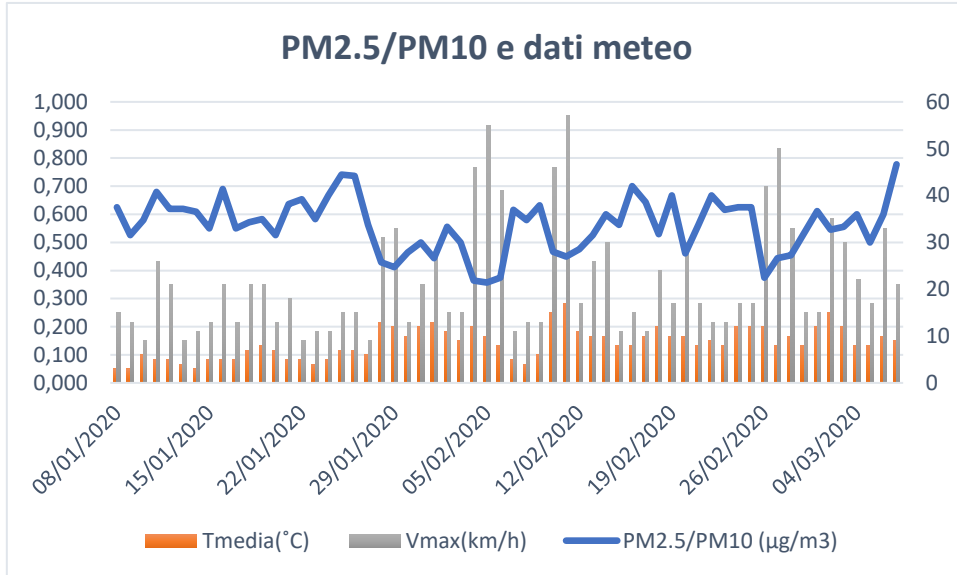


Periodo 2

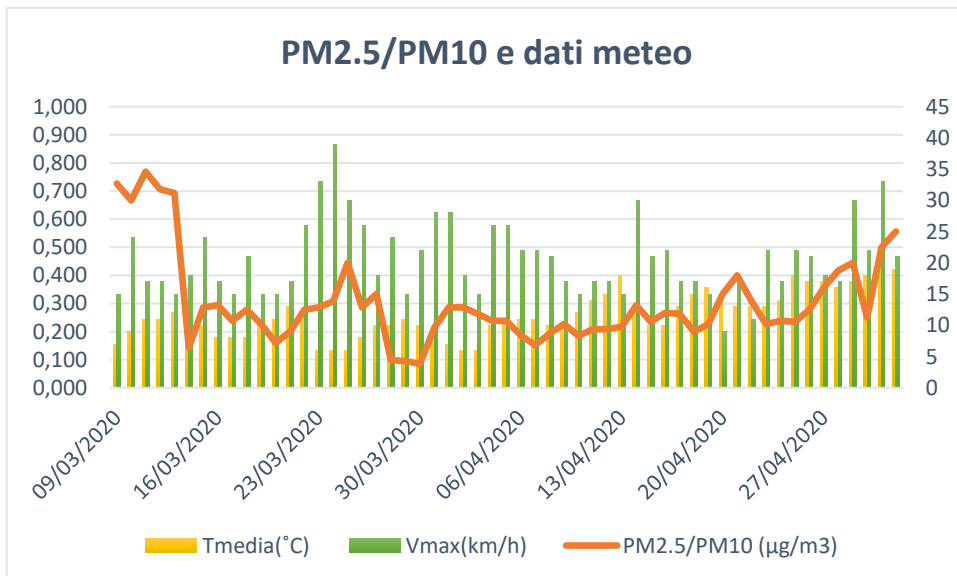


Macerata Colleverario – stazione di fondo – zona urbana

Periodo 1

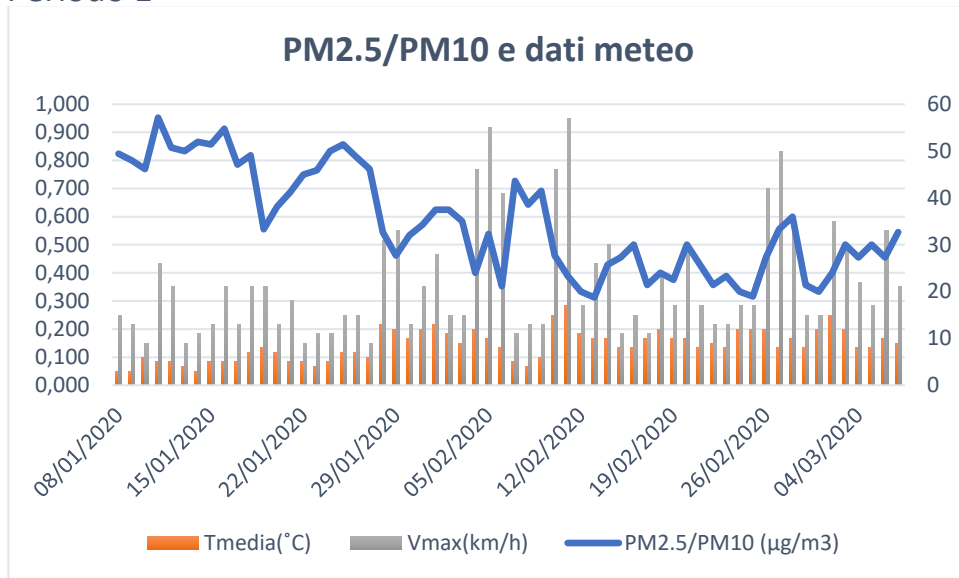


Periodo 2

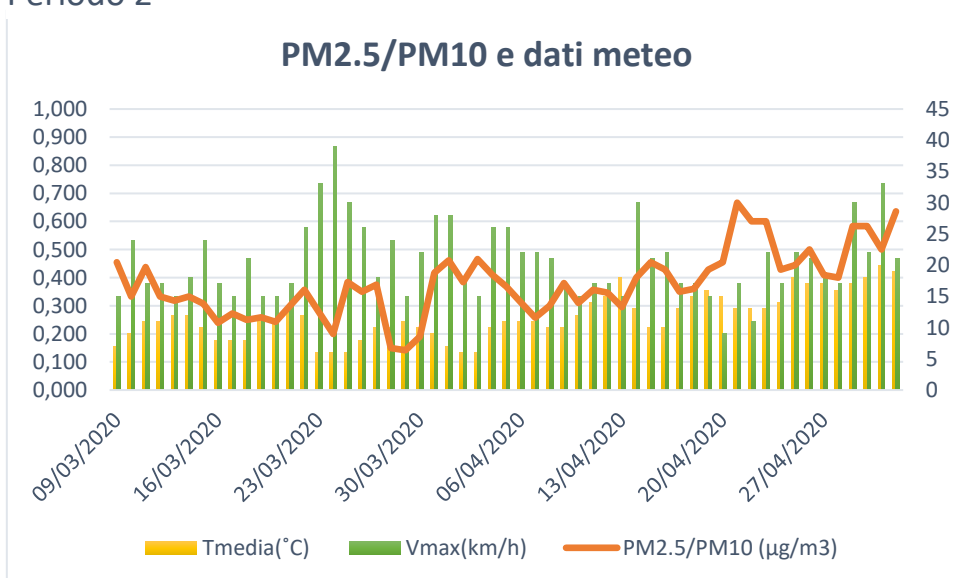


Civitanova Marche Ippodromo – stazione di fondo – zona rurale

Periodo 1

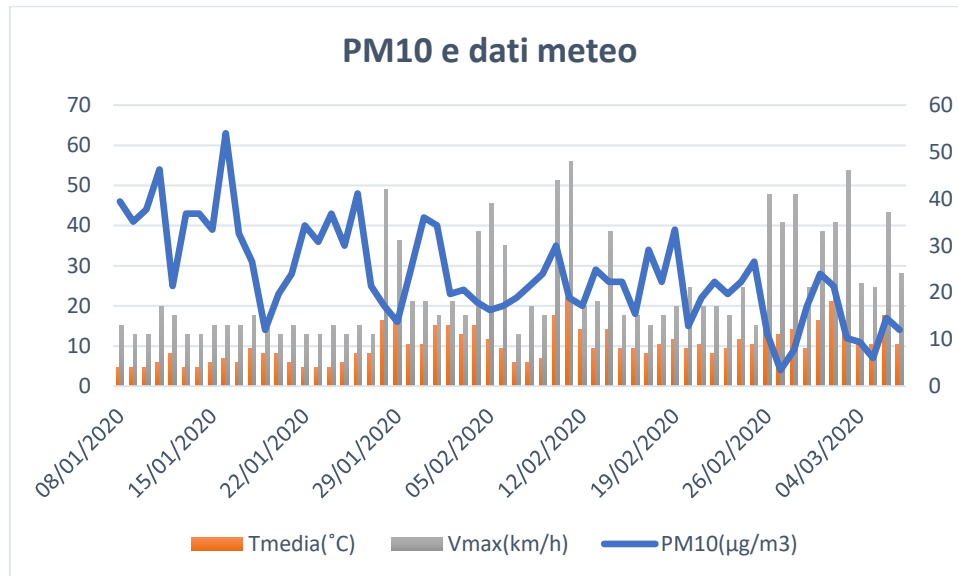


Periodo 2

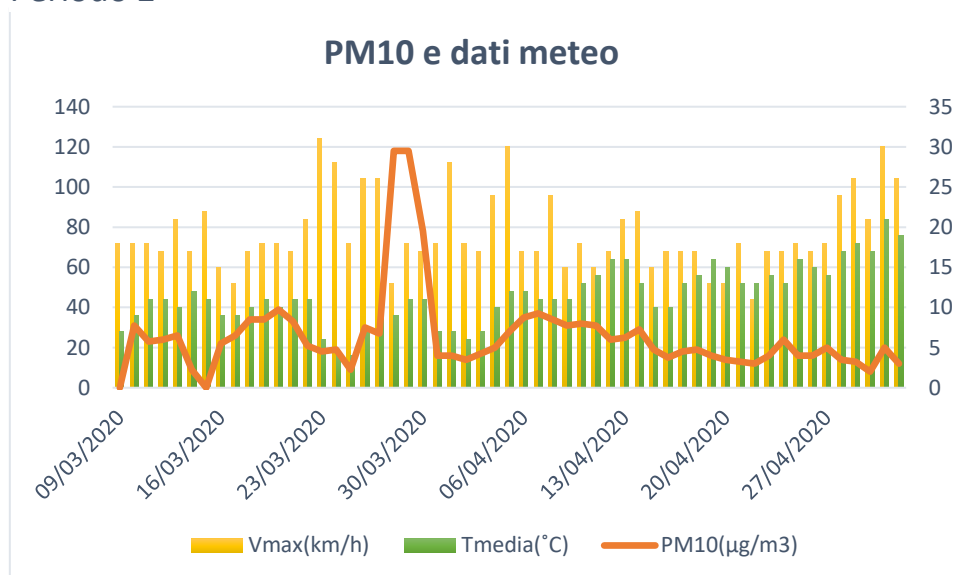


San Benedetto del Tronto – stazione di traffico – zona urbana

Periodo 1

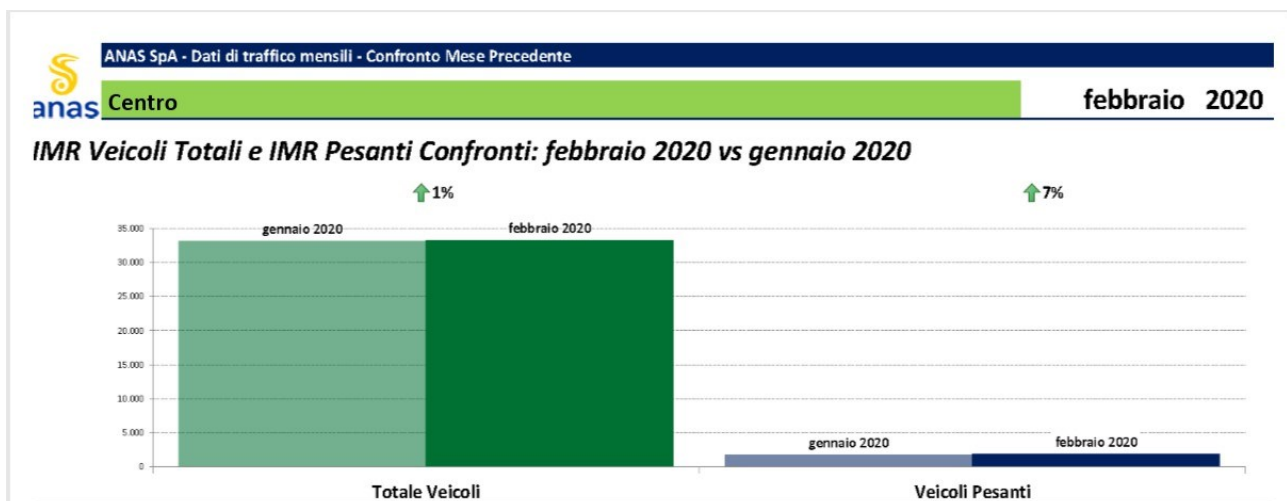


Periodo 2

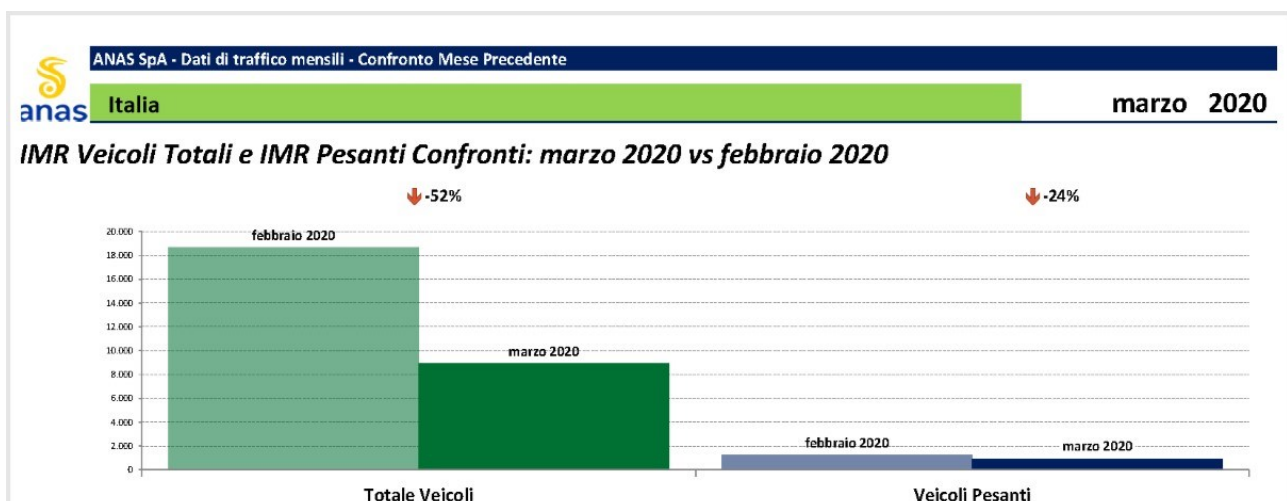


3.3 Raccolta dati su riduzione attività

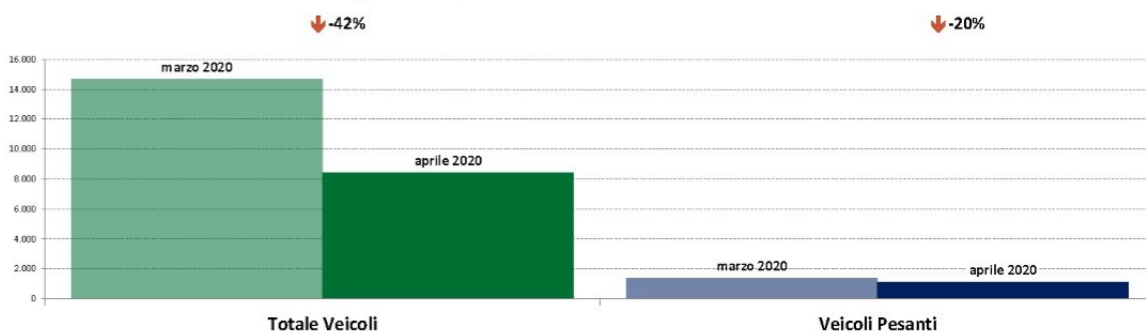
A sostegno dei dati sul PM riportiamo anche alcuni dati sul traffico, reperibili dalle compagnie responsabili della gestione e manutenzione della maggior parte dei chilometri stradali e autostradali della rete stradale italiana. Le compagnie interessate dalla raccolta dati sono ANAS e Autostrade per l'Italia. Nelle Marche la società ANAS è responsabile del tratto stradale SS16 che collega la regione da sud a nord mentre la compagnia Autostrade per l'Italia è responsabile del tratto autostradale E55 anch'esso collegante la regione da sud a nord. Abbiamo dedicato maggiore attenzione a questi tronchi stradali perché risultano essere le strade più trafficate della regione, ma anche per il fatto che le stazioni di traffico facenti parte della raccolta dati sul PM localizzate a San Benedetto del Tronto e Fano sono installate a ridosso di questi tratti stradali. I dati ANAS sul traffico sono caratteristici del centro Italia, mentre quelli della società Autostrade per l'Italia è un dato generale riguardante la decrescita mensile del traffico in Italia su tutta la rete stradale e autostradale da loro gestita.



Fonte: ANAS SpA – Osservatorio del Traffico IMR-Indice di Mobilità Rilevata= [veicoli/giorno]



Fonte: ANAS SpA – Osservatorio del Traffico IMR-Indice di Mobilità Rilevata= [veicoli/giorno]

IMR Veicoli Totali e IMR Pesanti Confronti: aprile 2020 vs marzo 2020


Fonte: ANAS SpA – Osservatorio del Traffico

IMR-Indice di Mobilità Rilevata= [veicoli/giorno]

2020 Traffic Performance

Preliminary figures Change vs equivalent week of 2019	TOLL ROADS					AIRPORTS	
	Italy (ASPI)	Spain (Abertis)	France (Abertis)	Brazil (Atlantia + Abertis)	Chile (Atlantia + Abertis)	ADR (FCO+CIA)	NICE
	ADT	ADT	ADT	ADT	ADT	pax	pax
YTD (1/1/2020 to 24/5/2020)	-41,2%	-38,3%	-36,0%	-14,1%	-28,0%	-60,9%	-58,2%
week 21	-45,9%	-61,1%	-51,1%	-22,5%	-61,5%	-96,9%	-98,4%
week 20	-54,1%	-64,9%	-49,6%	-23,5%	-50,9%	-97,7%	-98,4%
week 19	-57,2%	-68,6%	-67,7%	-25,5%	-42,9%	-97,9%	-98,9%
week 18	-74,3%	-74,9%	-74,6%	-26,7%	-48,3%	-98,3%	-99,2%
week 17	-81,0%	-76,6%	-78,1%	-37,4%	-47,9%	-98,5%	-99,3%
week 16	-84,3%	-81,8%	-83,4%	-43,3%	-52,4%	-98,7%	-99,5%
week 15	-80,8%	-84,8%	-82,2%	-41,1%	-62,7%	-98,6%	-99,5%
week 14	-81,5%	-79,5%	-81,3%	-42,4%	-59,2%	-97,2%	-99,2%
week 13	-80,9%	-73,4%	-79,6%	-47,0%	-57,2%	-94,9%	-97,6%
week 12	-75,1%	-66,9%	-58,8%	-16,1%	-36,7%	-93,7%	-80,8%
week 11	-59,9%	-22,0%	-11,4%	4,1%	-10,2%	-81,1%	-48,8%
week 10	-23,6%	-3,0%	-10,1%	-2,8%	-9,5%	-55,6%	-19,2%
week 9	-17,3%	2,1%	-1,3%	-4,2%	-5,5%	-32,6%	-0,2%
week 8	0,0%	5,0%	3,6%	14,3%	-5,6%	-7,3%	2,1%
week 7	-0,5%	2,9%	0,6%	4,5%	-6,5%	-8,4%	4,9%
week 6	-0,2%	3,2%	-1,4%	1,1%	-6,4%	-8,5%	-5,5%
week 5	6,5%	8,1%	9,0%	2,2%	-9,2%	-3,0%	8,0%
week 4	2,9%	1,0%	10,2%	1,4%	-5,3%	-0,6%	3,8%
week 3	0,9%	2,5%	5,9%	2,9%	-7,5%	-1,3%	3,5%
week 2	2,9%	-0,8%	4,4%	2,1%	-8,0%	3,5%	5,0%

Discussione

Introduciamo una tabella riassuntiva dei dati raccolti dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria nelle stazioni di misurazione citate in precedenza. La tabella mostra i valori medi delle concentrazioni di PM10 e PM2.5 nel periodo 1-(gennaio-febbraio) e 2-(marzo-aprile), il valore medio del rapporto PM2.5/PM10 ed infine il numero di superamenti del valore limite giornaliero del PM10.

Stazioni di misura	Periodo 1				Periodo 2			
	PM10	PM2.5	PM2.5/PM10	>v.l.g.PM10	PM10	PM2.5	PM2.5/PM10	>v.l.g.PM10
Pesaro	40,2	23,9	0,487	17	33,0	12,2	0,411	3
Urbino	22,3	-	-	2	25,8	-	-	3
Fano	41,3	-	-	16	29,8	-	-	3
Macerata	17,1	9,7	0,562	0	21,4	5,2	0,304	2
Civitanova Marche	14,0	8,1	0,579	0	23,8	7,6	0,378	3
Ascoli Piceno	22,7	17,1	0,728	1	28,5	16,9	0,657	3
San Benedetto	27,8	-	-	2	26,7	-	-	3
Ripatransone	17,5	13,0	0,685	0	24,1	8,2	0,337	3
Montemonaco	12,1	4,9	0,410	0	20,6	-	-	2

PM10 = media delle concentrazioni giornaliere nel periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

PM2.5 = media delle concentrazioni giornaliere nel periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

PM2.5/PM10 = media dei rapporti giornalieri nel periodo

>v.l.g.PM10 = numero di superamenti del valore limite giornaliero 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

“ - ” = dato mancante

Dalla lettura dei dati è interessante notare come il valore medio del PM10 nel periodo 2 registra un aumento in quasi tutte le stazioni prese in considerazione nello studio ad esclusione di Pesaro e Fano che subiscono una riduzione. Le stazioni di Pesaro e Fano registrano le massime concentrazioni medie del PM10 nel periodo 1 superando il valore limite annuale ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) e raggiungendo il numero di 17 (Pesaro) e 16 (Fano) superamenti del valore limite giornaliero ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) solamente nel mese di gennaio e febbraio (numero superamenti consentiti durante l'anno – 35). Caratteristica comune di queste stazioni è che sono entrambe installate in zona urbana.

Nel caso del PM2.5 si ha una riduzione del valor medio tra il primo periodo ed il secondo significativa in tutte le stazioni, escluse le stazioni non adibite alla misurazione delle concentrazioni del PM2.5 o che hanno subito dei guasti durante i periodi di osservazione. Da notare la riduzione di quasi il 50% del valor medio di PM2.5 registrata nelle stazioni di Pesaro e Macerata (entrambe localizzate in zona urbana).

Osservando il rapporto PM2.5/PM10 risulta evidente che la provincia che ha subito la riduzione maggiore è quella di Macerata composta da due stazioni di fondo quella di Macerata – zona urbana e Civitanova Marche – zona rurale, registrando una riduzione del 45% a Macerata e del 35% a Civitanova Marche. Una decrescita importante l'ha avuta anche la stazione di Ripatransone-zona rurale situata nella provincia di Ascoli Piceno. Invece le stazioni con una diminuzione lieve del rapporto sono state Pesaro ed Ascoli Piceno.

Analizzando il numero di superamenti del valore limite giornaliero del PM10 nel primo periodo risultano essere di natura isolata non correlabili ad alcuna causa comune, mentre i superamenti del valore limite giornaliero avvenuti nel periodo due sono stati registrati da tutte le stazioni della rete regionale di monitoraggio regionale, superamenti tutti ricadenti nello stesso arco temporale che va dal 28/03/2020 al 30/03/2020. I picchi di PM10 sono stati registrati prevalentemente in tutta la penisola italiana nel periodo che va dal 28 al 31 di marzo è risultano essere causati da fenomeni di trasporto long-range di polvere di origine desertica proveniente da East. I picchi delle concentrazioni di PM10 registrati nelle stazioni di monitoraggio regionale durante il periodo che va dal 28/03/2020 al 29/03/2020 hanno raggiunto valori superiori ai $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in quasi tutta la rete registrando un calo solo nella giornata del 30/03/2020 conservando le concentrazioni ancora sopra il valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Detto ciò, si può intuire come i valori medi delle concentrazioni di PM10 nel periodo 2 sono stati largamente influenzati dagli alti valori registrati durante il periodo citato in precedenza.

Conclusioni

Dall'analisi fatta sui dati raccolti risulta evidente come durante il periodo del "lockdown", più precisamente nei mesi di marzo e aprile 2020, non solo siano diminuite le concentrazioni del particolato aerodisperso, ma anche il rapporto tra PM di origine secondaria (PM2.5) e quello di origine primaria (PM10). Il fatto che solo dopo un periodo così lungo di sostanziale blocco del traffico si sia potuto osservare un piccolo, ma il significativo miglioramento della qualità dell'aria non fa che ribadire, purtroppo, l'inefficacia delle giornate di blocco del traffico, comunemente chiamate "car-free days", come strumento di contrasto all'inquinamento atmosferico [7]. La loro inefficacia rispetto all'abbattimento degli inquinanti è da attribuirsi all'arco temporale troppo breve per il quale vengono applicate.

Enti regionali quali ARPA Marche hanno confermato, con analisi aggiornate una al 31 marzo ed una al 30 aprile, come ci sia stata una diminuzione delle concentrazioni di PM10 e NO₂ nei mesi di marzo ed aprile a confronto con i valori medi registrati nel triennio 2017-2019 negli stessi mesi. Questo in risposta a possibili obiezioni basate sul fatto che è normale osservare una diminuzione delle concentrazioni degli inquinanti nelle stagioni più calde, sia per la maggiore dispersione degli inquinanti che per la diminuzione delle fonti di inquinamento quali il riscaldamento residenziale.

Nel periodo del lockdown sono stati registrati miglioramenti della qualità dell'aria non solo, nella maggior parte dell'Europa, ma anche in altre parti del mondo quali la Cina ed in altri paesi che hanno applicato questa misura di contrasto alla pandemia [8].

Bibliografia e sitografia

Riferimenti scientifici

- [1] Munir, Said (2017): Analysing Temporal Trends in the Ratios of PM_{2.5}/PM₁₀ in the UK. In *Aerosol Air Qual. Res.* 17 (1), pp. 34–48. DOI: 10.4209/aaqr.2016.02.0081;
- [2] Ispra - Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, rapporto sulla qualità dell'ambiente anno 2016 ISPRA;
- [3] A. Speranza, R. Caggiano, S. Margiotta, and S. Trippetta (2014): A novel approach to comparing simultaneous size-segregated particulate matter (PM) concentration ratios by means of a dedicated triangular diagram using the Agri Valley PM measurements as an example, *Natural Hazards Earth System Sciences*, 14, 2727–2733. doi:10.5194/nhess-14-2727-201;
- [4] William J. Parkhurst , Roger L. Tanner , Frances P. Weatherford , Ralph J. Valente & James F. Meagher (1999): Historic PM_{2.5}/PM₁₀ Concentrations in the Southeastern United States—Potential Implications of the Revised Particulate Matter Standard, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49:9, 1060-1067, DOI: 10.1080/10473289.1999.10463894;
- [5] Gang Xu, Limin Jiao, Boen Zhang, Suli Zhao, Man Yuan, Yanyan Gu, Jiafeng Liu, Xin Tang (2017): Spatial and Temporal Variability of the PM_{2.5}/PM₁₀ Ratio in Wuhan, Central China, *Aerosol and Air Quality Research*, 17: 741–751. DOI: 10.4209/aaqr.2016.09.0406;
- [6] Said Munir, Turki M. Habeebullah, Atef M.F. Mohammed, Essam A. Morsy, Mohammad Rehan, Kawsar Ali (2017): Analysing PM_{2.5} and its Association with PM₁₀ and Meteorology in the Arid Climate of Makkah, Saudi Arabia, *Aerosol and Air Quality Research*, 17: 453–464. DOI: 10.4209/aaqr.2016.03.0117;
- [7] P. Vanderstraeten, M. Forton, Y. Lénelle and A. Meurrens, D. Carati and L. Brenig, Z.Y. Offer, E. Zaady, (2010): Elevated PM₁₀ concentrations and high PM_{2.5}/PM₁₀ ratio in the Brussels Urban Area during the 2006 car-free Sunday. *International Journal of Environment and Waste Management* · September 2010 DOI: 10.1504/IJEWM.2010.035062;
- [8] Marc W.Cadotte (31/03/2020): Early evidence that COVID-19 government policies reduce air pollution (preprint). <https://eartharxiv.org/nhgi3> ;

Riferimenti normativi

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";

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 marzo 2020, recante «Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 23 febbraio 2020, n. 6, recante misure urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19», pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 59 dell'8 marzo 2020;

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 9 marzo 2020, recante «Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 23 febbraio 2020, n. 6, recante misure urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19, applicabili sull'intero territorio nazionale», pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 62 del 9 marzo 2020;

Regione Marche - Delibera Amministrativa del Consiglio Regionale n. 52/2007;

Sitografia

Rete regionale della qualità dell'aria R.R.Q.A. Arpa Marche; <https://www.arpa.marche.it/index.php/qualita-dell-aria-oggi> (ultimo accesso Luglio 2020)

Arpa Marche – Notizie (09/04/2020) – qualità dell'aria nelle Marche al tempo del coronavirus; <https://www.arpa.marche.it/comunicazione/prima-pagina/448-09-04-2020-qualita-aria-coronavirus> (ultimo accesso Luglio 2020)

Arpa Marche – Notizie (13/05/2020) – coronavirus e qualità dell'aria: aggiornamento al 30 aprile; <https://www.arpa.marche.it/comunicazione/prima-pagina/478-13-05-2020-covid-aria-aprile> (ultimo accesso Luglio 2020)

Osservatorio Geofisico Sperimentale Macerata - OGSM; <http://www.geofisico.it/> (ultimo accesso Luglio 2020)

<https://www.worldometers.info/coronavirus/> (ultimo accesso Luglio 2020)

<https://www.ilmeteo.it/> (ultimo accesso Luglio 2020)

<http://www.lamma.rete.toscana.it/news/picco-di-pm10-cosa-e-dovuto> – Consorzio Lamma; (ultimo accesso Luglio 2020)

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Concentrazione atmosferica degli inquinanti; <https://www.salute.gov.it/>

ANAS – Gruppo FS italiane – Osservatorio del Traffico. Allegati edizione marzo 2020, aprile 2020 e maggio 2020; <https://www.stradeanas.it/it/le-strade/osservatorio-del-traffico/archivio-osservatorio-del-traffico> (ultimo accesso Luglio 2020)

Atlantia Group Weekly Traffic Performance (27/05/2020) – 2020 traffic performance; <https://www.atlantia.it/performance-traffico> (ultimo accesso Luglio 2020)

Libri

Dott. Mauro Morichetti, INQUINANTI NELL'ATMOSFERA, Fisica Tecnica Ambientale 2018/2019.