

POLITECNICO DI MILANO

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



**ANALISI DELL'ASSOCIAZIONE TRA LIVELLI DI
INQUINAMENTO ATMOSFERICO E ANDAMENTO
DELLA CURVA EPIDEMICA COVID-19 NELLE
PROVINCE ITALIANE**

Relatore: prof. Arianna Azzellino

Correlatore: Dott.ssa Sara Giglioli

Tesi di laurea di:

Michele Scotti Matr. 884599

Anno accademico 2019/2020

Ringraziamenti

Dopo un percorso universitario fatto di alti e bassi, sacrifici e soddisfazioni, mi trovo a dover condensare in poche righe tutto quello che ho vissuto in questi anni e dire grazie a tutte le persone che mi hanno aiutato a raggiungere questo traguardo significativo.

In primo luogo, vorrei enormemente ringraziare la mia famiglia per avermi sempre dimostrato affetto e comprensione. Sono felice di essere cresciuto insieme a voi (anche se non sempre lo dimostro) e non avrei potuto chiedere di meglio: vi voglio bene. In particolare:

Ringrazio i miei genitori per avermi sempre spronato a dare il massimo, aver sempre creduto nelle mie capacità, avermi supportato e sopportato nei miei momenti di costante insicurezza e inadeguatezza. Grazie perché senza il vostro aiuto non sarei stato in grado di raggiungere questo traguardo tanto soddisfacente e di acquisire maggiore consapevolezza di me stesso.

Ringrazio mio fratello Stefano per essere sempre stato un bellissimo esempio da seguire sia dal punto di vista umano che accademico, per i consigli universitari, per i momenti passati insieme e per aver dimostrato sempre di tenere al nostro rapporto, nonostante la differenza di età. Auguro a te e Valeria il meglio per il futuro che verrà.

Un grazie ai miei zii, Elena e Daniele, per l'affetto mostrato in questi anni, per le dritte e i preziosi consigli.

Un grazie va agli amici di sempre che mi hanno dato la forza di reagire nei momenti di difficoltà, mi hanno fatto sorridere e che semplicemente hanno alleviato i periodi di sessione che sembravano infiniti (soprattutto grazie ai ragazzi della biblioteca); definirli amici ormai è riduttivo. Non elenco tutti perché siete tantissimi ma sappiate che siete tutti importanti e che ognuno di voi è parte di questo traguardo. Vorrei solo citare Sabbo per essersi sempre dimostrato disponibile e aver puntualmente risolto i miei dubbi accademici (vedasi tabelle pivot ed esame di informatica).

Ringrazio i miei compagni di avventura “condizionatori” incontrati nelle aule del Poli; grazie per aver reso più leggere le lezioni e avermi sempre messo di buon umore durante le pause pranzo e le serate in via Juvara. Grazie (in ordine di comparsa) a Fede, Dieg, Tia, Mic, Cic, Dave e Coda siete le persone più genuine che conosca. Un grazie a tutti i compagni incontrati tra lezioni e progetti che mi hanno permesso di crescere sia culturalmente che umanamente (in particolare a Greta e Ilaria durante il percorso di specialistica).

Ringrazio i compagni conosciuti durante l'esperienza vissuta in Spagna per avermi fatto aprire la mente e avermi dimostrato che la distanza tra i diversi continenti è più sottile di quanto si pensi. Vorrei in particolare ringraziare: Daniel, Lisa, Giulia, Anna, Domenico e Francine. Non avrei mai creduto di poter creare un'amicizia così bella a quest'età; rimarrà sempre un legame inossidabile che mi porterò nel cuore.

Infine, vorrei ringraziare la professoressa Azzellino per avermi permesso di svolgere un progetto così interessante e attuale, per l'aiuto fornitomi e per la disponibilità mostrata.

Per concludere ringrazio tutte quelle persone che non sono qui elencate ma che sono state parte di questo percorso universitario e che, anche inconsciamente, hanno contribuito alla mia crescita personale e alla realizzazione di questo obiettivo.

“La felicità è reale solo se viene condivisa” e io la voglio condividere con tutti voi.

ABSTRACT

La comparsa nell'anno 2020 dell'emergenza sanitaria dovuta alla pandemia del virus Covid-19 è un evento che ha sconvolto la vita della popolazione mondiale. Per far fronte a questa situazione, moltissimi scienziati e ricercatori sono stati spinti ad analizzare il fenomeno e a ricercare informazioni che consentissero il rallentamento di quest'ondata di contagi. Nei numerosi studi compiuti durante l'anno si è cercato di individuare le cause ed i fattori che hanno portato all'espansione di questo virus, andando a concentrarsi principalmente sul comparto ambientale. Nei primi mesi di lockdown molti quotidiani hanno riportato la notizia che in diversi studi scientifici si fosse riscontrata una relazione tra l'aumento dei contagi e l'inquinamento atmosferico dovuto al particolato e ad altri contaminanti. Lo scopo di questo elaborato è quello di ottenere sia i valori di concentrazione dei principali inquinanti atmosferici disponibili sui siti regionali ARPA, sia il numero totale di casi giornalieri di contagiati per ciascuna provincia. Successivamente, lo studio prevede un'elaborazione grafica ed un'analisi di correlazione lineare dei dati in modo tale da verificare se vi sia un'influenza significativa dell'inquinamento atmosferico sulla diffusione virale e se alcuni contaminanti, come il particolato, possano veicolare il virus.

ABSTRACT

During the year 2020, the appearance of the health emergency due to the Covid-19 virus pandemic is an event that has disrupted the lives of the world's population. In order to cope with this situation, many scientists and researchers have been pushed to analyse the phenomenon and search for information that would allow the slowing down of this wave of infections. In the numerous studies carried out during the year, they tried to identify the causes and factors that led to the spread of this virus, focusing mainly on the environmental sector. In the first months of lockdown, many newspapers have reported the news that several scientific studies have found a relationship between the increase in infections and air pollution, due to particulate matter and other contaminants. The purpose of this study is to obtain both the concentration values of the main air pollutants available on the regional ARPA sites and the total number of daily cases of infection for each province. Subsequently, the study includes a graphical elaboration and a linear correlation analysis of the data in order to verify whether there is a significant influence of air pollution on the viral spread and whether some contaminants such as particulate matter can carry the virus.

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. INQUADRAMENTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA	6
3. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI	8
3.1. DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE	8
3.2. <i>NORMATIVA VIGENTE</i>	9
3.3. CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI.....	11
3.3.1. <i>MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)</i>	11
3.3.2. <i>BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)</i>	12
3.3.3. <i>OZONO TROPOSFERICO O₃</i>	13
3.3.4. <i>COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV)</i>	14
3.3.5. <i>BENZENE (C₆H₆)</i>	15
3.3.6. <i>BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)</i>	16
3.3.7. <i>MATERIALE PARTICOLATO</i>	17
4. <i>FUNZIONAMENTO E TIPOLOGIA DELLE STAZIONI</i>	19
5. <i>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO</i>	22
6. ANALISI DEI DATI.....	23
6.1. <i>CORRELAZIONE LINEARE</i>	23
6.2. <i>ANALISI DEI DATI REGIONALE</i>	26
6.2.1. <i>ABRUZZO</i>	26
.....	31
6.2.2. <i>CALABRIA</i>	32
6.2.3. <i>CAMPANIA</i>	37
6.2.4. <i>EMILIA-ROMAGNA</i>	43
6.2.5. <i>LAZIO</i>	51
6.2.6. <i>LIGURIA</i>	57
6.2.7. <i>LOMBARDIA</i>	63
6.2.8. <i>MARCHE</i>	70
6.2.9. <i>PIEMONTE</i>	76
6.2.10. <i>PUGLIA</i>	84
6.2.11. <i>SARDEGNA</i>	89
6.2.12. <i>TOSCANA</i>	95
6.2.13. <i>TRENTINO</i>	102
6.2.14. <i>UMBRIA</i>	109
6.2.15. <i>VALLE D'AOSTA</i>	115

6.2.16. VENETO.....	121
6.3. APPROFONDIMENTO SULLA PIANURA PADANA	127
7. CONCLUSIONI.....	129
Bibliografia.....	
A APPENDICE.....	1
A.1. Abruzzo	1
A.2. Calabria.....	4
A.3. Campania.....	7
A.4. Emilia-Romagna.....	11
A.5. Lazio.....	14
A.6. Liguria	17
A.7. Lombardia.....	20
A.8. Marche.....	23
A.9. Piemonte	26
A.10. Puglia.....	29
A.11. Sardegna	31
A.12. Toscana.....	35
A.13. Trentino	37
A.14. Umbria.....	40
A.15. Valle d’Aosta.....	43
A.16. Veneto.....	45

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione strati atmosferici (Meteo In Molise s.d.).....	6
Figura 2 Componenti gassosi normali dell'aria atmosferica	7
Figura 3: Esempio di centralina di monitoraggio (Chiamamicittà.it s.d.).....	19
Figura 4:Mappa delle centraline di monitoraggio Arpa.....	22
Figura 5: esempio correlazione lineare tra due variabili.....	24
Figura 6: esempio correlazione non lineare	24
Figura 7: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Abruzzo	26
Figura 8: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Calabria	32
Figura 9: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Calabria	37
Figura 11: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Emilia-Romagna.....	43
Figura 12: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Lazio.....	51
Figura 13: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Liguria	57
Figura 14: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Lombardia	63
Figura 15: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Marche.....	70
Figura 16: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Piemonte.....	76
Figura 17: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Puglia.....	84
Figura 18: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Sardegna	89
Figura 19: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Toscana.....	95
Figura 20: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Trentino	102
Figura 21: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Umbria.....	109
Figura 22: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Valle d'Aosta	115
Figura 23: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Veneto	121

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: CO limite di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010).....	11
Tabella 2:NO2 limiti di legge per la protezione della salute umana e soglia di allarme (D.Lgs.155/2010).	13
Tabella 3:O3 limiti di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010).	14
Tabella 4: Benzene limite di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010).	16
Tabella 5:SO2 limiti di legge per la protezione della salute umana e soglia di allarme (D.Lgs.155/2010).	17
Tabella 6: PM10 e PM2,5 limiti di legge annuale e giornaliero (D.Lgs.155/2010).	18
Tabella 7: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo estivo.....	27
Tabella 8: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo primaverile.....	28
Tabella 9: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo autunnale.....	29
Tabella 10: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo invernale	30
Tabella 11: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella provincia di Pescara	31
Tabella 12: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotona durante il periodo invernale.....	33
Tabella 13: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotona durante il periodo primaverile	34
Tabella 14: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotona durante il periodo estivo.....	35
Tabella 15: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotona durante il periodo autunnale.....	35
Tabella 16: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Crotona.....	36
Tabella 17: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo estivo.....	38
Tabella 18: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo invernale.....	39
Tabella 19: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo primavera	40
Tabella 20: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo autunnale.....	41
Tabella 21: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Napoli.....	42
Tabella 22: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo invernale.....	45
Tabella 23: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo primaverile	46
Tabella 24: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo estivo	47
Tabella 25:Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo autunnale	48

Tabella 26: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Bologna	49
Tabella 27: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo invernale	53
Tabella 28: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo primaverile	54
Tabella 29: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo estivo	55
Tabella 30: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo autunnale	55
Tabella 31: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Roma	56
Tabella 32: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo autunnale	58
Tabella 33: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo primaverile	59
Tabella 34: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo estivo	60
Tabella 35: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo autunnale	61
Tabella 36: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Roma	62
Tabella 37: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo invernale	65
Tabella 38: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo primaverile	66
Tabella 39: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo estivo	67
Tabella 40: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo autunnale	68
Tabella 41: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Milano	69
Tabella 42: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo invernale	71
Tabella 43: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo primaverile	72
Tabella 44: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo estivo	73
Tabella 45: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo autunnale	74
Tabella 46: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Macerata	75
Tabella 47: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo invernale	78
Tabella 48: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo primaverile	80
Tabella 49: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo estivo	81

Tabella 50: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo autunnale.....	82
Tabella 51: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Torino.....	83
Tabella 52: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo invernale.....	85
Tabella 53: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo primaverile.....	86
Tabella 54: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo estivo.....	87
Tabella 55: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo autunnale.....	87
Tabella 56: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Bari.....	88
Tabella 57: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo invernale.....	90
Tabella 58: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo primaverile.....	91
Tabella 59: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo estivo.....	92
Tabella 60: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo autunnale.....	93
Tabella 61: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Cagliari.....	94
Tabella 62: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo invernale.....	97
Tabella 63: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo primaverile.....	98
Tabella 64: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo estivo.....	99
Tabella 65: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo autunnale.....	100
Tabella 66: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Firenze.....	101
Tabella 67: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo invernale.....	103
Tabella 68: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo primaverile.....	105
Tabella 69: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo estivo.....	106
Tabella 70: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo autunnale.....	107
Tabella 71: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Trento.....	108
Tabella 72: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo invernale.....	110
Tabella 73: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo primaverile.....	111

Tabella 74: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo estivo.....	112
Tabella 75: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo autunnale.....	113
Tabella 76: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Perugia	113
Tabella 77: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo invernale	116
Tabella 78: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo primaverile.....	117
Tabella 79: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo estivo	118
Tabella 80: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo autunnale	119
Tabella 81: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Aosta	120
Tabella 82: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo invernale.....	122
Tabella 83: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo primaverile	123
Tabella 84: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo estivo	124
Tabella 85: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo autunnale	125
Tabella 86: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Verona	126

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Pescara	27
Grafico 2: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Pescara	31
Grafico 3: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Crotone.....	32
Grafico 4: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Crotone.....	36
Grafico 5: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Napoli.....	37
Grafico 6:Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Napoli.....	42
Grafico 7: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Bologna	44
Grafico 8: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Bologna.....	50
Grafico 9: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Roma	52
Grafico 10: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Roma	56
Grafico 11:Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Genova	57
Grafico 12: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Genova	62
Grafico 13: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Milano	63
Grafico 14: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Milano.....	69
Grafico 15: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Macerata	70
Grafico 16: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Macerata.....	75
Grafico 17: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Torino	76
Grafico 18: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Torino.....	83
Grafico 19: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Bari	84
Grafico 20: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Bari.....	88
Grafico 21: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Cagliari	89
Grafico 22: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Cagliari.....	94

Grafico 23: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Firenze	96
Grafico 24: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Firenze	101
Grafico 25: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Trento	102
Grafico 26: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Trento	108
Grafico 27: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Perugia.....	109
Grafico 28: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Perugia	114
Grafico 29: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Aosta.....	115
Grafico 30: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Aosta	120
Grafico 31: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Verona	121
Grafico 32: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Verona.....	126

Appendice

Grafico 33: Concentrazioni medie giornaliere di PM10 Abruzzo	1
Grafico 34: Concentrazioni medie giornaliere PM 2.5 Abruzzo	1
Grafico 35: Concentrazione media giornaliera CO Abruzzo.....	2
Grafico 36: Concentrazioni media giornaliera Benzene Abruzzo	2
Grafico 37: Concentrazione media giornaliera NO2 Abruzzo.....	3
Grafico 38: Concentrazione massima giornaliera O3 Abruzzo	3
Grafico 39: Concentrazione massima della media mobile di O3 sulle 8h Abruzzo	4
Grafico 40: Concentrazione media giornaliera PM10 Calabria.....	4
Grafico 41: Concentrazione media giornaliera PM 2,5	5
Grafico 42: Concentrazione media giornaliera CO Calabria	5
Grafico 43: Concentrazione media giornaliera NO2	6
Grafico 44: Concentrazione media giornaliera SO2	6
Grafico 45: Concentrazione media su 8 h O3 Calabria	7
Grafico 46: Concentrazione media giornaliera PM10 Campania	7
Grafico 47: Concentrazione media giornaliera PM2,5 Campania	8
Grafico 48: Concentrazione media giornaliera CO Campania	8
Grafico 49: Concentrazione media giornaliera Benzene Campania	9
Grafico 50: Concentrazione media giornaliera NO2 Campania	9
Grafico 51: Concentrazione media giornaliera SO2 Campania.....	10
Grafico 52: Concentrazione media giornaliera O3 Campania	10
Grafico 53: Concentrazione media giornaliera PM10 Emilia-Romagna	11
Grafico 54: Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Emilia-Romagna	11
Grafico 55: Concentrazione media giornaliera CO Emilia-Romagna	12
Grafico 56: Concentrazione media giornaliera Benzene Emilia-Romagna	12

Grafico 57: Concentrazione media giornaliera NO2 Emilia-Romagna.....	13
Grafico 58: Concentrazione media giornaliera SO2 Emilia-Romagna.....	13
Grafico 59: Concentrazione media giornaliera O3 Emilia-Romagna.....	14
Grafico 60:Concentrazione media giornaliera PM10 Lazio	14
Grafico 61: Concentrazione media giornaliera PM2,5 Lazio	15
Grafico 62: Concentrazione media giornaliera CO Lazio	15
Grafico 63: Concentrazione media giornaliera NO2 Lazio	16
Grafico 64:Concentrazione media giornaliera O3 Lazio	16
Grafico 65:Concentrazione media giornaliera SO2 Lazio	17
Grafico 66: Concentrazione media giornaliera PM10 Lazio	17
Grafico 67:Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Lazio	18
Grafico 68:Concentrazione media giornaliera CO Liguria.....	18
Grafico 69:Concentrazione media giornaliera Benzene Liguria.....	19
Grafico 70: Concentrazione media giornaliera NO2 Liguria.....	19
Grafico 71:Concentrazione media giornaliera O3 Liguria	20
Grafico 72: Concentrazione media giornaliera PM 10 Lombardia.....	20
Grafico 73:Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Lombardia	21
Grafico 74: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Lombardia	21
Grafico 75: : Concentrazioni medie giornaliere SO2 Lombardia	22
Grafico 76: Concentrazioni medie giornaliere O3 Lombardia	22
Grafico 77: Concentrazioni medie giornaliere PM 10 Marche.....	23
Grafico 78: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Marche.....	23
Grafico 79: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Marche.....	24
Grafico 80: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Lombardia	24
Grafico 81: Concentrazioni medie giornaliere O3 Marche.....	25
Grafico 82: Concentrazioni medie giornaliere NOx Marche.....	25
Grafico 83: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Piemonte.....	26
Grafico 84: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Piemonte.....	26
Grafico 85: Concentrazioni medie giornaliere CO Piemonte	27
Grafico 86: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Piemonte.....	27
Grafico 87: Concentrazioni medie giornaliere O3 Piemonte.....	28
Grafico 88: Concentrazioni medie giornaliere NO Piemonte.....	28
Grafico 89: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Puglia.....	29
Grafico 90: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Puglia.....	29
Grafico 91: Concentrazioni medie giornaliere CO Puglia	30
Grafico 92: Concentrazioni medie giornaliere O3 Puglia.....	30
Grafico 93: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Puglia	31
Grafico 94: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Sardegna	31
Grafico 95: Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Cagliari	32
Grafico 96: Concentrazioni medie giornaliera Sardegna.....	32
Grafico 97: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Cagliari	33
Grafico 98: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Sardegna	33
Grafico 99: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Sardegna.....	34
Grafico 100: Concentrazioni medie giornaliere O3 Sardegna	34
Grafico 101: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Toscana.....	35
Grafico 102: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Toscana.....	35
Grafico 103: Concentrazioni medie giornaliere CO Toscana.....	36

Grafico 104: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Toscana.....	36
Grafico 105: Concentrazioni medie giornaliere O3 Toscana.....	37
Grafico 106: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Trentino	37
Grafico 107: Concentrazione medie giornaliere PM 2,5 Trentino.....	38
Grafico 108: Concentrazioni medie giornaliere CO Trentino	38
Grafico 109: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Trentino	39
Grafico 110: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Trento	39
Grafico 111: Concentrazioni medie giornaliere O3 Trentino	40
Grafico 112: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Umbria.....	40
Grafico 113: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Umbria.....	41
Grafico 114: Concentrazioni medie giornaliere CO Umbria	41
Grafico 115: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Umbria.....	42
Grafico 116: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Umbria	42
Grafico 117: Concentrazioni medie giornaliere sulle 8 h O3 Umbria	43
Grafico 118: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Valle d'Aosta	43
Grafico 119: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Aosta.....	44
Grafico 120: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Valle d'Aosta	44
Grafico 121: Concentrazioni max giornaliere O3 sulla media mobile 8h Valle d'Aosta.....	44
Grafico 122: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Veneto	45
Grafico 123: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Veneto	45
Grafico 124: Concentrazioni medie giornaliere CO Veneto.....	46
Grafico 125: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Veneto	46
Grafico 126: Concentrazioni medie giornaliere NO Veneto	47
Grafico 127: Concentrazioni medie giornaliere NOx Veneto	47
Grafico 128: Concentrazioni medie giornaliere O3 Veneto	48

1. INTRODUZIONE

Nei primi mesi del 2020, in particolar modo a partire dalla fine del mese di febbraio, è cominciata la crisi sanitaria causata dalla pandemia COVID-19 e sono state disposte delle misure volte al contenimento dei contagi. Un effetto di questo lockdown è stato quello di generare una drastica e repentina riduzione, tra le principali sorgenti, dell'inquinamento atmosferico.

Nel corso dell'anno 2020 vi sono state diverse pubblicazioni e articoli sul tema, cercando di capire se fosse possibile correlare la diminuzione dell'inquinamento nei mesi di lockdown con le misure di contenimento stabilite dallo Stato e se ci fosse una correlazione tra l'andamento dei contaminanti e la diffusione del Covid 19, nell'ipotesi in cui il particolato fungesse da veicolo.

L'obiettivo di questo studio è quello di andare a reperire i dati presenti sui siti ARPA dei principali contaminanti atmosferici e quelli relativi ai soggetti contagiati dal virus presenti sulla piattaforma GitHub; infine andare a verificare se in qualche modo vi sia una qualche correlazione tra le misure considerate. Nella prima parte di questo elaborato sarà presente una breve descrizione introduttiva dei contaminanti, oltre che ad un inquadramento delle centraline ARPA considerate per questo studio. Successivamente si avrà un focus regione per regione in cui sarà svolta un'analisi di correlazione statistica tra i dati provinciali di inquinamento atmosferico e quelli legati ai contagi giornalieri del virus, suddividendo i risultati per stagione e per periodi restrittivi o meno.

Sarà anche presente un approfondimento sulla Pianura Padana, dovuto al fatto che la concentrazione maggiore di focolai si è registrata proprio nella zona del nord Italia.

2. INQUADRAMENTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA

L'aria che verrà trattata nel seguente elaborato è quella che fa riferimento allo strato inferiore dell'atmosfera terrestre, chiamato troposfera. Quest'ultimo strato ha le seguenti caratteristiche: è una fascia a diretto contatto con la superficie terrestre di spessore variabile (8-20 km, poli-equatore), contiene il 75% della massa dell'atmosfera e gran parte degli inquinanti, è uno strato in cui avvengono la maggior parte dei fenomeni meteorologici ed è riscaldata dalla superficie terrestre.

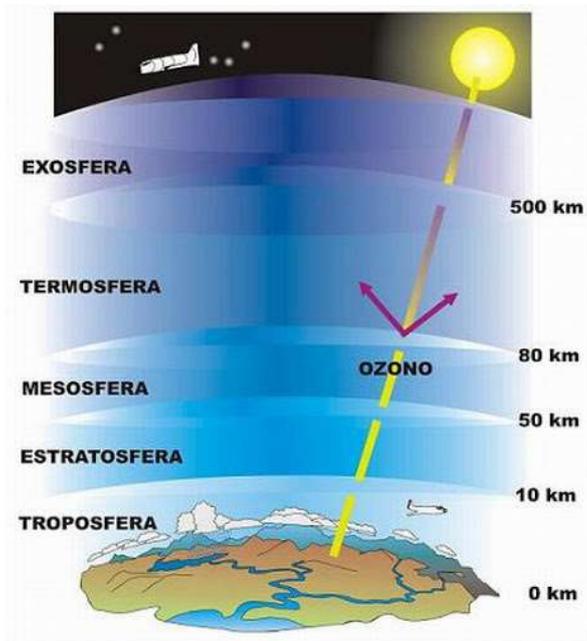


Figura 1: Rappresentazione strati atmosferici (Meteo In Molise s.d.)

L'aria presente quindi nella parte più bassa della troposfera, è a diretto contatto con la superficie terrestre e viene definita "aria ambiente" o aria "outdoor". Di conseguenza si andrà ad escludere nel seguente elaborato quella presente nei luoghi di lavoro, negli ambienti domestici e pubblici (aria indoor); quest'ultima, infatti, ha una normativa dedicata.

L'aria risulta inquinata quando sono presenti sostanze che alterano la sua composizione naturale. Una definizione esauriente di inquinamento atmosferico che tiene conto delle conseguenze sull'uomo e sull'ambiente intero è riportata nel DPR 203/882 ed è la seguente:

“ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria; da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo; da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente; alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati”. (ISPRA 2011)

L'aria non inquinata risulta difficile da misurare in quanto l'azione dell'uomo nel corso della storia ha portato ad immettere nell'atmosfera sostanze in qualità e quantità tali da alterare la sua composizione originale. L'immagine che più si avvicina a un'aria non inquinata è quella presente in aree remote come i poli o ad alta quota, nel mezzo degli oceani o nei deserti.

La normale composizione dell'atmosfera è riportata nella seguente rappresentazione:

GAS	CONCENTRAZIONE MEDIA (ppm)	CICLO
Ar	9340	Nessun ciclo
Ne	18	Nessun ciclo
Kr	1,1	Nessun ciclo
Xe	0,09	Nessun ciclo
N ₂	780840	Biologico e microbiologico
O ₂	209460	Biologico e microbiologico
CH ₄	1,64	Biogenico e chimico
CO ₂	332	Antropico e biogenico
CO	0,05 - 0,2	Antropico e chimico
H ₂	0,58	Biogenico e chimico
N ₂ O	0,33	Biogenico e chimico
SO ₂	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	Antropico e chimico
NH ₃	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	Biogenico e chimico
NO _x	10 ⁻⁶ -10 ⁻²	Antropico e chimico
O ₃	10 ⁻² -10 ⁻¹	Chimico
HNO ₃	10 ⁻⁵ -10 ⁻³	Chimico
H ₂ O	Variabile	Chimico-fisico
He	5,2	Chimico fisico
Freon (CFC)		Antropico

Figura 2 Componenti gassosi normali dell'aria atmosferica

Sebbene le emissioni nel corso degli ultimi anni siano diminuite in Europa, portando così ad un miglioramento della qualità dell'aria, in atmosfera però si continuano a registrare dei livelli elevati di alcuni contaminanti. Questo è dovuto al fatto che l'inquinamento atmosferico è un fenomeno complesso perché, oltre ad essere determinato in primo luogo dall'emissioni conseguenti all'antropizzazione del territorio, è dovuto anche alle interazioni chimico fisiche che avvengono tra le sostanze in atmosfera.

L'inquinamento atmosferico è considerato uno dei principali fattori di rischio per la salute umana.

3. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI

3.1. DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE

Per inquinante si intende una qualunque sostanza immessa in atmosfera da processi naturali o antropogenici la cui presenza nell'atmosfera è in grado di provocare effetti nocivi sulla salute umana, sulla vita animale e vegetale e sui materiali (Ispra,2011)

I criteri di classificazione di questi contaminanti che portano all'alterazione della qualità dell'aria sono:

- a) Le concentrazioni, che caratterizzano la loro presenza all'interno dell'ambiente;
- b) Gli effetti nocivi legati alla salute umana;
- c) Lo stato fisico;
- d) L'origine.

Per quanto riguarda i primi due criteri è necessario fare una grande distinzione tra: macroinquinanti e microinquinanti.

I primi tengono conto di tutte le sostanze caratterizzate da presenze atmosferiche di una certa rilevanza. Questi contaminanti risultano essere legati ad attività antropiche molto importanti ma hanno effetti sulla salute limitatamente all'apparato respiratorio e oculare. A questa categoria appartengono gli inquinanti considerati convenzionali e coinvolti in fenomeni di alterazione estesi dalla microcella fino alla scala globale. I più importanti tra i macroinquinanti sono:

- Anidride carbonica (CO₂);
- Monossido di Carbonio (CO);
- Ossidi di Azoto (NO_x costituiti da miscele di NO ed NO₂);
- Gli idrocarburi (COV, acronimo che indica i composti organici volatili);
- Anidride solforosa (SO₂);
- Materiale Particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}).

Le tecnologie legate al controllo di queste sostanze sono assestate sia in termini di riduzione alla fonte che di processi di rimozione e conversione.

I microinquinanti invece fanno riferimento a quelle sostanze le cui concentrazioni in atmosfera sono molto modeste ma sono caratterizzate da effetti sulla salute umana di natura tossica. Di solito questi contaminanti hanno degli effetti che derivano da un'esposizione prolungata a basse concentrazioni

del soggetto in questione e sono potenziati dalla persistenza e cumulabilità ambientale che caratterizza il loro comportamento. I microinquinanti maggiormente diffusi sono costituiti da:

- componenti inorganiche, in particolare metalli pesanti come arsenico, cadmio, cromo, mercurio, piombo, platino, rame e selenio;
- sostanze organiche, che comprendono sia componenti a struttura semplice (aldeidi, ammine, alcani e alcheni alogenati) che a struttura complessa (idrocarburi aromatici semplici e policiclici, derivati alogenati aromatici)

Per quanto riguarda invece il criterio di classificazione legato allo stato fisico, gli inquinanti atmosferici possono essere aeriformi o particolati (solidi o liquidi). Nel primo caso l'alterazione della qualità dell'aria è legata ai livelli di concentrazione in atmosfera. Nel secondo caso invece assumono grande rilevanza la granulometria dell'inquinante e quindi le caratteristiche dimensionali; a seconda della grandezza della particella varia anche la capacità di penetrazione all'interno delle vie respiratorie. Più il materiale è fine e più penetra all'interno dell'apparato respiratorio.

Per concludere parlando del criterio legato all'origine è necessario fare una distinzione tra:

- inquinanti primari, ossia quelli che vengono emessi direttamente in atmosfera da sorgenti sia di origine naturale (come vulcani o a seguito di attività biologica) che di origine antropogenica, entrambe comunque identificabili. A questo gruppo appartengono gli inquinanti convenzionali prima citati.
- Inquinanti secondari, derivano da processi di trasformazione (per effetto di meccanismi chimici, fisici, termici e fotochimici) che coinvolgono gli inquinanti primari e le sostanze naturali presenti in atmosfera. I più importanti tra questi contaminanti sono l'ozono troposferico O₃, il biossido di Azoto NO₂ e alcune sostanze organiche reattive che costituiscono lo smog fotochimico. A processi di formazione secondaria sono riconducibili anche frazioni consistenti di materiale particolato fine ed ultrafine.

3.2. NORMATIVA VIGENTE

La norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal Decreto Legislativo n.155/2010; quest'ultimo recepisce la direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa e sostituisce le disposizioni di attuazione della direttiva 2004/107/CE. Il D.Lgs n.155/2010 contiene le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di informazione e di allarme, livelli critici, obiettivi a lungo termine. Questa normativa inoltre indica le tipologie di inquinanti da monitorare obbligatoriamente (NO₂, NO_x, SO₂, CO, O₃, PM₁₀,

PM_{2,5}, Benzene, Benzo(a)pirene, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio, precursori dell'ozono), stabilendo la modalità di trasmissione e i contenuti sullo stato della qualità dell'aria da inviare al Ministero dell'Ambiente.

Il provvedimento individua nelle Regioni le autorità competenti per effettuare la valutazione della qualità dell'aria e per la redazione dei Piani di Risanamento della qualità dell'aria nelle aree dove sono stati superati i valori limite. Sono stabilite anche le modalità per la realizzazione o l'adeguamento delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria (Allegato V e IX).

L'allegato VI del decreto contiene i metodi di riferimento per la determinazione degli inquinanti. Gli allegati VII e XI, XII, XIII e XIV riportano i valori limite, i livelli critici, gli obiettivi a lungo termine e i valori obiettivo rispetto ai quali effettuare la valutazione dello stato della qualità dell'aria.

Successivamente sono stati emanati il DM Ambiente 29 novembre 2012 che, in attuazione del Decreto Legislativo n.155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria, il Decreto Legislativo n.250/2012 che modifica ed integra il Decreto Legislativo n.155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili, il DM Ambiente 22 febbraio 2013 che stabilisce il formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di monitoraggio e il DM Ambiente 13 marzo 2013 che individua le stazioni per le quali deve essere calcolato l'indice di esposizione media per il PM_{2,5}. Il DM 5 maggio 2015 definisce i metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del Decreto Legislativo n.155/2010. In particolare, in allegato I, è descritto il metodo di campionamento e di analisi da applicare in relazione alle concentrazioni di massa totale e per speciazione chimica del materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, mentre in allegato II è riportato il metodo di campionamento e di analisi da applicare per gli idrocarburi policiclici aromatici diversi dal benzo(a)pirene. Il DM 26 gennaio 2017 modifica ulteriormente il Decreto Legislativo n.155/2010, recependo i contenuti della Direttiva 1480/2015 in materia di metodi di riferimento per la determinazione degli inquinanti, procedure per la garanzia di qualità per le reti e la comunicazione dei dati rilevati e in materia di scelta e documentazione dei siti di monitoraggio. Per quanto riguarda i contaminanti che verranno esaminati in seguito, si andranno a considerare:

- Valori limite, *“livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato” (D.Lgs. n. 155/2010, Art.2);*

- Valori obiettivo, " livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita" (D.Lgs. n. 155/2010, Art.2).

3.3. CARATTERISTICHE DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI

3.3.1. MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore ed insapore e dopo la CO₂ è il contaminante convenzionale più rilevante.

L'emissione di CO in atmosfera è legata principalmente al mancato completamento delle reazioni di ossidazione dei combustibili fossili nelle attività che producono energia; in particolar modo il contributo principale è legato al traffico dei veicoli. E' quindi prevalentemente un inquinante primario con le sorgenti che possono essere di tipo naturale (incendi, vulcani, emissioni da oceani etc...) oppure di tipo antropico (riscaldamento, traffico, attività industriale, lavorazione del legno, raffinazione del petrolio etc...).

Dal punto di vista della salute umana, l'effetto dannoso è di tipo acuto in quanto CO ha un'alta affinità con l'emoglobina (circa 200-300 volte superiore all'ossigeno). Il legame tra lo ione C e l'emoglobina porta alla formazione della carbossiemoglobina che rilascia meno ossigeno ai tessuti. Gli effetti nocivi sono quindi riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare, comportando una diminuzione delle funzionalità di tali apparati, affaticamento, sonnolenza, emicrania e difficoltà respiratorie. (Lombardia 2018)

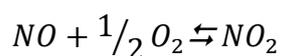
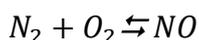
Di seguito viene riportata la tabella che contiene i limiti di riferimento previsto dal (D.Lgs.155/2010, Allegato XI) relativamente al monossido di Carbonio:

Inquinante	Tipo di limite	Limite
CO	Limite Giornaliero	10 mg/m ³ come Media massima giornaliera calcolata su 8 ore

Tabella 1: CO limite di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010)

3.3.2. BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂)

Con la terminologia NO_x indichiamo la miscela delle due specie ossidate che generalmente sono presenti nelle emissioni antropogeniche: monossido (NO) e biossido di azoto (NO₂). Gli ossidi di azoto in generale sono prodotti dai processi di ossidazione dell'azoto atmosferico ad alta temperatura (motore dei veicoli, combustioni industriali, impianti di riscaldamento etc...) secondo la seguente reazione:



Gli NO_x inoltre possono formarsi a partire dall'ossidazione dell'azoto organico presente nel combustibile di partenza. La produzione risulta indipendente dalla temperatura ma, per quanto riguarda la rilevanza sulle emissioni complessive di NO_x, questa tipologia di ossidazione gioca un ruolo meno significativo rispetto al meccanismo termico.

Gli ossidi di azoto in atmosfera partecipano a cicli fotochimici di produzione di inquinanti secondari: risultano infatti i precursori della formazione di O₃ troposferico, più in generale dello smog fotochimico, dell'acido nitrico e dell'acido nitroso. Per lo stesso principio il biossido di azoto NO₂ viene considerato quindi come inquinante secondario perché si forma a partire dall'ossidazione del monossido di azoto NO in atmosfera.

Il biossido di azoto (NO₂) è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo. Il biossido di azoto è un forte agente ossidante e reagisce violentemente con materiali combustibili e riducenti, mentre in presenza di acqua è in grado di ossidare diversi metalli.

Dal punto di vista della salute umana l'effetto diretto è limitato al solo biossido, a cui sono associate difficoltà respiratorie e alterazioni del tessuto polmonare (irritazioni mucose, bronchiti e patologie più gravi come gli edemi). I soggetti più a rischio risultano essere, oltre a persone già affette da patologie respiratorie, i bambini. Indirettamente l'acido nitrico e l'acido nitroso, che si forma secondariamente a partire da ossidi di azoto, si possono depositare a terra tramite piogge (definite piogge acide) o per via secca provocando danni a vegetazione ed edifici. (Lombardia 2018)

Di seguito viene riportata la tabella che contiene i limiti di riferimento previsto dal (D.Lgs.155/2010, Allegato XI e XII) relativamente al biossido di azoto NO₂:

Inquinante	Tipo di limite	Limite
NO ₂	Limite Orario	200 µg/m ³ media oraria da non superare per più di 18 volte all'anno
	Limite Annuale	40 µg/m ³ media annua
	Soglia di allarme	400 µg/m ³ misurata su tre ore consecutive

Tabella 2:NO₂ limiti di legge per la protezione della salute umana e soglia di allarme (D.Lgs.155/2010).

3.3.3. OZONO TROPOSFERICO O₃

L'ozono è un gas incolore ed inodore, fortemente instabile, dotato di un elevato potere ossidante e composto da tre atomi di ossigeno. In natura è presente per la maggior parte nella stratosfera, in particolare nella fascia compresa tra i 10 e 50 km di altezza. Questo strato costituisce una barriera che scherma le radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera, come detto in precedenza, l'ozono è presente come inquinante secondario proveniente dalle reazioni tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. I precursori dell'ozono sono prodotti da processi di combustione industriale e civile e anche da processi che usano sostanze chimiche volatili (solventi o carburanti), ma anche da emissioni biogeniche di composti organici volatili. Costituisce con altri composti lo smog fotochimico.

Dal punto di vista sanitario è un inquinante molto tossico per l'uomo; porta irritazione a tutte le membrane mucose ed una esposizione critica e prolungata può causare tosse, mal di testa e perfino edema polmonare. L'ozono è, fra gli inquinanti atmosferici, quello che svolge una marcata azione fitotossica nei confronti degli organismi vegetali, con effetti immediatamente visibili di necrosi fogliare ed effetti meno visibili come alterazioni enzimatiche e riduzione dell'attività di fotosintesi. Tra i soggetti sensibili vi sono: anziani, bambini, donne in gravidanza, chi svolge attività lavorativa o fisica all'aperto. Le persone più a rischio rimangono quelle asmatiche, con patologie polmonari o cardiache. (Lombardia 2018)

Inquinante	Tipo di limite	Limite
O ₃	Valore obiettivo	120 µg/m ³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore da non superarsi per più di 25 volte all'anno
	Soglia di informazione	180 µg/m ³ media oraria
	Soglia di allarme	240 µg/m ³ media oraria

Tabella 3:O3 limiti di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010).

3.3.4. COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV)

Per COV si intende l'insieme delle componenti organiche presenti in atmosfera. Tra questi composti organici si ha uno spettro molto ampio di sostanze con una tensione di vapore tale (nelle condizioni ambientali) da determinare una prevalente presenza in fase gassosa.

I COV sono emessi in atmosfera principalmente da fonti come il traffico veicolare (volatilizzazione diretta dei carburanti e prodotti dell'incompletezza della combustione), dalle attività industriali e commerciali (in particolare nei processi di verniciatura dove si ha l'evaporazione dei solventi), dall'estrazione, raffinazione e distribuzione dei gas naturali e dei combustibili di varia natura. Nelle aree rurali invece significative possono risultare le emissioni naturali da componenti organiche reattive (terpeni, isopreni) prodotte da alcune specie vegetali.

Relativamente agli effetti sulla salute umana si può avere un range molto ampio di conseguenze. Si va da fenomeni di lieve entità, come disfunzioni dell'apparato respiratorio o irritazioni delle mucose, a fenomeni di potenziale tossicità, sia di tipo cancerogeno che non cancerogeno (associati ad alcune tipologie particolari di composti organici come composti aromatici, poliaromatici o derivati alogenati).

In natura la specie maggiormente presente in atmosfera è il metano (CH₄) con un range di valore che varia tra 1 e 6 ppm. Questo gas è di natura inerte e non presenta effetti significativi sulla salute o reattività, ma è uno dei responsabili principali dei fenomeni di cambiamento climatico.

Contrariamente al metano alcuni COV costituiscono, insieme agli NO_x, i precursori principali nella formazione dello smog fotochimico.

Tra i COV è presente una classe di composti organici che differiscono dal metano e vengono definiti Composti organici volatili non metanici (COVNM). Fanno parte di questi ultimi gli

idrocarburi alifatici, aromatici (benzene, toluene, xileni), ossigenati (aldeidi, chetoni) etc... Lo stato di aggregazione in cui possono manifestarsi e la loro reattività dipende dalla differente struttura molecolare. La loro emissione in atmosfera è dovuta ai processi di evaporazione dei carburanti durante il rifornimento nei serbatoi o nelle stazioni di servizio oppure dai prodotti incombusti dal riscaldamento domestico e dagli autoveicoli. Altre fonti non trascurabili anche se di rilevanza secondaria sono legate ad attività di grassaggio e tinteggiatura. Gli effetti sulla salute umana variano a seconda della struttura del composto.

3.3.5. BENZENE (C₆H₆)

Tra i composti organici volatili di particolare rilevanza risulta essere il benzene. Quest'ultimo è un idrocarburo aromatico monociclico presente sotto forma di liquido volatile a temperatura e pressione ambientale. Il C₆H₆ presenta un odore caratteristico dolciastro e aromatico (da qui deriva il nome dei composti chimici "aromatici"), è altamente infiammabile ed inodore.

Tale composto è un componente dei derivati del petrolio e del petrolio greggio (quello appena estratto dai pozzi e non lavorato) ed è presente in aria a causa di: eventi naturali come incendi boschivi o eruzioni vulcaniche, attività umane ed industriali che utilizzano il petrolio ed i suoi derivati (produzione solventi, lubrificanti etc...), gas di scarico dei veicoli a motore alimentati a benzina. In quest'ultimo caso alla benzina vengono aggiunti alcuni composti come il benzene, il toluene e lo xilene con funzione di antidetonante (in precedenza si utilizzava il piombo tetraetile che è poi stato sostituito per gli effetti tossici). Il benzene costituisce circa l'80% delle emissioni in aria proveniente dai gas di scarico e nel giro di pochi giorni si degrada reagendo con altri composti. Il vento e la pioggia permettono di ridurre i livelli di benzene in aria facendolo ricadere al suolo. Questo composto possiede notevoli proprietà solventi: è miscibile in tutte le proporzioni con molti altri solventi organici, mentre è poco solubile in acqua. Esso viene usato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi.

Dal punto di vista sanitario l'intossicazione acuta da benzene non avviene di frequente in quanto in aria il composto risulta diluito ed è difficile trovarlo ad alte concentrazioni. Essa risulta associata ad un'inalazione a livelli elevati di benzene (molto superiori rispetto a quelli presente nell'ambiente atmosferico). Il benzene inalato è facilmente assorbito nei polmoni e si accumula nel tessuto adiposo, midollo osseo, sangue e fegato, dove viene metabolizzato per essere eliminato nelle urine e nell'aria espirata. I principali effetti da avvelenamento di benzene sono: sonnolenza, nausea, mal di testa, convulsioni, irritazione oculare, vertigini e tachicardia. I principali bersagli di questo tipo di

intossicazione sono il sistema nervoso e il cuore. Per periodi di esposizione più lunghi a questo inquinante anche a basse dosi, si hanno effetti sul sistema emopoietico. Il benzene, infatti, provoca tossicità al midollo osseo, causando una riduzione nel numero dei globuli bianchi e rossi con conseguente anemia. Esposizioni prolungate nel tempo possono inoltre determinare sanguinamenti ed effetti sul sistema immunitario, ma in particolare varie forme di leucemia (linfoma non-Hodgkin, leucemia linfatica etc...). (Lombardia 2018)

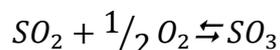
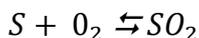
Di seguito viene riportata la tabella che contiene i limiti di riferimento previsto dal (D.Lgs.155/2010, Allegato XI) relativamente al C₆H₆:

Inquinante	Tipo di limite	Limite
Benzene	Limite annuale	5 µg/m ³ media annua

Tabella 4: Benzene limite di legge per la protezione della salute umana (D.Lgs.155/2010).

3.3.6. BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)

Gli ossidi di zolfo SO_x presenti in atmosfera derivano prevalentemente dalla combustione che, a seguito dell'ossidazione dello zolfo presente nel combustibile, produce emissioni contenenti anidride solforosa SO₂ (o come definito oggi biossido di zolfo) e solforica (SO₃).



Le caratteristiche termodinamiche e cinetiche delle reazioni sono tali per cui SO₂ è largamente prevalente rispetto a SO₃.

Analizzando specificatamente il biossido di zolfo si può dire che è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua. Le fonti principali di emissione di SO₂ sono originate dalla combustione di carbon fossile e petrolio greggio per il riscaldamento domestico, la produzione industriale e quella energetica da parte di centrali termoelettriche. Altre fonti sono la lavorazione di materie plastiche, la desolforazione dei gas naturali e l'incenerimento dei rifiuti. Negli ultimi anni però l'emissione dovuta al riscaldamento è diminuita grazie alla diffusione del metano, mentre per il traffico veicolare si è ridotta grazie al miglioramento dei combustibili da trazione. In aggiunta a quanto scritto, l'ossidazione del biossido a SO₃ e quindi la formazione successiva tramite meccanismi fotochimici ad acido solforico, rendono SO₂ il principale responsabile, con gli NO_x, dell'acidificazione delle precipitazioni.

I principali danni alla salute variano a seconda della concentrazione e del tempo di esposizione: in situazioni di basse concentrazioni si manifestano effetti come irritazione agli occhi e alla gola, mentre nel caso in cui si abbia un'esposizione prolungata a concentrazioni superiori possono insorgere patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, malattie polmonari o tracheiti. (Lombardia 2018) Le precipitazioni acide che si formano in seguito all'emissione di SO₂ in atmosfera portano ad effetti negativi sulla vegetazione, inibendone la crescita. Di seguito viene riportata la tabella che contiene i limiti di riferimento previsto dal (D.Lgs.155/2010, Allegato XI e XII) relativamente al biossido di zolfo SO₂:

Inquinante	Tipo di limite	Limite
SO ₂	Limite orario	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte all'anno
	Limite giornaliero	125 µg/m ³ da non superare per più di 3 giorni all'anno
	Soglia di allarme	500 µg/m ³ misurata su tre ore consecutive

Tabella 5:SO₂ limiti di legge per la protezione della salute umana e soglia di allarme (D.Lgs.155/2010).

3.3.7. MATERIALE PARTICOLATO

Il particolato atmosferico è costituito da una miscela di particelle solide o liquide con forma e composizione differente (metalli pesanti, solfati, nitrati, ammonio, carbonio organico, idrocarburi policiclici aromatici, diossine/furani). Gli effetti del particolato sulla qualità dell'aria non solo dipendono dalla concentrazione, ma in particolare dalle dimensioni. Le singole particelle hanno forme irregolari e perciò la caratterizzazione della granulometria si base sul diametro aerodinamico (diametro di una particella che ha la stessa velocità di sedimentazione).

Possono essere definite due classi principali di particolato, suddivise sia per dimensione che per composizione:

- Particolato grossolano, costituito da particelle di diametro superiore a 10 µm e sono trattenute in genere dalla parte superiore dell'apparato respiratorio (naso, laringe).
- Particolato fine, quindi sia le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm, definite con la dicitura "PM₁₀", in grado di penetrare all'interno dell'apparato respiratorio superiore, sia quelle caratterizzate da diametro inferiore a 2,5 µm, definite come PM_{2,5} in grado di penetrare profondamente nei polmoni specie durante la respirazione dalla bocca. Polveri con diametro inferiore vengono definite come ultrafini e tendono a coagularsi in aggregati più grandi a causa dell'azione dei moti Browniani (mentre quelle di dimensioni maggiori tendono a permanere per tempi ridotti in atmosfera).

L'emissione di particolato è attribuibile a processi naturali di erosione eolica o risollevarimento di materiale dal suolo, generalmente è coinvolto il particolato grossolano. Le attività antropogeniche ed industriali, come anche il traffico veicolare, sono le principali fonti di emissioni di particolato fine, mentre per il particolato ultrafine (<1 µm) la formazione secondaria da processi fotochimici in atmosfera assume un ruolo rilevante.

Il particolato ha un impatto ambientale significativo: sul clima, sulla visibilità, sulla contaminazione di acqua e suolo, sugli edifici e sulla salute di tutti gli esseri umani. Esso, infatti è in grado di adsorbire sulla superficie delle particelle vapori e gas tossici.

Come indicato dal Ministero della Salute, diversi studi hanno evidenziato nel caso di esposizione acute al particolato, alterazioni della capacità respiratoria; nei casi più gravi anche mortalità per malattie respiratorie. Se si parla di esposizione estesa nel tempo, anche per basse dosi, si manifesta un incremento di patologie respiratorie (bronchite, asma, riduzione funzionalità respiratoria) e mortalità. L'esposizione cronica al particolato (specialmente quello più fine, presente dei fumi di combustione) viene associato all'incremento di rischio di tumore nelle vie respiratorie; infatti, la fuliggine in esso presente ha proprietà cancerogene e molti idrocarburi policiclici aromatici (come anche i metalli) sono adsorbiti sul particolato fine, che viene inalato profondamente nei polmoni.

Di seguito viene riportata la tabella che contiene i limiti di riferimento previsto dal (D.Lgs.155/2010, Allegato XI) relativamente al materiale particolato :

Inquinante	Tipo di limite	Limite
PM10	Limite Giornaliero	50 µg/m ³ da non superarsi per più di 35 giorni all'anno
	Limite Annuale	40 µg/m ³ media annua
PM2.5	Limite annuale	25 µg/m ³ media annua (dal 2015)

Tabella 6: PM10 e PM2,5 limiti di legge annuale e giornaliero (D.Lgs.155/2010).

4. FUNZIONAMENTO E TIPOLOGIA DELLE STAZIONI

Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria sono composte da una struttura base, dalla strumentazione di misura degli inquinanti atmosferici e dalle apparecchiature per la visualizzazione, l'elaborazione e la trasmissione dei valori relativi ai parametri misurati. La strumentazione è disposta in maniera modulare, in modo tale da aumentare o diminuire agevolmente il numero dei parametri da determinare. Per l'acquisizione dei dati misurati tramite la strumentazione, gli enti ARPA hanno deciso di porre all'interno delle postazioni periferiche per il controllo della qualità dell'aria delle unità di archiviazione. La principale caratteristica degli strumenti di analisi dei contaminanti atmosferici è quella di determinare la misura della sostanza in esame con elevata sensibilità (anche quando è presente a basse concentrazioni), in modo automatico e continuo sulle 24 ore.



Figura 3: Esempio di centralina di monitoraggio (Chiamamicittà.it s.d.)

Il personale tecnico di ARPA Lombardia effettua il controllo, la manutenzione e la calibrazione della strumentazione. Gli strumenti automatici presenti nella rete di rilevamento della qualità dell'aria, descritti nel sito (Arpa Lombardia), sono i seguenti:

- a) Analizzatori di biossido di zolfo (SO₂): misura tramite fluorescenza molecolare, che si basa sull'eccitazione delle molecole SO₂, usando la radiazione UV nella regione 230nm-190nm e con la conseguente emissione di radiazioni fluorescenti quando tali molecole ritornano allo stato energetico di partenza. Dalla lunghezza d'onda di queste radiazioni posso identificare la molecola;

b) Analizzatori di ossidi di azoto (NO, NO₂, NO_x) e ammoniaca (NH₃): l'analisi degli ossidi di azoto viene fatta a seguito della chemiluminescenza generata dalla reazione tra NO ed O₃ in fase gassosa. Dal punto di vista chimico la reazione è: $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + hv$. L'emissione di luce si ha quando le molecole di NO₂ eccitate tendono a decadere agli stati energetici inferiori. In seguito tramite un convertitore il biossido di azoto viene convertito in NO, in modo tale che venga misurato tramite la chemiluminescenza. Alcuni analizzatori degli ossidi di azoto possono determinare le concentrazioni di ammoniaca tramite la presenza di un convertitore che trasformi NH₃ in NO;

c) Analizzatori di particolato atmosferico (PM₁₀, PM_{2.5}): i sistemi per il rilevamento del particolato all'interno delle singole regioni variano, ma tendenzialmente la scelta è fra 2 tipologie.

La prima tipologia (la più utilizzata) si basa sul principio di attenuazione beta, simile al metodo gravimetrico. Le particelle vengono selezionate da una testa di prelievo che determina così il taglio dimensionale del campione, permettendo così la distinzione tra PM₁₀ e PM_{2.5}. Successivamente al superamento della testa le particelle si depositano sul filtro. Viene così calcolata la concentrazione di particolato atmosferico della classe selezionata come differenza tra la misura dell'attenuazione delle particelle beta e l'attenuazione del filtro bianco. I dati della misura non sono disponibili in tempo reale, ma sono già disponibili il giorno successivo a quello della misura.

La seconda tipologia invece è basata su campionatori manuali di particolato a basso volume conformi alla norma tecnica UNI EN 12341, che prevede il prelievo su filtro e una determinazione gravimetrica da effettuare successivamente in laboratorio. I dati in tal modo non sono disponibili immediatamente, ma richiedono una decina di giorni per le diverse operazioni di raccolta filtri, analisi in laboratorio, validazione e inserimento nel database del sito ARPA.

I dati prodotti sono equivalenti e complementari. Si differenziano per il fatto che, oltre a misurare i livelli di PM₁₀, il primo consente anche la determinazione di altre sostanze inquinanti presenti nel particolato e previste dalla normativa, mentre il secondo permette di fornire quotidianamente l'informazione alle Amministrazioni e ai cittadini anche nella forma dell'Indice di Qualità dell'aria;

d) Analizzatori di monossido di carbonio (CO): analisi basata sul fatto che le molecole di CO assorbono le radiazioni infrarosse IR (spettrofotometria di correlazione nell'infrarosso). L'intensità di quest'ultime varia proporzionalmente alla concentrazione nel campione raccolto;

- e) Analizzatori di ozono (O₃): la misura è basata sulla capacità della molecola di ozono di assorbire i raggi UV in corrispondenza dei 254nm. Tale determinazione è ottenuta grazie a continue iniezioni di gas di riferimento e di gas campione nella cella analitica;
- f) Analizzatori di benzene, toluene, xileni: il benzene campionato viene adsorbito da un tubo particolare, poi desorbito e trasferito in un gascromatografo dotato di colonna capillare e rivelatore a ionizzazione. Il principio di misurazione è quello della gascromatografia;
- g) Analizzatori di black carbon: basandosi sulla capacità delle particelle carboniose presenti in atmosfera di attenuare la radiazione luminosa, si può stimare la concentrazione di black carbon equivalente andando a misurare il coefficiente di assorbimento di tali particelle.

Secondo i criteri dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) le stazioni di misura di qualità dell'aria vengono classificate a seconda della tipologia della stazione, dell'area e della tipologia della zona:

- Traffico (T): stazioni il cui posizionamento è tale che l'inquinamento misurato proviene principalmente da emissioni di traffico, a causa della prossimità di strade caratterizzate da traffico medio alto;
- Fondo (o background, B): la misura dell'inquinamento in tali stazioni risulta influenzata da un contributo integrato di tutte le sorgenti poste sopravento alla stazione rispetto alla direzione predominante nel sito. Il livello di concentrazioni di contaminante in tali stazioni non risulta influenzato perciò da singole fonti specifiche (riscaldamento, industrie, traffico etc...);
- Industriale (I): stazioni poste in prossimità di singole fonti industriali o zone industriali limitrofe, le quali influenzano prevalentemente il livello di inquinamento;
- Urbana (U): stazione fissa inserita in area edificata in continuo o almeno in modo predominante;
- Suburbana (S): stazione fissa inserita in un'area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate che urbanizzate;
- Rurale (R): stazione che è posizionata all'interno di contesti non urbani e non suburbani. Se essa è posta a più di 50 km di distanza dalla fonte di emissione, si definisce rurale remota.

5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

Per lo svolgimento di questo elaborato si è deciso di andare a considerare un certo numero di centraline ARPA situate all'interno di ciascuna regione. Si è stabilito di andare a valutare solo alcune stazioni di monitoraggio (a causa del numero molto elevato) in modo tale da concentrare l'analisi e semplificare la lettura dei dati. I valori relativi ai contaminanti sono stati ricavati a partire dai siti ARPA per ogni regione italiana. Nell'indagine volta ad ottenere questi dati si è osservato che per quanto riguarda le regioni di Molise, Basilicata, Sicilia e Friuli-Venezia-Giulia, la lettura online dei valori per un periodo tempo ampio (che non fosse giornaliero) risultava mancante. Nel caso della regione Veneto i valori dei parametri di inquinamento per ogni centralina sono stati ottenuti grazie alla richiesta fatta tramite l'ufficio tecnico, che ha messo a mia disposizione tutti i dati giornalieri delle stazioni di monitoraggio per l'anno 2020. Nella maggior parte dei casi, purtroppo, il bollettino annuale del 2020 viene reso pubblico a seguito di una validazione dei dati misurati, generalmente intorno a maggio. La scelta del numero di centraline è stata fatta cercando di andare a coprire una maggiore estensione possibile del territorio regionale con un numero

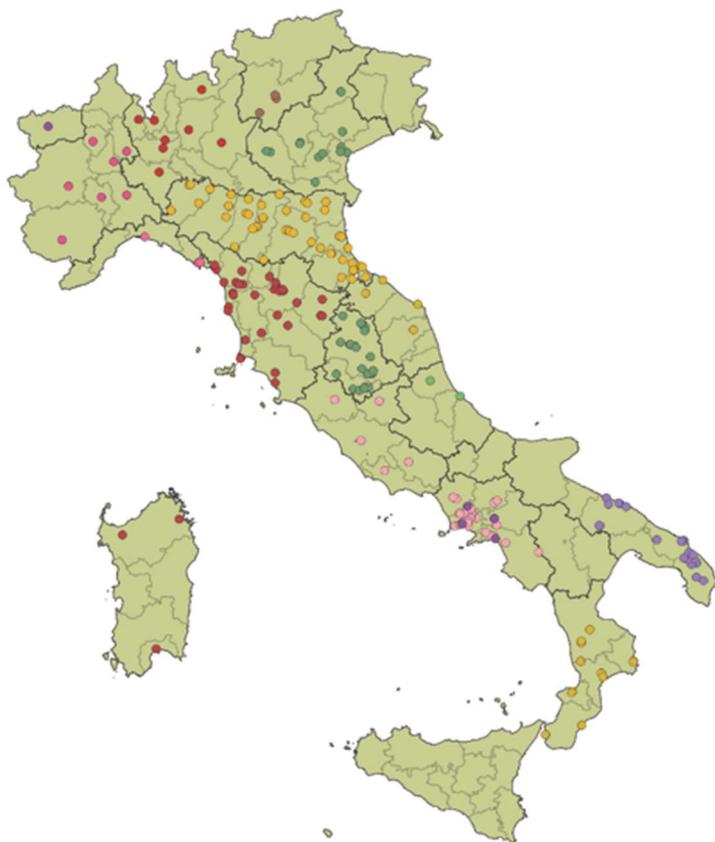


Figura 4: Mappa delle centraline di monitoraggio Arpa

sufficientemente rappresentativo di esse. Per ottenere una rappresentazione grafica della rete di monitoraggio scelta si è deciso di utilizzare il sistema informativo territoriale QGIS. Dopo la ricerca delle coordinate delle singole stazioni, e dopo aver inserito gli shapefile delle regioni e delle province all'interno del programma, tramite il comando "Aggiungi layer da test delimitato" è stato possibile importare il file excel in formato csv delle coordinate delle stazioni scelte per ogni regione. Qui a fianco viene riportata l'immagine ottenuta tramite il layout di stampa del programma QGIS.

6. ANALISI DEI DATI

Nella fase di elaborazione statistica l'obiettivo è quello di mettere in correlazione i dati relativi all'emissione giornaliera dei contaminanti (ottenuti come descritto in precedenza dai siti ARPA delle varie regioni) ed i dati giornalieri relativi ai casi di soggetti positivi al virus COVID -19, ottenuti tramite l'utilizzo del sito Git Hub. Questo step verrà effettuato avvalendosi dell'ausilio del software IBM-SPSS, in particolar modo utilizzando la funzione Analizza->Correlazione->Bivariata.

6.1. CORRELAZIONE LINEARE

Prima di procedere al commento dei risultati è doveroso descrivere brevemente dal punto di vista teorico questa operazione statistica.

Quando si vanno a considerare due o più caratteri (variabili) si possono esaminare anche il tipo e l'intensità delle relazioni che sussistono tra di loro, andando a verificare se variano simultaneamente e nel caso quale relazione "matematica" sussista tra queste variabili. Per poter eseguire quanto descritto si ricorre all'analisi della regressione e a quella della correlazione. La prima viene utilizzata per sviluppare un modello statistico che possa essere usato per prevedere i valori di una variabile, detta dipendente o più raramente predetta, sulla base dei valori dell'altra variabile, detta indipendente o esplicativa. In questo studio però l'analisi che verrà utilizzata è quella di correlazione; quest'ultima viene identificata come la tendenza che hanno due variabili (X e Y) a variare insieme, ovvero a "covariare". Non si tratta di norma di un rapporto causa-effetto ma di una misura dell'intensità dell'associazione tra le due variabili.

Quando si parla di correlazione bisogna considerare due aspetti principali:

- a. Il tipo di relazione esistente tra le due variabili;
- b. La forma della relazione.

Per quanto riguarda il punto a. essa può essere definita in due modi: "lineare" se, rappresentata su assi cartesiani, si avvicina alla forma di una retta oppure "non lineare" se la relazione ha andamento curvilineo (parabola o iperbole) su asse cartesiano.

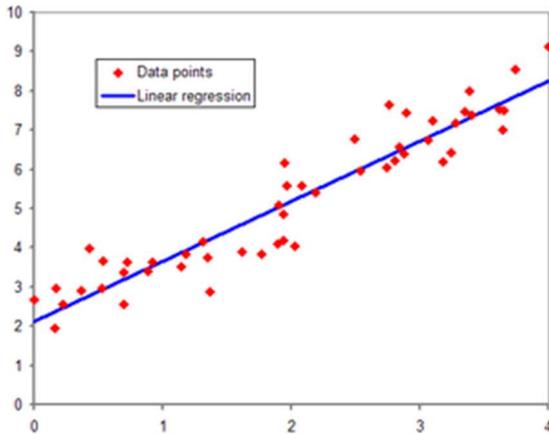


Figura 5: esempio correlazione lineare tra due variabili

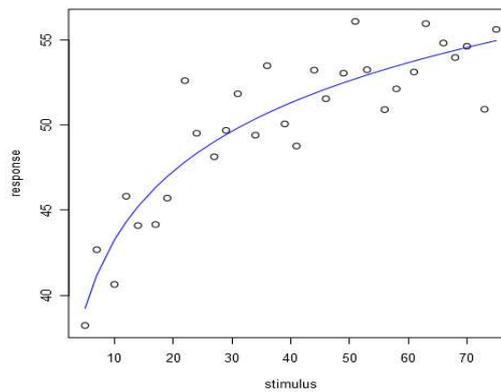


Figura 6: esempio correlazione non lineare

Per quanto riguarda invece la forma della relazione si distinguono: “l’entità” e la “direzione”. La prima può essere positiva, se all’aumentare della variabile aumenta anche l’altra, oppure negativa se all’aumentare di una diminuisce l’altra. L’entità invece si riferisce alla forza della relazione esistente tra due variabili. Quanti più valori sono raggruppati attorno ad una retta tanto più forte è la relazione tra le due variabili. Se i punti all’interno del grafico sono dispersi in maniera uniforme vuol dire che non sussiste alcuna relazione.

Esistono vari tipi di coefficienti di correlazione a seconda del tipo di scala della variabile; quello utilizzato in questo studio è il “coefficiente di correlazione lineare r di Pearson” usato nelle scale a intervalli e rapporti equivalenti. In statistica l’indice r di Pearson si utilizza per determinare la forza e la direzione di una relazione lineare tra due variabili continue. Esso è dato dalla somma dei prodotti dei punteggi standardizzati delle due variabili z_x e z_y diviso il numero di soggetti (o osservazioni):

$r = \frac{\sum z_x z_y}{N}$ anche se per effettuare i calcoli viene utilizzata la seguente relazione, derivata dalla risoluzione precedente:

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Tale coefficiente può assumere valori che vanno da -1.00 (valore che indica una correlazione perfetta negativa) e +1.00 (tra le due variabili vi è una correlazione perfetta positiva). Nel caso r fosse pari a 0 significa che tra le due variabili non vi è alcuna correlazione; di conseguenza più ci si avvicina a 0 più la correlazione lineare è debole. Un valore r positivo è indice di una correlazione positiva, in cui i valori delle due variabili tendono ad aumentare in parallelo; al contrario un valore r

negativo è indice di una correlazione negativa, in cui il valore di una variabile tende ad aumentare quando l'altra diminuisce.

All'interno della tabella di output ottenuta tramite il software IBM SPSS oltre al coefficiente di correlazione e la numerosità N dei campioni sarà presente un altro valore: il p-value. Quest'ultimo è una misura della probabilità utilizzata nel test di ipotesi. L'obiettivo del test è quello di verificare se ci siano prove sufficienti a sostenere una certa ipotesi relativa ai dati in esame. In sostanza vengono formulate: l'ipotesi nulla e l'ipotesi alternativa.

Nel caso dell'analisi di correlazione, l'ipotesi nulla è che la relazione osservata tra le due variabili sia casuale; ciò si ottiene quando il coefficiente di correlazione è pari a zero, indice dell'assenza di una correlazione lineare. L'ipotesi alternativa invece è che la correlazione misurata sia presente realmente tra i dati (e che quindi il coefficiente di correlazione sia diverso da zero).

Il p-value rappresenta la probabilità di osservare un valore diverso da zero all'interno dei dati campione quando l'ipotesi nulla è vera. Dal punto di vista numerico un p-value piccolo porta a rifiutare l'ipotesi; la soglia stabilita per il rifiuto dell'ipotesi nulla è 0.05. In sostanza, se il p-value è caratterizzato da un valore inferiore alla soglia di 0.05 allora l'ipotesi nulla è da rifiutare a favore dell'ipotesi alternativa, secondo cui il coefficiente di correlazione è diverso da zero.

6.2. ANALISI DEI DATI REGIONALE

In questa parte dell'elaborato si andranno a descrivere regione per regione i risultati ottenuti tramite l'elaborazione statistica del software IBM SPSS, oltre ad un breve inquadramento sulle centraline ARPA, selezionate per effettuare questo confronto tra i valori dei contaminanti presenti in aria e i dati di incremento giornaliero dei contagiati dal virus COVID 19.

Nell'analisi effettuata successivamente si è deciso di suddividere i dati in base a:

- Periodo di lockdown e periodo di assenza di restrizioni;
- Le stagioni, in quanto per alcuni contaminanti sussiste un effetto stagionale.

6.2.1. ABRUZZO



Figura 7: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Abruzzo

Dal punto di vista dell'inquadramento territoriale, si è deciso di procedere considerando le centraline (Arta Abruzzo) situate nelle 3 città principali ossia: L'Aquila (centralina situata in via Amiternum), Teramo (centralina situata presso la stazione di porta Reale) e Pescara (centralina situata in via Firenze). Come si può osservare dai grafici presenti nell'appendice gli andamenti degli inquinanti sono stati verificati e risultano coerenti.

Di seguito è presentato un grafico che mostra sullo stesso piano l'andamento dei casi covid giornalieri con quello dei contaminanti scelti.

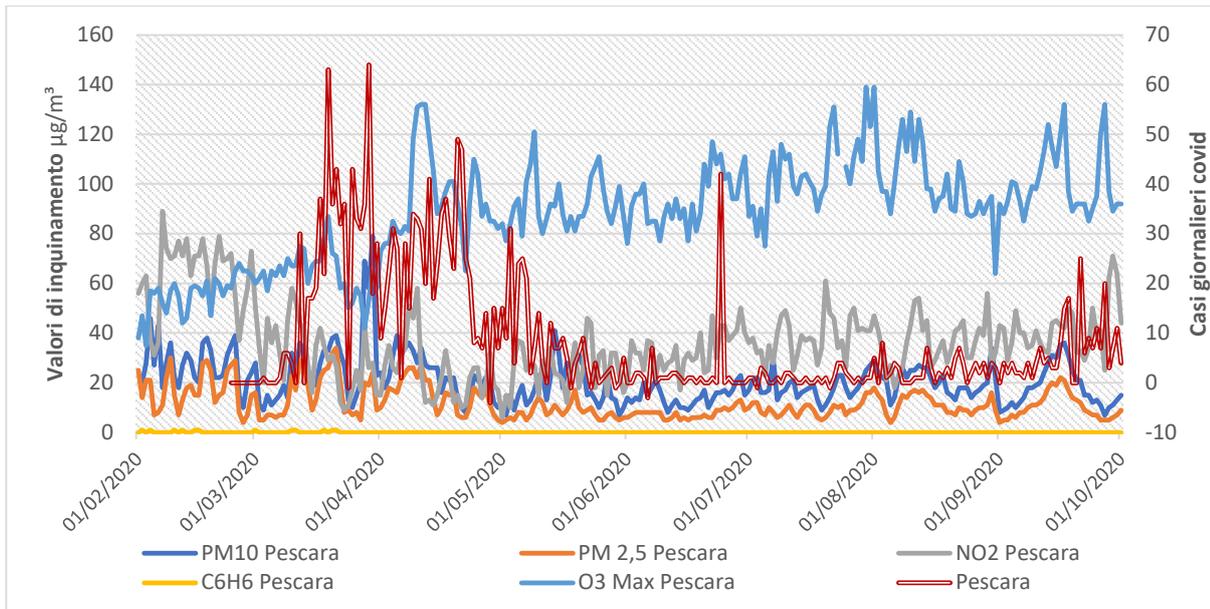


Gráfico 1: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Pescara

I dati riportati fanno riferimento al periodo compresa tra 01/02/20 al 01/10/2020. Di conseguenza non è stato necessario fare una suddivisione in base al colore delle regioni. Da questo grafico si può individuare come per la provincia di Pescara si abbia un aumento importante dei casi di persone contagiate dal virus (curva rossa) nel periodo del primo lockdown (dal 9 Marzo al 20 Maggio) ed un aumento intorno alla fine di settembre, momento in cui è iniziata la seconda ondata. Di seguito viene effettuata l'analisi di correlazione tra i diversi parametri utilizzando il software IBM SPSS:

Correlazioni

DATA (Raccolto): Estate

mis_cont			PM10Pescara	PM25Pescara	NO2Pescara	COPescara	C6H6Pescara	O3MaxPescara	Pescara
No Restrizioni	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,903**	,066	,267**	,504**	,433**	,173
		Sign. (a due code)		<,001	,533	,010	<,001	<,001	,098
		N	92	92	92	92	92	91	92
PM25Pescara	PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,903**	1	,243*	,235*	,613**	,499**	,171
		Sign. (a due code)	<,001		,019	,024	<,001	<,001	,103
		N	92	92	92	92	92	91	92
NO2Pescara	NO2Pescara	Correlazione di Pearson	,066	,243*	1	,043	,615**	,299**	,048
		Sign. (a due code)	,533	,019		,685	<,001	,004	,646
		N	92	92	92	92	92	91	92
COPescara	COPescara	Correlazione di Pearson	,267**	,235*	,043	1	,159	,319**	-,137
		Sign. (a due code)	,010	,024	,685		,129	,002	,191
		N	92	92	92	92	92	91	92
C6H6Pescara	C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,504**	,613**	,615**	,159	1	,478**	,139
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	<,001	,129		<,001	,186
		N	92	92	92	92	92	91	92
O3MaxPescara	O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	,433**	,499**	,299**	,319**	,478**	1	,067
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	,004	,002	<,001		,528
		N	91	91	91	91	91	91	91
Pescara	Pescara	Correlazione di Pearson	,173	,171	,048	-,137	,139	,067	1
		Sign. (a due code)	,098	,103	,646	,191	,186	,528	
		N	92	92	92	92	92	91	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 7: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo estivo

Dalla tabella si può osservare come nel periodo estivo, a seguito delle misure di contenimento attuate in primavera, si è avuto un abbassamento dei contagi. Diversi studi, inoltre, hanno evidenziato come sia l'effetto fortemente sterilizzante dei raggi solari UV, sia la stagionalità della risposta immunitaria (che in estate è più efficace e meno infiammatoria) contribuiscono a questa riduzione dei contagi. Nella tabella, infatti si può notare come non sussista una correlazione importante tra i contagi nella provincia di Pescara e i contaminanti presenti in atmosfera.

Correlazioni

DATA (Raccolto): Primavera

mis_cont			PM10Pescara	PM25Pescara	NO2Pescara	COPescara	C6H6Pescara	O3MaxPescara	Pescara	
No Restrizioni	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,619**	-,044	-,268	,097	-,094	,390*	
		Sign. (a due code)		<,001	,810	,138	,596	,610	,027	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,619**	1	,419*	-,132	,463**	,055	,207	
		Sign. (a due code)	<,001		,017	,473	,008	,766	,257	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	NO2Pescara	Correlazione di Pearson	-,044	,419*	1	-,060	,582**	,025	-,157	
		Sign. (a due code)	,810	,017		,743	<,001	,893	,391	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	COPescara	Correlazione di Pearson	-,268	-,132	-,060	1	,061	-,291	-,107	
		Sign. (a due code)	,138	,473	,743		,742	,106	,559	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,097	,463**	,582**	,061	1	,163	-,141	
		Sign. (a due code)	,596	,008	<,001	,742		,372	,443	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	-,094	,055	,025	-,291	,163	1	-,097	
		Sign. (a due code)	,610	,766	,893	,106	,372		,596	
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	Pescara	Correlazione di Pearson	,390*	,207	-,157	-,107	-,141	-,097	1	
		Sign. (a due code)	,027	,257	,391	,559	,443	,596		
		N	32	32	32	32	32	32	32	
	Lockdown	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,658**	,347**	,491**	,655**	-,163	,193
			Sign. (a due code)		<,001	,007	<,001	<,001	,214	,139
			N	60	60	60	60	60	60	60
		PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,658**	1	,490**	,424**	,804**	,274*	,188
			Sign. (a due code)	<,001		<,001	<,001	<,001	,034	,151
			N	60	60	60	60	60	60	60
NO2Pescara		Correlazione di Pearson	,347**	,490**	1	,159	,523**	,188	-,009	
		Sign. (a due code)	,007	<,001		,225	<,001	,151	,946	
		N	60	60	60	60	60	60	60	
COPescara		Correlazione di Pearson	,491**	,424**	,159	1	,540**	-,165	,107	
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	,225		<,001	,207	,414	
		N	60	60	60	60	60	60	60	
C6H6Pescara		Correlazione di Pearson	,655**	,804**	,523**	,540**	1	-,106	,338**	
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	<,001	<,001		,420	,008	
		N	60	60	60	60	60	60	60	
O3MaxPescara		Correlazione di Pearson	-,163	,274*	,188	-,165	-,106	1	-,138	
		Sign. (a due code)	,214	,034	,151	,207	,420		,293	
		N	60	60	60	60	60	60	60	
Pescara		Correlazione di Pearson	,193	,188	-,009	,107	,338**	-,138	1	
		Sign. (a due code)	,139	,151	,946	,414	,008	,293		
		N	60	60	60	60	60	60	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 8: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo primaverile

La primavera 2020 invece al contrario dell'estate è stata appunto il fulcro della prima ondata di contagi e di conseguenza è stata suddivisa tra periodo di lockdown (considerato tra il 21 Marzo e il 20 Maggio) ed il periodo senza restrizioni, ossia a cavallo dei mesi di maggio e giugno. Se per il periodo senza restrizioni non si riscontra coerentemente una correlazione, lo stesso, contrariamente a questo ipotizzato, avviene nel periodo di chiusura. Il coefficiente di Pearson non risulta essere significativo per alcun contaminante, andando in contraddizione con l'ipotesi iniziale.

Correlazioni

DATA (Raccolto): Autunno

mis_cont			PM10Pescara	PM25Pescara	NO2Pescara	COPescara	C6H6Pescara	O3MaxPescara	Pescara
No Restrizioni	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,903**	-,080	,507	,513	-,757*	-,520
		Sign. (a due code)		<,001	,826	,134	,130	,011	,123
		N	10	10	10	10	10	10	10
	PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,903**	1	-,255	,587	,533	-,649*	-,313
		Sign. (a due code)	<,001		,477	,074	,112	,042	,379
		N	10	10	10	10	10	10	10
	NO2Pescara	Correlazione di Pearson	-,080	-,255	1	,091	,615	-,431	-,435
		Sign. (a due code)	,826	,477		,804	,059	,214	,209
		N	10	10	10	10	10	10	10
	COPescara	Correlazione di Pearson	,507	,587	,091	1	,586	-,562	,012
		Sign. (a due code)	,134	,074	,804		,075	,091	,974
		N	10	10	10	10	10	10	10
	C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,513	,533	,615	,586	1	-,821**	-,512
		Sign. (a due code)	,130	,112	,059	,075		,004	,131
		N	10	10	10	10	10	10	10
	O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	-,757*	-,649*	-,431	-,562	-,821**	1	,612
		Sign. (a due code)	,011	,042	,214	,091	,004		,060
		N	10	10	10	10	10	10	10
	Pescara	Correlazione di Pearson	-,520	-,313	-,435	,012	-,512	,612	1
		Sign. (a due code)	,123	,379	,209	,974	,131	,060	
		N	10	10	10	10	10	10	10

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 9: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo autunnale

Il periodo autunnale, che per questa regione è stato considerato fino all'inizio del mese di ottobre, risulta infatti non restrittivo e di conseguenza di può osservare una correlazione assente tra contaminanti e contagi, oltre ad una scarsa numerosità N.

Correlazioni

DATA (Raccolto): Inverno

mis_cont			PM10Pescara	PM25Pescara	NO2Pescara	COPescara	C6H6Pescara	O3MaxPescara	Pescara
No Restrizioni	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,777**	,264	,674**	,624**	-,330*	-,068
		Sign. (a due code)		<,001	,119	<,001	<,001	,050	,817
		N	36	36	36	36	36	36	14
	PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,777**	1	,494**	,865**	,917**	-,389*	-,188
		Sign. (a due code)	<,001		,002	<,001	<,001	,017	,521
		N	36	37	37	37	37	37	14
	NO2Pescara	Correlazione di Pearson	,264	,494**	1	,598**	,705**	-,379*	-,528
		Sign. (a due code)	,119	,002		<,001	<,001	,021	,052
		N	36	37	37	37	37	37	14
	COPescara	Correlazione di Pearson	,674**	,865**	,598**	1	,829**	-,422**	-,202
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	<,001		<,001	,009	,489
		N	36	37	37	37	37	37	14
C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,624**	,917**	,705**	,829**	1	-,491**	-,274	
	Sign. (a due code)	<,001	<,001	<,001	<,001		,002	,342	
	N	36	37	37	37	37	37	14	
O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	-,330*	-,389*	-,379*	-,422**	-,491**	1	,056	
	Sign. (a due code)	,050	,017	,021	,009	,002		,849	
	N	36	37	37	37	37	37	14	
Pescara	Correlazione di Pearson	-,068	-,188	-,528	-,202	-,274	,056	1	
	Sign. (a due code)	,817	,521	,052	,489	,342	,849		
	N	14	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,970**	-,034	,738**	,702**	,440	,491
		Sign. (a due code)		<,001	,912	,004	,007	,132	,089
		N	13	13	13	13	13	13	13
	PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,970**	1	,023	,778**	,762**	,434	,494
		Sign. (a due code)	<,001		,941	,002	,002	,138	,086
		N	13	13	13	13	13	13	13
	NO2Pescara	Correlazione di Pearson	-,034	,023	1	,181	,549	-,085	-,492
		Sign. (a due code)	,912	,941		,555	,052	,783	,088
		N	13	13	13	13	13	13	13
	COPescara	Correlazione di Pearson	,738**	,778**	,181	1	,860**	,230	,063
		Sign. (a due code)	,004	,002	,555		<,001	,449	,838
		N	13	13	13	13	13	13	13
C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,702**	,762**	,549	,860**	1	,131	-,087	
	Sign. (a due code)	,007	,002	,052	<,001		,669	,779	
	N	13	13	13	13	13	13	13	
O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	,440	,434	-,085	,230	,131	1	,589*	
	Sign. (a due code)	,132	,138	,783	,449	,669		,034	
	N	13	13	13	13	13	13	13	
Pescara	Correlazione di Pearson	,491	,494	-,492	,063	-,087	,589*	1	
	Sign. (a due code)	,089	,086	,088	,838	,779	,034		
	N	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 10: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Pescara durante il periodo invernale

L'inverno invece fa riferimento all'intervallo tra il 1 febbraio e il 21 marzo ed è perciò suddiviso nelle due categorie. Si noti inoltre come la numerosità del campione per il periodo non restrittivo è pari a N=14, in quanto i dati dei contagi sono disponibili dal 24 febbraio (di conseguenza la numerosità risulta limitata). Per il periodo di chiusura la correlazione non è significativa ma comunque positiva per quasi tutti i contaminanti (eccetto il benzene), mentre per quello senza restrizioni la tendenza dei contagi risulta inversa rispetto ai contaminanti in atmosfera.

Correlazioni

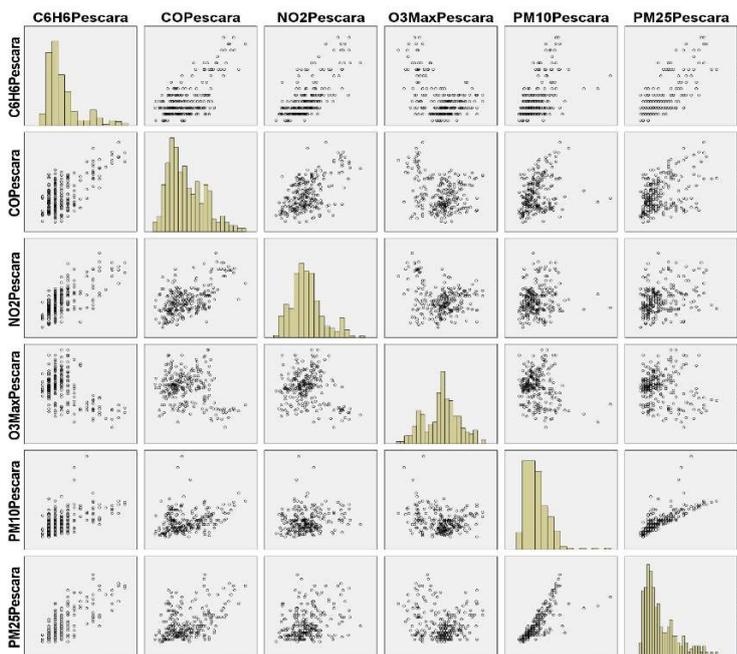
		PM10Pescara	PM25Pescara	NO2Pescara	COPescara	C6H6Pescara	O3MaxPescara
PM10Pescara	Correlazione di Pearson	1	,771**	,158*	,300**	,518**	-,202**
	Sign. (a due code)		<.001	,014	<.001	<.001	,002
	N	243	243	243	243	243	242
PM25Pescara	Correlazione di Pearson	,771**	1	,326**	,454**	,739**	-,147*
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,022
	N	243	244	244	244	244	243
NO2Pescara	Correlazione di Pearson	,158*	,326**	1	,568**	,710**	-,222**
	Sign. (a due code)	,014	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	243	244	244	244	244	243
COPescara	Correlazione di Pearson	,300**	,454**	,568**	1	,662**	-,263**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	243	244	244	244	244	243
C6H6Pescara	Correlazione di Pearson	,518**	,739**	,710**	,662**	1	-,489**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	243	244	244	244	244	243
O3MaxPescara	Correlazione di Pearson	-,202**	-,147*	-,222**	-,263**	-,489**	1
	Sign. (a due code)	,002	,022	<.001	<.001	<.001	
	N	242	243	243	243	243	243

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 11: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella provincia di Pescara

Si può notare come tra tutti i contaminanti vi sia una correlazione significativa; in particolare il PM10 come facilmente ipotizzabile risulta altamente correlato al PM10. Un contaminante che ha una correlazione abbastanza significativa ma risulta negativa è l'Ozono. Questo è dovuto al fatto che esso presenta un andamento fortemente stagionale: durante i mesi più caldi dell'anno, quando la radiazione solare è più intensa, tarda primavera–estate, i livelli tendono ad innalzarsi, mentre nel periodo invernale le concentrazioni sono molto basse, spesso prossime ai livelli di non rilevanza strumentale.



Un altro contaminante che presenta una buona correlazione con il particolato è il benzene, che nonostante i valori di concentrazioni inferiori, segue un andamento simile alle polveri.

Grafico 2: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Pescara

6.2.2. CALABRIA



Per questa regione sono state analizzate diverse centraline ARPA (Arpa Calabria), che fanno riferimento ai capoluoghi delle province: Crotona (stazione situata in via da Fiore), Cosenza (stazione situata presso lo spazio Città dei Ragazzi), Reggio Calabria (stazione Villa Comunale), Vibo Valentia (stazione Parco Durant), Catanzaro (stazione Parco Biodiversità).

La città selezionata per l'analisi è quella di Crotona.

Si riporta di seguito il grafico raffigurante l'andamento dei casi giornalieri covid e dei valori di contaminanti presenti in atmosfera:

Figura 8: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Calabria

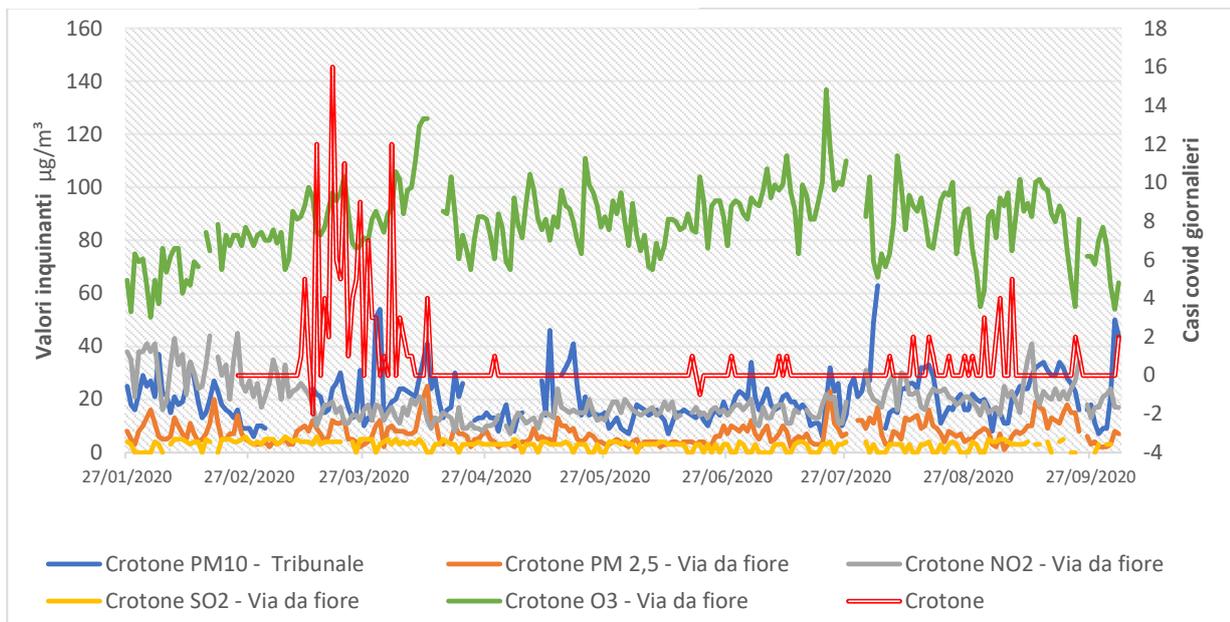


Grafico 3: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Crotona

L'andamento dei casi di contagio mostrato in precedenza evidenzia un periodo in cui si raggiunge un picco di contagi in corrispondenza del primo lockdown. Una premessa doverosa da fare è

relativamente al fatto che il numero dei contagi nella provincia di Crotona (ma così come in tutta la regione) sia stato poco numeroso; di conseguenza i risultati dell'analisi dei dati presenti successivamente risulteranno solo indicativi del contesto. L'intervallo temporale in cui si è scelto di effettuare l'analisi va dal 27 di gennaio fino al 4 di ottobre, escludendo così la seconda ondata.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Inverno

mis_cont			CrotonePM10 Viadafiore	CrotonePM25 Viadafiore	CrotoneO3Via dafiore	CrotoneNO2V iadafiore	Crotone
No Restrizioni	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,787**	-,373*	,561**	. ^c
		Sign. (a due code)		<,001	,018	<,001	.
		N	42	42	40	41	14
	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,787**	1	-,310	,758**	. ^c
		Sign. (a due code)	<,001		,051	<,001	.
		N	42	42	40	41	14
	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	-,373*	-,310	1	-,246	. ^c
		Sign. (a due code)	,018	,051		,125	.
		N	40	40	40	40	14
	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	,561**	,758**	-,246	1	. ^c
		Sign. (a due code)	<,001	<,001	,125		.
		N	41	41	40	41	14
Crotone	Correlazione di Pearson	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	. ^c	
	Sign. (a due code)	
	N	14	14	14	14	14	
Lockdown	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,892**	,322	-,331	,445
		Sign. (a due code)		<,001	,283	,270	,128
		N	13	13	13	13	13
	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,892**	1	,506	-,148	,387
		Sign. (a due code)	<,001		,077	,629	,191
		N	13	13	13	13	13
	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	,322	,506	1	,291	,091
		Sign. (a due code)	,283	,077		,334	,768
		N	13	13	13	13	13
	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	-,331	-,148	,291	1	-,404
		Sign. (a due code)	,270	,629	,334		,171
		N	13	13	13	13	13
	Crotone	Correlazione di Pearson	,445	,387	,091	-,404	1
		Sign. (a due code)	,128	,191	,768	,171	
		N	13	13	13	13	13

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

c. Calcolo impossibile da eseguire perché almeno una delle variabili è costante.

Tabella 12: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotona durante il periodo invernale

La tabella sopra, raffigurante i risultati del processo di analisi, mostra nel caso del periodo invernale senza restrizioni un errore nel calcolo, dovuto al fatto che i contagi risultano essere pari a 0 e di conseguenza non ha senso analizzare i parametri. Se si considera il periodo di lockdown la correlazione tra casi e le concentrazioni di ozono risulta essere assente. Il particolato al contrario, seppur non significativa, mostra una buona correlazione e siccome il coefficiente risulta positivo, l'andamento crescente dei contagi si sviluppa in contemporanea con l'aumento delle concentrazioni delle polveri. Il biossido di azoto in questo caso non segue l'andamento del particolato come

avviene per altre regioni. Nel periodo di lockdown perciò la correlazione risulta essere possibile (in contemporanea al manifestarsi dei primi casi), ma appare non significativa.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Primavera

mis_cont			CrotonePM10 Viadafiore	CrotonePM25 Viadafiore	CrotoneO3Via dafiore	CrotoneNO2V iadafiore	Crotone
No Restrizioni	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,453**	,005	-,271	,000
		Sign. (a due code)		,009	,977	,147	1,000
		N	32	32	32	30	32
	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,453**	1	,532**	,139	,000
		Sign. (a due code)	,009		,002	,465	1,000
		N	32	32	32	30	32
	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	,005	,532**	1	-,013	-,261
		Sign. (a due code)	,977	,002		,947	,149
		N	32	32	32	30	32
	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	-,271	,139	-,013	1	,058
		Sign. (a due code)	,147	,465	,947		,760
		N	30	30	30	30	30
Crotone	Correlazione di Pearson	,000	,000	-,261	,058	1	
	Sign. (a due code)	1,000	1,000	,149	,760		
	N	32	32	32	30	32	
Lockdown	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,595**	,256	,550**	-,081
		Sign. (a due code)		<,001	,057	<,001	,542
		N	59	59	56	58	59
	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,595**	1	,702**	,328*	,114
		Sign. (a due code)	<,001		<,001	,012	,389
		N	59	59	56	58	59
	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	,256	,702**	1	,308*	,040
		Sign. (a due code)	,057	<,001		,021	,769
		N	56	56	57	56	57
	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	,550**	,328*	,308*	1	,079
		Sign. (a due code)	<,001	,012	,021		,550
		N	58	58	56	59	59
Crotone	Correlazione di Pearson	-,081	,114	,040	,079	1	
	Sign. (a due code)	,542	,389	,769	,550		
	N	59	59	57	59	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 13: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotone durante il periodo primaverile

La tabella precedente legata alla stagione primaverile mostra un'assenza di correlazione tra i contaminanti considerati per questa provincia e i dati di contagio durante l'arco temporale post chiusura. L'unica eccezione riguarda l'ozono, che nonostante non abbia un coefficiente significativo, risulta avere una discreta correlazione negativa; il motivo è dovuto alla crescita estiva delle concentrazioni di ozono che risulta in opposizione alla diminuzione dei casi di positività al virus. Durante il lockdown si verifica una situazione simile di assenza di correlazione e di

significatività tra i parametri analizzati precedentemente; si decide perciò di non procedere nel dettaglio.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Estate

mis_cont			CrotonePM10 Viadafiore	CrotonePM25 Viadafiore	CrotoneO3Via dafiore	CrotoneNO2V iadafiore	Crotone
No Restrizioni	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,814**	,035	,392**	-,102
		Sign. (a due code)		<,001	,747	<,001	,337
		N	90	90	88	87	90
CrotonePM25Viadafiore	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,814**	1	,117	,261*	-,051
		Sign. (a due code)	<,001		,278	,015	,634
		N	90	90	88	87	90
CrotoneO3Viadafiore	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	,035	,117	1	-,057	-,227*
		Sign. (a due code)	,747	,278		,600	,033
		N	88	88	88	87	88
CrotoneNO2Viadafiore	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	,392**	,261*	-,057	1	,013
		Sign. (a due code)	<,001	,015	,600		,907
		N	87	87	87	87	87
Crotone	Crotone	Correlazione di Pearson	-,102	-,051	-,227*	,013	1
		Sign. (a due code)	,337	,634	,033	,907	
		N	90	90	88	87	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 14: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotone durante il periodo estivo

La tabella dell'output estivo mostra una correlazione poco significativa tra inquinanti e diffusione dei contagi. L'unico contaminante che ha una discreta correlazione significativa è l'O₃; il suo trend crescente, tipico della stagione estiva risulta contrapposto alla forte diminuzione estiva della diffusione dei casi.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Autunno

mis_cont			CrotonePM10 Viadafiore	CrotonePM25 Viadafiore	CrotoneO3Via dafiore	CrotoneNO2V iadafiore	Crotone
No Restrizioni	CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,546	-,400	-,003	,759**
		Sign. (a due code)		,066	,198	,992	,004
		N	12	12	12	12	12
CrotonePM25Viadafiore	CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,546	1	-,549	,442	,509
		Sign. (a due code)	,066		,065	,150	,091
		N	12	12	12	12	12
CrotoneO3Viadafiore	CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	-,400	-,549	1	,169	-,298
		Sign. (a due code)	,198	,065		,600	,346
		N	12	12	12	12	12
CrotoneNO2Viadafiore	CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	-,003	,442	,169	1	,349
		Sign. (a due code)	,992	,150	,600		,267
		N	12	12	12	12	12
Crotone	Crotone	Correlazione di Pearson	,759**	,509	-,298	,349	1
		Sign. (a due code)	,004	,091	,346	,267	
		N	12	12	12	12	13

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 15: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Crotone durante il periodo autunnale

Nella stagione autunnale il particolato presenta una buona correlazione caratterizzata da un coefficiente con segno positivo; il PM₁₀ in particolare risulta avere una correlazione significativa con i contagi. Quanto detto in precedenza evidenzia il fatto che all'aumentare dei casi in corrispondenza del periodo autunnale (inizio della seconda ondata), anche le polveri (considerando anche NO₂ che ha andamento simile) tendono ad avere una crescita per diversi motivi: aumento del traffico veicolare e dell'attività industriale, rispetto al periodo estivo, accensione dei riscaldamenti etc... L'ozono al contrario dopo aver raggiunto il picco nella stagione estiva tende a diminuire durante l'autunno, giustificando così il segno negativo nell'analisi di correlazione.

Correlazioni

		CrotonePM10 Viadafiore	CrotonePM25 Viadafiore	CrotoneNO2V iadafiore	CrotoneO3Via dafiore
CrotonePM10Viadafiore	Correlazione di Pearson	1	,675**	,273**	,026
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	,684
	N	248	248	241	241
CrotonePM25Viadafiore	Correlazione di Pearson	,675**	1	,260**	,241**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001
	N	248	248	241	241
CrotoneNO2Viadafiore	Correlazione di Pearson	,273**	,260**	1	-,298**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001
	N	241	241	242	238
CrotoneO3Viadafiore	Correlazione di Pearson	,026	,241**	-,298**	1
	Sign. (a due code)	,684	<.001	<.001	
	N	241	241	238	242

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 16: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Crotone

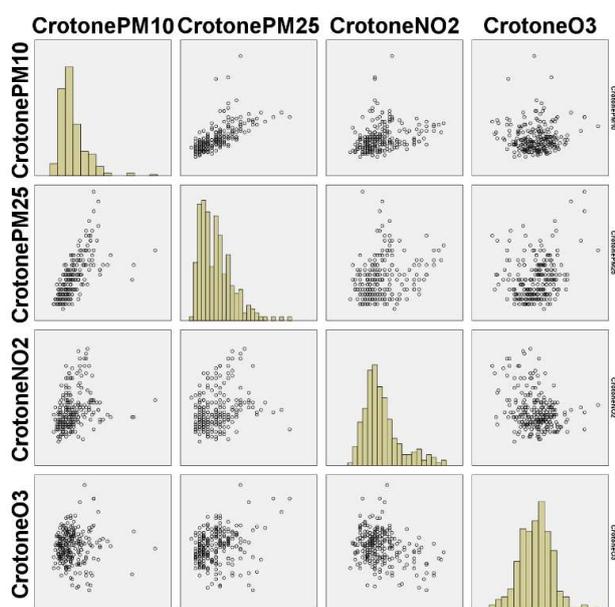
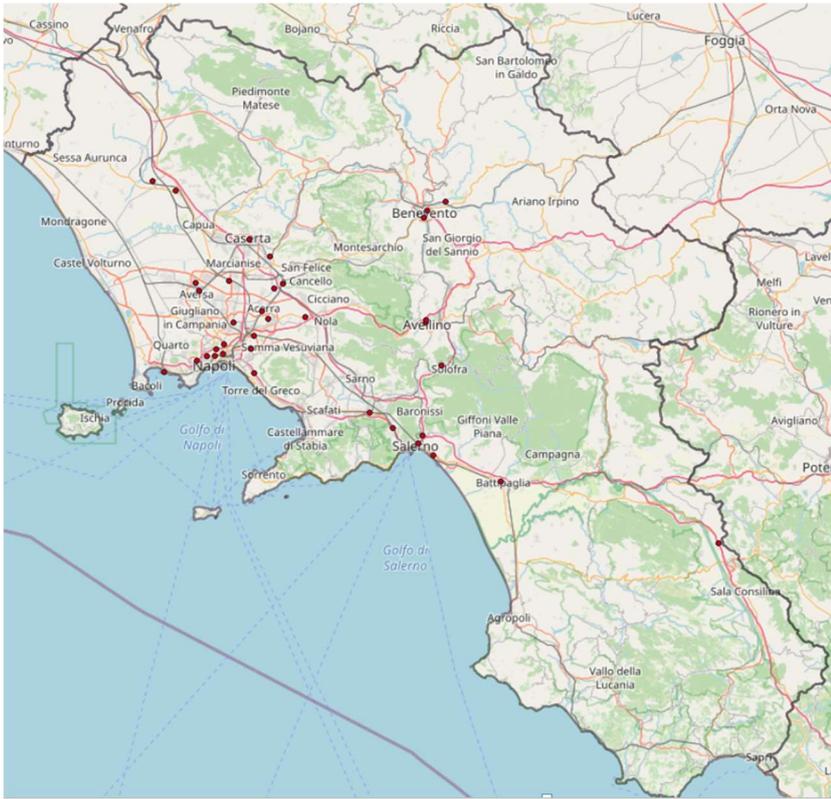


Grafico 4: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Crotone

Dall'analisi di correlazione tra contaminanti si può notare come i coefficienti di Pearson risultino significativi (ad eccezione del caso PM₁₀-O₃). La forte correlazione tra PM₁₀ e PM_{2,5}, che ci si aspetta, risulta esserci, mentre l'ossido di azoto che in molti casi tende a disporsi lungo la retta che descrive la relazione lineare con il particolato, in questo caso risulta abbastanza disperso.

6.2.3. CAMPANIA



L'inquadramento territoriale visibile nella mappa a fianco mostra diverse centraline ARPA (Arpa Campania) considerate. Si è deciso di utilizzare una centralina posizionata per capoluogo di provincia. Le stazioni analizzate sono: Avellino (centralina presso Scuola Alighieri), Benevento (centralina in via Mustilli), Caserta (centralina presso Istituto Manzoni), Napoli (centralina in via Argine) e Salerno (centralina presso

Figura 9: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Calabria

Ospedale via Vernieri). In alcuni casi

per mancanza di misurazioni di determinati inquinanti si è scelto di considerare altre centraline ARPA presenti in posizioni differenti della città come: la stazione presso il Parco Mercatello di Salerno, quella a Caserta presso la scuola elementare De Amicis, la centralina presso il campo sportivo del Benevento e quella presso Scuola V Circolo.

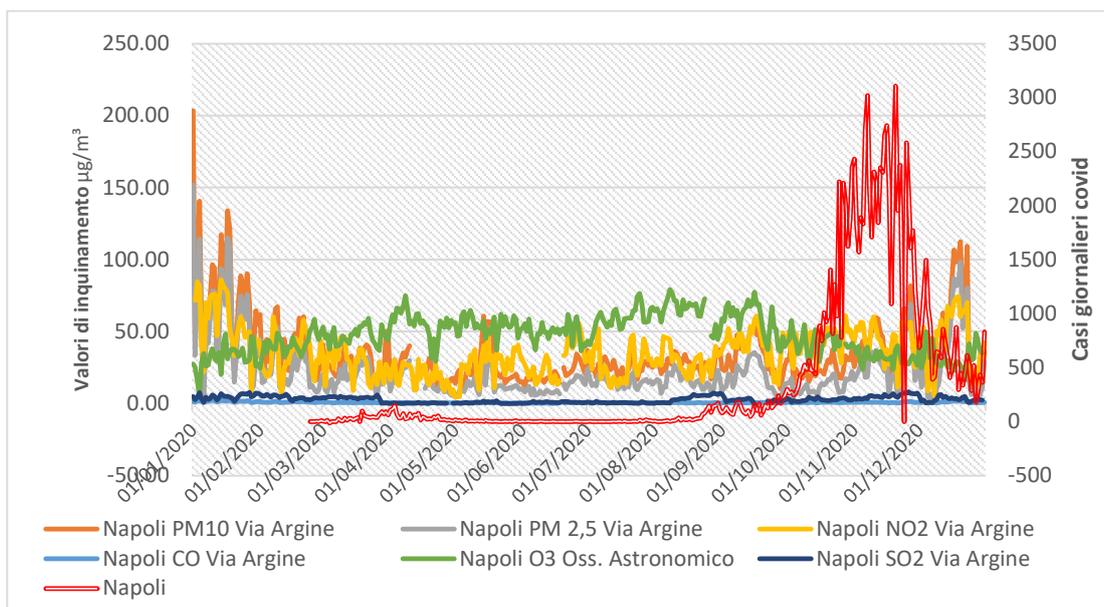


Grafico 5: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Napoli

I dati riportati fanno riferimento al periodo compresa tra 01/01/20 al 31/12/2020. Si è scelto di utilizzare le centraline presenti nella città di Napoli di via Argine e presso l'Osservatorio Astronomico (in tal caso solo per completare l'analisi con i valori di O₃). In questo grafico si nota come la curva rossa, che descrive l'andamento dei contagi giornalieri del virus Covid 19, mostra un lieve aumento di casi nel periodo del lockdown, mentre risulta più importante l'incremento verificatosi in corrispondenza della seconda ondata. La Campania, infatti, rispetto al periodo primaverile del 2020 ha subito una forte ondata di contagi durante l'autunno. Visto che i dati analizzati si estendono fino a fine anno si è dovuto considerare la distinzione in base ai colori stabiliti dal governo:

- Per il periodo di zona gialla compreso tra il 6 Novembre ed il 14 Novembre, è stato considerato come periodo di “no restrizioni”
- I giorni in cui la regione era stata definita con i colori arancioni (dal 6/12 al 23/12 e dal 28/12 al 30/12) e rossi (dal 15/11 al 5/12, dal 24/12 al 27/12 e il 31/12) è stata etichettata nello studio come “lockdown”.

Si procede di seguito con l'analisi dei dati:

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mic_cont		NapoliPM10ViaArgine	NapoliPM25ViaArgine	NapoliNO2ViaArgine	NapoliCOViaArgine	NapoliO3OssAstronomico	NapoliC6H6OssAstronomico	NapoliSO2ViaArgine	Napoli	
No Restrizioni	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,935**	,555**	,407**	,200	,246*	,050	,461**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,061	,028	,647	<.001
		N	91	91	91	91	89	80	86	91
NapoliPM25ViaArgine	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,935**	1	,556**	,529**	,223*	,175	-,052	,357**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,036	,120	,632	<.001
		N	91	91	91	91	89	80	86	91
NapoliNO2ViaArgine	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,555**	,556**	1	,598**	,039	,193	-,071	,348**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,714	,084	,511	<.001
		N	91	91	92	92	90	81	87	92
NapoliCOViaArgine	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,407**	,529**	,598**	1	-,125	,034	-,462**	-,126
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,241	,763	<.001	,233
		N	91	91	92	92	90	81	87	92
NapoliO3Oss. Astronomico	NapoliO3Oss. Astronomico	Correlazione di Pearson	,200	,223*	,039	-,125	1	,243*	,017	,008
		Sign. (a due code)	,061	,036	,714	,241		,031	,881	,939
		N	89	89	90	90	90	79	85	90
NapoliC6H6Oss. Astronomico	NapoliC6H6Oss. Astronomico	Correlazione di Pearson	,246*	,175	,193	,034	,243*	1	,212	,319**
		Sign. (a due code)	,028	,120	,084	,763	,031		,066	,004
		N	80	80	81	81	79	81	76	81
NapoliSO2ViaArgine	NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,050	-,052	-,071	-,462**	,017	,212	1	,594**
		Sign. (a due code)	,647	,632	,511	<.001	,881	,066		<.001
		N	86	86	87	87	85	76	87	87
Napoli	Napoli	Correlazione di Pearson	,461**	,357**	,348**	-,126	,008	,319**	,594**	1
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	,233	,939	,004	<.001	
		N	91	91	92	92	90	81	87	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 17: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo estivo

Osservando la tabella si nota in questo caso come la correlazione tra i contagi e gli inquinanti sia significativa ed in quasi tutti i casi positiva (ad eccezione della CO). Ad esclusione, infatti delle concentrazioni di Ozono che nel periodo estivo tendono ad aumentare e per cui non si osserva una correlazione, questo risultato risulta coerente con l'ipotesi di una relazione di causa-effetto.

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mic_cont			NapoliPM10ViaArgine	NapoliPM25ViaArgine	NapoliNO2ViaArgine	NapoliCOViaArgine	NapoliO3OssAstronomico	NapoliC6H6OssAstronomico	NapoliSO2ViaArgine	Napoli	
No Restrizioni	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,983**	,790**	,815**	-,572**	,623**	,432**	-,062	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,833
		N	68	68	67	68	68	65	68	68	14
	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,983**	1	,811**	,859**	-,568**	,656**	,386**	,086	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,001	,771	
		N	68	68	67	68	68	65	68	68	14
	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,790**	,811**	1	,849**	-,545**	,521**	,198	-,026	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,108	,930	
		N	67	67	67	67	67	64	67	14	
	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,815**	,859**	,849**	1	-,602**	,680**	,385**	-,018	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,001	,951	
		N	68	68	67	68	68	65	68	14	
	NapoliO3OssAstronomico	Correlazione di Pearson	-,572**	-,568**	-,545**	-,602**	1	-,554**	-,339**	-,063	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,005	,830	
		N	68	68	67	68	68	65	68	14	
	NapoliC6H6OssAstronomico	Correlazione di Pearson	,623**	,656**	,521**	,680**	-,554**	1	,468**	-,190	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,515	
		N	65	65	64	65	65	65	65	14	
NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,432**	,386**	,198	,385**	-,339**	,468**	1	-,188		
	Sign. (a due code)	<.001	,001	,108	,001	,005	<.001		,521		
	N	68	68	67	68	68	65	68	14		
Napoli	Correlazione di Pearson	-,062	,086	-,026	-,018	-,063	-,190	-,188	1		
	Sign. (a due code)	,833	,771	,930	,951	,830	,515	,521			
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,909**	,509	,760**	,401	,720**	,155	,321	
		Sign. (a due code)		<.001	,076	,003	,175	,008	,612	,284	
		N	13	13	13	13	13	12	13	13	
	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,909**	1	,433	,792**	,601*	,788**	,114	,383	
		Sign. (a due code)	<.001		,139	,001	,030	,002	,711	,196	
		N	13	13	13	13	13	12	13	13	
	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,509	,433	1	,756**	-,164	,367	,371	-,014	
		Sign. (a due code)	,076	,139		,003	,591	,240	,213	,964	
		N	13	13	13	13	13	12	13	13	
	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,760**	,792**	,756**	1	,094	,627*	,415	,160	
		Sign. (a due code)	,003	,001	,003		,761	,029	,159	,601	
		N	13	13	13	13	13	12	13	13	
	NapoliO3OssAstronomico	Correlazione di Pearson	,401	,601*	-,164	,094	1	,570	-,274	,472	
		Sign. (a due code)	,175	,030	,591	,761		,053	,365	,103	
		N	13	13	13	13	13	12	13	13	
	NapoliC6H6OssAstronomico	Correlazione di Pearson	,720**	,788**	,367	,627*	,570	1	,412	,097	
		Sign. (a due code)	,008	,002	,240	,029	,053		,184	,763	
		N	12	12	12	12	12	12	12	12	
NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,155	,114	,371	,415	-,274	,412	1	-,180		
	Sign. (a due code)	,612	,711	,213	,159	,365	,184		,557		
	N	13	13	13	13	13	12	13	13		
Napoli	Correlazione di Pearson	,321	,383	-,014	,160	,472	,097	-,180	1		
	Sign. (a due code)	,284	,196	,964	,601	,103	,763	,557			
	N	13	13	13	13	13	12	13	13		

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 18: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo invernale

I dati riportati al di sopra mostrano come sia per il periodo di lockdown che per quello senza restrizioni, non risulta esserci una relazione significativa. L'ultimo, in particolare, risulta avere una tendenza negativa tra i parametri considerati, in netto contrasto con quanto si vuole verificare.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mic_cont			NapoliPM10ViaArgine	NapoliPM25ViaArgine	NapoliNO2ViaArgine	NapoliCOViaArgine	NapoliO3OssAstronomico	NapoliC6H6OssAstronomico	NapoliSO2ViaArgine	Napoli	
No Restrizioni	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,442*	,122	,141	-,057	-,036	,436*	,020	
		Sign. (a due code)		,013	,513	,448	,761	,864	,014	,913	
		N	31	31	31	31	31	25	31	31	
	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,442*	1	,631**	,616**	,503**	,294	-,312	,375*	
		Sign. (a due code)	,013		<.001	<.001	,004	,154	,087	,038	
		N	31	31	31	31	31	25	31	31	
	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,122	,631**	1	,671**	,224	,367	-,198	,205	
		Sign. (a due code)	,513	<.001		<.001	,226	,071	,285	,270	
		N	31	31	31	31	31	25	31	31	
	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,141	,616**	,671**	1	,105	,179	-,070	,032	
		Sign. (a due code)	,448	<.001	<.001		,574	,392	,709	,863	
		N	31	31	31	31	31	25	31	31	
	NapoliO3Oss. Astronomico	Correlazione di Pearson	-,057	,503**	,224	,105	1	,104	-,563**	,503**	
		Sign. (a due code)	,761	,004	,226	,574		,621	<.001	,003	
		N	31	31	31	31	32	25	32	32	
	NapoliC6H6Oss. Astronomico	Correlazione di Pearson	-,036	,294	,367	,179	,104	1	-,285	,179	
		Sign. (a due code)	,864	,154	,071	,392	,621		,167	,391	
		N	25	25	25	25	25	25	25	25	
	NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,436*	-,312	-,198	-,070	-,563**	-,285	1	-,414*	
		Sign. (a due code)	,014	,087	,285	,709	<.001	,167		,019	
		N	31	31	31	31	32	25	32	32	
	Napoli	Correlazione di Pearson	,020	,375*	,205	,032	,503**	,179	-,414*	1	
		Sign. (a due code)	,913	,038	,270	,863	,003	,391	,019		
		N	31	31	31	31	32	25	32	32	
	Lockdown	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,808**	,559**	,274*	,055	,288*	,002	-,082
			Sign. (a due code)		<.001	<.001	,047	,696	,041	,990	,557
			N	53	53	53	53	53	51	51	53
		NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,808**	1	,592**	,604**	,236	,423**	,078	,181
			Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,089	,002	,585	,193
			N	53	53	53	53	53	51	51	53
NapoliNO2ViaArgine		Correlazione di Pearson	,559**	,592**	1	,413**	,011	,342**	,027	,000	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,001	,933	,009	,843	,998	
		N	53	53	60	60	60	58	58	60	
NapoliCOViaArgine		Correlazione di Pearson	,274*	,604**	,413**	1	-,212	,670**	,348**	,567**	
		Sign. (a due code)	,047	<.001	,001		,104	<.001	,007	<.001	
		N	53	53	60	60	60	58	58	60	
NapoliO3Oss. Astronomico		Correlazione di Pearson	,055	,236	,011	-,212	1	-,121	-,409**	,024	
		Sign. (a due code)	,696	,089	,933	,104		,364	,001	,855	
		N	53	53	60	60	60	58	58	60	
NapoliC6H6Oss. Astronomico		Correlazione di Pearson	,288*	,423**	,342**	,670**	-,121	1	,240	,463**	
		Sign. (a due code)	,041	,002	,009	<.001	,364		,075	<.001	
		N	51	51	58	58	58	58	56	58	
NapoliSO2ViaArgine		Correlazione di Pearson	,002	,078	,027	,348**	-,409**	,240	1	-,041	
		Sign. (a due code)	,990	,585	,843	,007	,001	,075		,759	
		N	51	51	58	58	58	56	58	58	
Napoli		Correlazione di Pearson	-,082	,181	,000	,567**	,024	,463**	-,041	1	
		Sign. (a due code)	,557	,193	,998	<.001	,855	<.001	,759		
		N	53	53	60	60	60	58	58	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 19: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo primavera

Per la stagione primaverile l'analisi svolta con SPSS mostra in prevalenza una scarsa correlazione generale tra i casi di contagi giornalieri del virus Covid 19 con l'inquinamento atmosferico per entrambi i periodi. Vi sono alcune eccezioni che riguardano:

- O₃ nel periodo senza restrizioni risulta correlato con i contagi, in quanto coincide con l'inizio del periodo di tarda primavera in cui l'inquinante secondario comincia ad aumentare;
- Benzene e CO nel periodo di lockdown.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mic_cont			NapoliPM10ViaArgine	NapoliPM25ViaArgine	NapoliNO2ViaArgine	NapoliCOViaArgine	NapoliO3OssAstronomico	NapoliC6H6OssAstronomico	NapoliSO2ViaArgine	Napoli
No Restrizioni	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,946**	,464**	,709**	-,361**	,722**	,568**	,596**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,008	<.001	<.001	<.001
		N	54	54	54	54	53	49	54	54
	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,946**	1	,530**	,806**	-,448**	,798**	,609**	,671**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
		N	54	54	54	54	53	49	54	54
	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,464**	,530**	1	,793**	-,331*	,622**	,316*	,434**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,015	<.001	,020	,001
		N	54	54	54	54	53	49	54	54
	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,709**	,806**	,793**	1	-,415**	,764**	,516**	,570**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,002	<.001	<.001	<.001
		N	54	54	54	54	53	49	54	54
	NapoliO3OssAstronomico	Correlazione di Pearson	-,361**	-,448**	-,331*	-,415**	1	-,407**	-,561**	-,470**
		Sign. (a due code)	,008	<.001	,015	,002		,004	<.001	<.001
		N	53	53	53	53	53	48	53	53
	NapoliC6H6OssAstronomico	Correlazione di Pearson	,722**	,798**	,622**	,764**	-,407**	1	,492**	,638**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	,004		<.001	<.001
		N	49	49	49	49	48	49	49	49
NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,568**	,609**	,316*	,516**	-,561**	,492**	1	,622**	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,020	<.001	<.001	<.001		<.001	
	N	54	54	54	54	53	49	54	54	
Napoli	Correlazione di Pearson	,596**	,671**	,434**	,570**	-,470**	,638**	,622**	1	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,001	<.001	<.001	<.001	<.001		
	N	54	54	54	54	53	49	54	54	
Lockdown	NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,994**	,815**	,977**	-,479**	,907**	,149	-,146
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,322	,329
		N	47	47	47	47	46	47	46	47
	NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,994**	1	,807**	,981**	-,476**	,901**	,183	-,138
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,225	,353
		N	47	47	47	47	46	47	46	47
	NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,815**	,807**	1	,841**	-,588**	,864**	,264	-,137
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,076	,357
		N	47	47	47	47	46	47	46	47
	NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,977**	,981**	,841**	1	-,478**	,928**	,111	-,208
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,464	,161
		N	47	47	47	47	46	47	46	47
	NapoliO3OssAstronomico	Correlazione di Pearson	-,479**	-,476**	-,588**	-,478**	1	-,460**	-,441**	,013
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,001	,002	,930
		N	46	46	46	46	46	46	46	46
	NapoliC6H6OssAstronomico	Correlazione di Pearson	,907**	,901**	,864**	,928**	-,460**	1	,140	-,153
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	,001		,352	,303
		N	47	47	47	47	46	47	46	47
NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,149	,183	,264	,111	-,441**	,140	1	,469**	
	Sign. (a due code)	,322	,225	,076	,464	,002	,352		,001	
	N	46	46	46	46	46	46	46	46	
Napoli	Correlazione di Pearson	-,146	-,138	-,137	-,208	,013	-,153	-,469**	1	
	Sign. (a due code)	,329	,353	,357	,161	,930	,303	,001		
	N	47	47	47	47	46	47	46	47	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 20: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Napoli durante il periodo autunnale

L'autunno invece, coincidendo con l'intervallo temporale in cui si è verificata una seconda ondata di contagi, mostra, come per il periodo senza restrizioni, una tendenza di aumento dei casi in

parallelo all'aumento dei contaminanti (dovuti principalmente alle emissioni dei riscaldamenti). Durante il lockdown invece (ad eccezione dell'SO₂), la correlazione risulta poco significativa e negativa; ciò è dovuto al fatto che nonostante i contagi durante il lockdown fossero in diminuzione nella parte finale dell'autunno, l'inquinamento atmosferico risultava essere in aumento a causa sia delle attività industriali, che a differenza del primo lockdown non erano state interrotte, sia per i riscaldamenti domestici, che nel mese di dicembre sono molto utilizzati.

Correlazioni

		NapoliPM10Via aArgine	NapoliPM25Via aArgine	NapoliNO2Via aArgine	NapoliCOVia Argine	NapoliO3Oss .Astronomico	NapoliSO2Via Argine
NapoliPM10ViaArgine	Correlazione di Pearson	1	,975**	,701**	,831**	-,408**	,425**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N		357	356	357	353	349
NapoliPM25ViaArgine	Correlazione di Pearson	,975**	1	,703**	,863**	-,419**	,422**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	357	357	356	357	353	349
NapoliNO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,701**	,703**	1	,735**	-,415**	,385**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	356	356	364	364	360	356
NapoliCOViaArgine	Correlazione di Pearson	,831**	,863**	,735**	1	-,606**	,529**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	357	357	364	365	361	357
NapoliO3Oss. Astronomico	Correlazione di Pearson	-,408**	-,419**	-,415**	-,606**	1	-,516**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	353	353	360	361	362	355
NapoliSO2ViaArgine	Correlazione di Pearson	,425**	,422**	,385**	,529**	-,516**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	349	349	356	357	355	358

** . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 21: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Napoli

La tabella mostra come vi sia una correlazione molto forte tra le polveri. L'ozono risulta avere una correlazione negativa rispetto agli altri contaminanti come visto in precedenza. Nel grafico a fianco risulta evidente che vi sia un'ottima correlazione tra il particolato, il monossido di carbonio e il biossido di azoto. Molto spesso, infatti l'andamento di quest'ultimo e quello delle polveri risulta svilupparsi in modo simile durante l'anno.

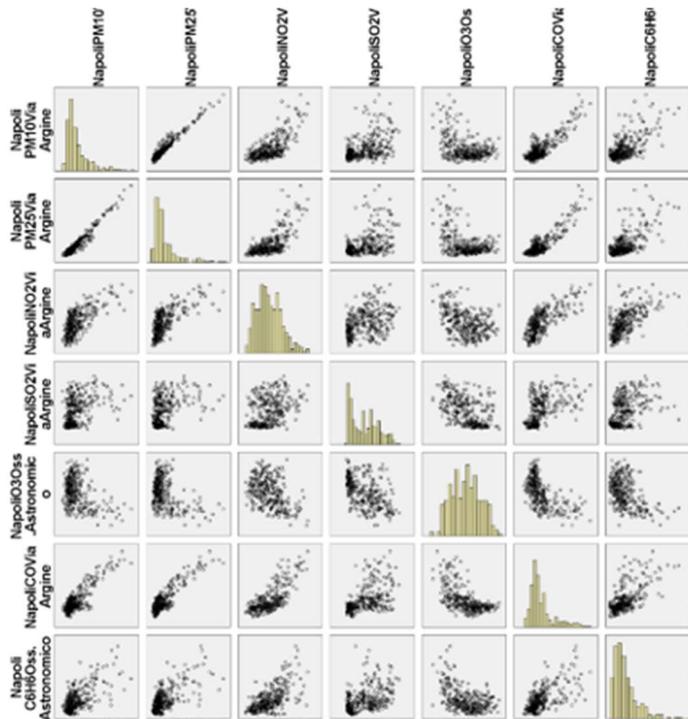


Grafico 6: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Napoli

6.2.4. EMILIA-ROMAGNA

Dal sito ARPA della regione Emilia – Romagna sono stati ricavati dati per numerose centraline collocate all'interno di tutto il territorio emiliano.



Figura 10: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Emilia-Romagna

Le stazioni scelte per l'analisi dei dati sono le seguenti: Bologna (centraline presso Porta San Felice, Giardini Margherita), Cesena (centralina presso piazza Franchini Angeloni), Piacenza (centralina in via Giordani e presso Parco Moncucco), Parma (stazioni presso quartiere Cittadella e in via Montebello), Reggio Emilia (centraline in viale Timavo e nel quartiere San Lazzaro), Modena (centraline presso Parco Ferrari e Giardini), Rimini (stazioni presso parco Marecchia e in via Flaminia), Ravenna (stazioni in via Zalamella e in via Caorle), Ferrara (centraline presso Villa Fulvia e in corso Isonzo), Forlì (stazioni presso via Roma e parco Resistenza).

Nel grafico sottostante viene rappresentato l'andamento di una serie di contaminanti e del numero totale di casi giornalieri che si sono verificati nella provincia di Bologna. Per poter effettuare il focus sulla Pianura Padana in relazione alla stagione autunnale e all'aumento delle polveri in quel periodo si è deciso di estendere l'analisi per tutto il 2020. Si è scelto di utilizzare le centraline presenti nella città di Bologna della stazione di Porta san Felice e presso i Giardini Margherita (in questo caso solo per completare l'analisi con i valori di O₃). Nella figura sottostante si nota come la curva rossa, che descrive l'andamento dei contagi giornalieri del virus Covid 19, mostra, come per la Campania, un lieve aumento di casi nel periodo del lockdown, mentre risulta più importante

l'incremento verificatosi in corrispondenza della seconda ondata. Visto che i dati analizzati si estendono fino a fine anno si è dovuto considerare la distinzione in base ai colori stabiliti dal governo:

- Per i periodi di zona gialla compresi tra il 6/11 ed il 14/11 e tra il 6/12 ed il 23/12, sono stati etichettati come “no restrizioni”
- I giorni in cui la regione era stata definita con i colori arancioni (dal 15/11 al 05/12 e dal 28/12 al 30/12) e rossi (dal 15/11 al 5/12, dal 24/12 al 27/12 e il 31/12) è stata etichettata nello studio come “lockdown”.

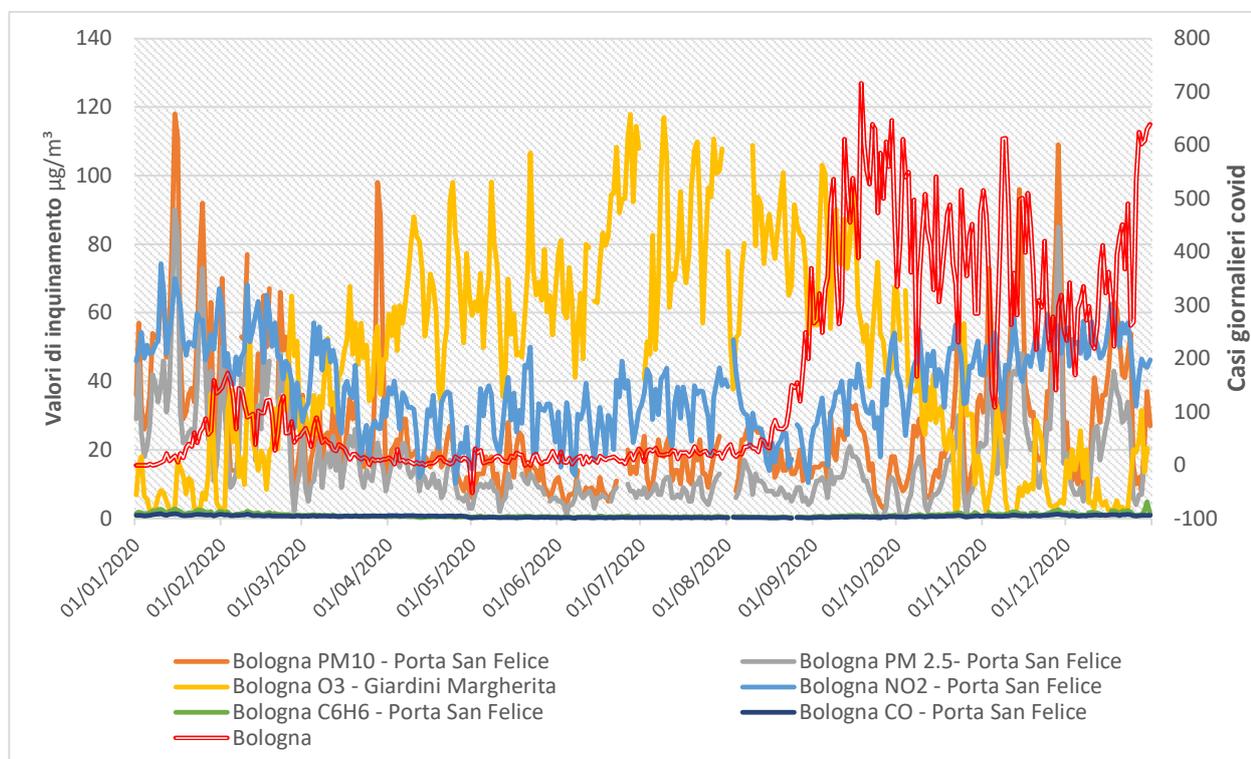


Grafico 7: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Bologna

Procedendo con l'analisi statistica si può osservare che nella stagione invernale non sussiste alcuna correlazione tra l'inquinamento atmosferico e la diffusione dei casi covid, andando controcorrente al pensiero comune. Tutto ciò è riportato nella tabella sottostante:

Correlazioni

data (Raccolto): Inverno

mis_cont			BolognaPM10 PortaSanFelice	BolognaPM2.5 PortaSanFelice	BolognaNO2 PortaSanFelice	BolognaCOP ortaSanFelice	BolognaO3GiardiniMargherita	BolognaC6H6 PortaSanFelice	Bologna
No Restrizioni	BolognaPM10PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	1	,989**	,653**	,716**	-,410**	,775**	-,129
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,660
		N	62	62	62	62	62	62	14
	BolognaPM2.5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,989**	1	,591**	,663**	-,412**	,741**	-,128
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,663
		N	62	64	64	64	64	64	14
	BolognaNO2PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,653**	,591**	1	,678**	-,440**	,737**	,517
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,058
		N	62	64	68	68	68	68	14
	BolognaCOPortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,716**	,663**	,678**	1	-,509**	,944**	,037
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,900
		N	62	64	68	68	68	68	14
	BolognaO3GiardiniMargherita	Correlazione di Pearson	-,410**	-,412**	-,440**	-,509**	1	-,568**	-,448
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,108
		N	62	64	68	68	68	68	14
	BolognaC6H6PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,775**	,741**	,737**	,944**	-,568**	1	-,159
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		,588
		N	62	64	68	68	68	68	14
Bologna	Correlazione di Pearson	-,129	-,128	,517	,037	-,448	-,159	1	
	Sign. (a due code)	,660	,663	,058	,900	,108	,588		
	N	14	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	BolognaPM10PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	1	,978**	,231	,221	,482	,497	,329
		Sign. (a due code)		<.001	,447	,469	,095	,084	,273
		N	13	13	13	13	13	13	13
	BolognaPM2.5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,978**	1	,243	,279	,527	,488	,367
		Sign. (a due code)	<.001		,423	,355	,064	,091	,217
		N	13	13	13	13	13	13	13
	BolognaNO2PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,231	,243	1	,753**	-,098	,830**	-,464
		Sign. (a due code)	,447	,423		,003	,750	<.001	,111
		N	13	13	13	13	13	13	13
	BolognaCOPortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,221	,279	,753**	1	,374	,588*	-,167
		Sign. (a due code)	,469	,355	,003		,209	,035	,586
		N	13	13	13	13	13	13	13
	BolognaO3GiardiniMargherita	Correlazione di Pearson	,482	,527	-,098	,374	1	-,092	,529
		Sign. (a due code)	,095	,064	,750	,209		,765	,063
		N	13	13	13	13	13	13	13
	BolognaC6H6PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,497	,488	,830**	,588*	-,092	1	-,438
		Sign. (a due code)	,084	,091	<.001	,035	,765		,134
		N	13	13	13	13	13	13	13
Bologna	Correlazione di Pearson	,329	,367	-,464	-,167	,529	-,438	1	
	Sign. (a due code)	,273	,217	,111	,586	,063	,134		
	N	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 22: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo invernale

La stagione primaverile evidenzia come nel periodo senza restrizioni, quindi verso fine maggio-inizio giugno, non si abbiano correlazioni significative tra i contagi e inquinanti. Nel periodo di lockdown invece l'aumento del numero di casi tende a coincidere con dei valori significativi di particolato e monossido di Carbonio, dovuto ancora alle emissioni del riscaldamento domestico. L'ozono non risulta correlato nel periodo del primo lockdown in quanto essendo un contaminante stagionale tende ad avere un incremento nella concentrazione verso l'estate.

Correlazioni

data (Raccolto): Primavera

mis_cont			BolognaPM10 PortaSanFelic e	BolognaPM2. 5PortaSanFel ice	BolognaNO2 PortaSanFelic e	BolognaCOP ortaSanFelice	BolognaO3Gi ardiniMargher ita	BolognaC6H 6PortaSanFel ice	Bologna	
No Restrizioni	BolognaPM10PortaSanF elice	Correlazione di Pearson	1	,806**	,247	,435*	,194	,318	,073	
		Sign. (a due code)		<.001	,180	,014	,304	,081	,697	
		N	31	29	31	31	30	31	31	
	BolognaPM2. 5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,806**	1	,342	,427*	,297	,255	,374*	
		Sign. (a due code)	<.001		,064	,018	,118	,173	,042	
		N	29	30	30	30	29	30	30	
	BolognaNO2PortaSanFel ice	Correlazione di Pearson	,247	,342	1	,882**	,302	,833**	,148	
		Sign. (a due code)	,180	,064		<.001	,099	<.001	,420	
		N	31	30	32	32	31	32	32	
	BolognaCOPortaSanFelic e	Correlazione di Pearson	,435*	,427*	,882**	1	,190	,791**	,228	
		Sign. (a due code)	,014	,018	<.001		,307	<.001	,209	
		N	31	30	32	32	31	32	32	
	BolognaO3GiardiniMargh erita	Correlazione di Pearson	,194	,297	,302	,190	1	,288	,213	
		Sign. (a due code)	,304	,118	,099	,307		,116	,249	
		N	30	29	31	31	31	31	31	
	BolognaC6H6PortaSanF elice	Correlazione di Pearson	,318	,255	,833**	,791**	,288	1	,086	
		Sign. (a due code)	,081	,173	<.001	<.001	,116		,640	
		N	31	30	32	32	31	32	32	
	Bologna	Correlazione di Pearson	,073	,374*	,148	,228	,213	,086	1	
		Sign. (a due code)	,697	,042	,420	,209	,249	,640		
		N	31	30	32	32	31	32	32	
	Lockdown	BolognaPM10PortaSanF elice	Correlazione di Pearson	1	,663**	,156	,278*	-,182	,454**	,447**
			Sign. (a due code)		<.001	,234	,032	,164	<.001	<.001
			N	60	57	60	60	60	60	60
BolognaPM2. 5PortaSanFelice		Correlazione di Pearson	,663**	1	,391**	,584**	,075	,523**	,474**	
		Sign. (a due code)	<.001		,003	<.001	,581	<.001	<.001	
		N	57	57	57	57	57	57	57	
BolognaNO2PortaSanFel ice		Correlazione di Pearson	,156	,391**	1	,086	-,018	,580**	-,065	
		Sign. (a due code)	,234	,003		,514	,890	<.001	,621	
		N	60	57	60	60	60	60	60	
BolognaCOPortaSanFelic e		Correlazione di Pearson	,278*	,584**	,086	1	,081	,229	,729**	
		Sign. (a due code)	,032	<.001	,514		,539	,079	<.001	
		N	60	57	60	60	60	60	60	
BolognaO3GiardiniMargh erita		Correlazione di Pearson	-,182	,075	-,018	,081	1	-,310*	-,102	
		Sign. (a due code)	,164	,581	,890	,539		,016	,438	
		N	60	57	60	60	60	60	60	
BolognaC6H6PortaSanF elice		Correlazione di Pearson	,454**	,523**	,580**	,229	-,310*	1	,313*	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	,079	,016		,015	
		N	60	57	60	60	60	60	60	
Bologna		Correlazione di Pearson	,447**	,474**	-,065	,729**	-,102	,313*	1	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,621	<.001	,438	,015		
		N	60	57	60	60	60	60	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 23: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo primaverile

Correlazioni

data (Raccolto): Estate

mis_cont			BolognaPM10 PortaSanFelic e	BolognaPM2. 5PortaSanFel ice	BolognaNO2 PortaSanFelic e	BolognaCOP ortaSanFelice	BolognaO3Gi ardiniMargher ita	BolognaC6H 6PortaSanFel ice	Bologna
No Restrizioni	BolognaPM10PortaSanF elice	Correlazione di Pearson	1	,830**	,250*	,579**	,026	,513**	,217*
		Sign. (a due code)		<.001	,023	<.001	,820	<.001	,048
		N	84	84	83	83	81	83	84
BolognaPM2. 5PortaSanFelice	BolognaPM2. 5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,830**	1	,389**	,706**	,050	,650**	,248*
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,659	<.001	,023
		N	84	84	83	83	81	83	84
BolognaNO2PortaSanFel ice	BolognaNO2PortaSanFel ice	Correlazione di Pearson	,250*	,389**	1	,577**	,019	,665**	-,190
		Sign. (a due code)	,023	<.001		<.001	,865	<.001	,073
		N	83	83	90	90	86	90	90
BolognaCOPortaSanFelic e	BolognaCOPortaSanFelic e	Correlazione di Pearson	,579**	,706**	,577**	1	-,055	,890**	,166
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,618	<.001	,117
		N	83	83	90	90	86	90	90
BolognaO3GiardiniMargh erita	BolognaO3GiardiniMargh erita	Correlazione di Pearson	,026	,050	,019	-,055	1	-,009	-,149
		Sign. (a due code)	,820	,659	,865	,618		,933	,165
		N	81	81	86	86	88	86	88
BolognaC6H6PortaSanF elice	BolognaC6H6PortaSanF elice	Correlazione di Pearson	,513**	,650**	,665**	,890**	-,009	1	,155
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	,933		,145
		N	83	83	90	90	86	90	90
Bologna	Bologna	Correlazione di Pearson	,217*	,248*	-,190	,166	-,149	,155	1
		Sign. (a due code)	,048	,023	,073	,117	,165	,145	
		N	84	84	90	90	88	90	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 24: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo estivo

Il periodo estivo presenta una correlazione abbastanza significativa tra le polveri e i casi giornalieri di diffusione del virus. Questo è dovuto al fatto che la tendenza di entrambi questi parametri è decrescente nel periodo estivo, che si ha una maggiore forza nella risposta immunitaria al virus da parte dell'organismo umano e che le emissioni di particolato sono ridotte a seguito dello spegnimento dei sistemi di riscaldamento domestico.

In Autunno la situazione risulta più complicata in quanto si è ipotizzato che la zona gialla fosse non restrittiva, mentre quelle rosse ed arancioni fossero paragonabili al lockdown, andando di conseguenza a semplificare molto la classificazione.

Correlazioni

data (Raccolto): Autunno

mis_cont			BolognaPM10 PortaSanFelice	BolognaPM2.5 PortaSanFelice	BolognaNO2 PortaSanFelice	BolognaCOP ortaSanFelice	BolognaO3GiardiniMargherita	BolognaC6H6 PortaSanFelice	Bologna
No Restrizioni	BolognaPM10PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	1	,969**	,532**	,713**	-,649**	,745**	,609**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
		N	72	72	72	72	70	68	72
	BolognaPM2.5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,969**	1	,612**	,786**	-,725**	,809**	,666**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
		N	72	72	72	72	70	68	72
	BolognaNO2PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,532**	,612**	1	,799**	-,604**	,764**	,436**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
		N	72	72	72	72	70	68	72
	BolognaCOPortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,713**	,786**	,799**	1	-,827**	,925**	,655**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
		N	72	72	72	72	70	68	72
BolognaO3GiardiniMargherita	Correlazione di Pearson	-,649**	-,725**	-,604**	-,827**	1	-,744**	-,716**	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	
	N	70	70	70	70	70	66	70	
BolognaC6H6PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,745**	,809**	,764**	,925**	-,744**	1	,605**	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	
	N	68	68	68	68	66	68	68	
Bologna	Correlazione di Pearson	,609**	,666**	,436**	,655**	-,716**	,605**	1	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		
	N	72	72	72	72	70	68	72	
Lockdown	BolognaPM10PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	1	,982**	,285	,739**	-,671**	,429*	,270
		Sign. (a due code)		<.001	,133	<.001	<.001	,023	,157
		N	29	28	29	29	28	28	29
	BolognaPM2.5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,982**	1	,326	,755**	-,678**	,687**	,242
		Sign. (a due code)	<.001		,090	<.001	<.001	<.001	,215
		N	28	28	28	28	27	27	28
	BolognaNO2PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,285	,326	1	,564**	-,325	,192	-,051
		Sign. (a due code)	,133	,090		,001	,091	,328	,793
		N	29	28	29	29	28	28	29
	BolognaCOPortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,739**	,755**	,564**	1	-,479**	,504**	-,057
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,001		,010	,006	,769
		N	29	28	29	29	28	28	29
BolognaO3GiardiniMargherita	Correlazione di Pearson	-,671**	-,678**	-,325	-,479**	1	-,214	-,233	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,091	,010		,284	,233	
	N	28	27	28	28	28	27	28	
BolognaC6H6PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,429*	,687**	,192	,504**	-,214	1	-,224	
	Sign. (a due code)	,023	<.001	,328	,006	,284		,252	
	N	28	27	28	28	27	28	28	
Bologna	Correlazione di Pearson	,270	,242	-,051	-,057	-,233	-,224	1	
	Sign. (a due code)	,157	,215	,793	,769	,233	,252		
	N	29	28	29	29	28	28	29	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 25: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bologna durante il periodo autunnale

I risultati ottenuti con questa elaborazione sono esattamente opposti rispetto a quelli verificati per la Campania nello stesso periodo, creando così una contrapposizione. Se per la regione campana il

periodo autunnale è coinciso prevalentemente con una situazione di lockdown con un susseguirsi di zone arancio e rosse, in Emilia-Romagna invece si ha avuto una prevalenza del colore giallo nel mese di dicembre e degli altri colori nel mese di novembre discostandosi notevolmente dall'esempio precedente. Di conseguenza, dopo quanto detto, se nel caso campano risulta esserci una forte correlazione durante il periodo di lockdown, in questo caso la relazione significativa tra inquinanti e casi di contagio si trova nel periodo senza restrizioni.

		Correlazioni*					
		BolognaPM10 PortaSanFelice	BolognaPM2.5 PortaSanFelice	BolognaO3GiardiniMargherita	BolognaNO2 PortaSanFelice	BolognaC6H6 PortaSanFelice	BolognaCOPortaSanFelice
BolognaPM10PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	1	,943**	-,535**	,587**	,713**	,685**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	351	345	344	350	345	350
BolognaPM2.5PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,943**	1	-,569**	,634**	,796**	,729**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	345	348	341	347	342	347
BolognaO3GiardiniMargherita	Correlazione di Pearson	-,535**	-,569**	1	-,654**	-,742**	-,775**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	344	341	358	356	351	356
BolognaNO2PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,587**	,634**	-,654**	1	,783**	,730**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	350	347	356	364	359	364
BolognaC6H6PortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,713**	,796**	-,742**	,783**	1	,834**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	345	342	351	359	359	359
BolognaCOPortaSanFelice	Correlazione di Pearson	,685**	,729**	-,775**	,730**	,834**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	350	347	356	364	359	364

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 26: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Bologna

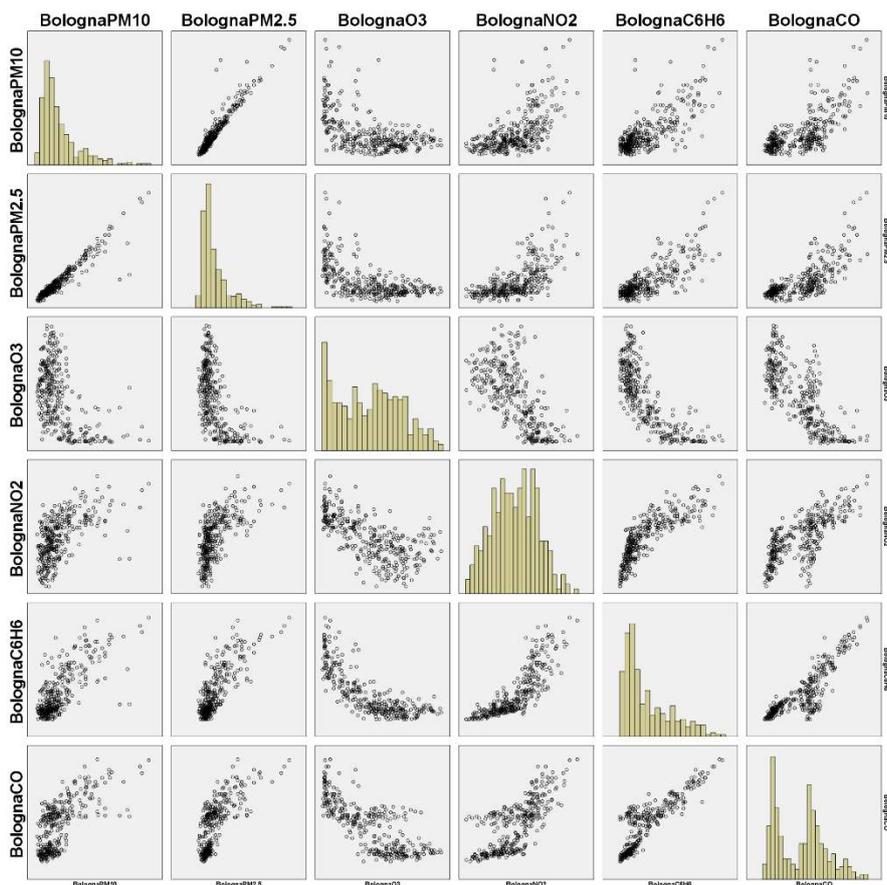
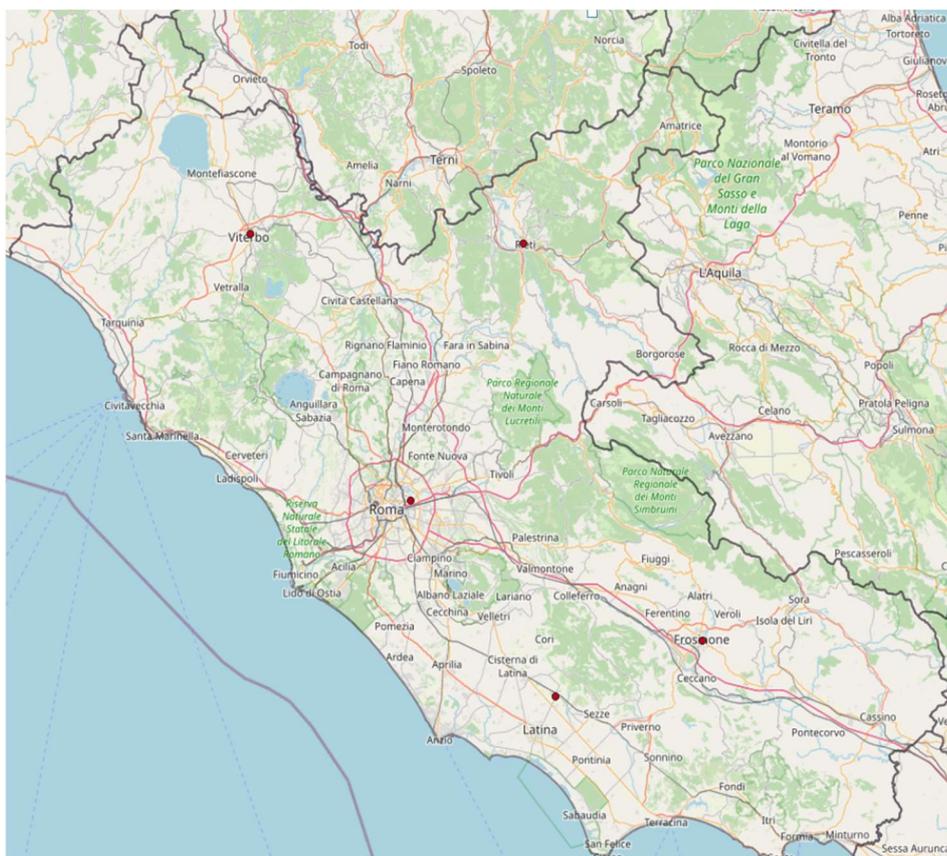


Grafico 8: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Bologna

La tabella mostra come vi sia una relazione molto forte tra le polveri. L’ozono risulta avere una correlazione negativa rispetto agli altri contaminanti come visto in precedenza. Nel confronto CO-C₆H₆ si può osservare come i dati tendano a concentrarsi lungo la retta di regressione lineare; il coefficiente di Pearson risulta molto alto (spiegabile con il fatto che entrambi sono prodotti di scarichi automobilistici).

6.2.5. LAZIO



Come si può osservare nella mappa a fianco sono state considerate le centraline ARPA (Arpa Lazio) presenti nei capoluoghi provinciali del Lazio:

Roma, Viterbo, Latina, Frosinone e Rieti.

Figura 11: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Lazio

Nel grafico successivo viene descritto l'andamento dell'inquinamento atmosferico e dei contagi nell'intervallo di tempo compreso tra il 9 gennaio ed il 22 ottobre, escludendo così il periodo delle restrizioni regionali in base al colore.

Dalla figura si nota come l'andamento dei particolati sia coerente mentre l'andamento di NO₂ risulta avere un trend abbastanza costante durante l'anno. L'ozono invece, come già spiegato, è presente in concentrazioni maggiori durante l'estate. La linea rossa che rappresenta l'andamento dei casi giornalieri di persone positive al virus Covid-19, risulta avere una piccola crescita durante il periodo del primo lockdown. Appare però evidente che la seconda ondata di contagi cominciata a partire dalla fine di settembre è caratterizzata da un'intensità superiore rispetto alla prima.

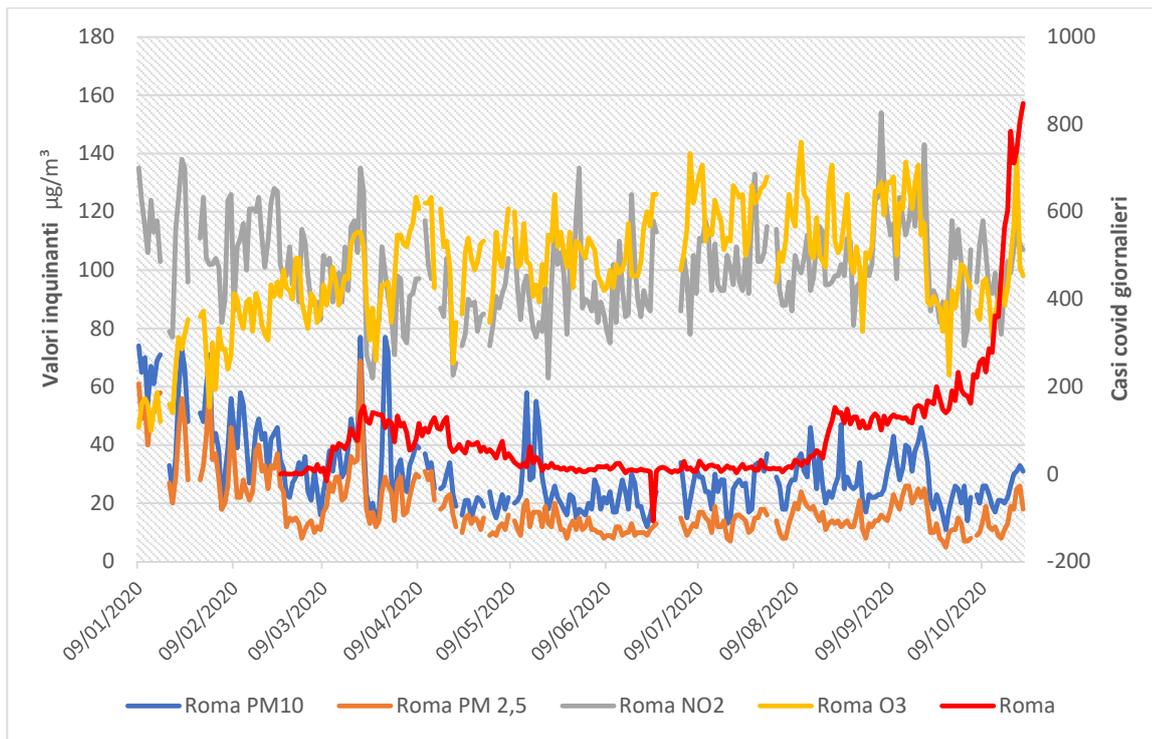


Grafico 9: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Roma

L'analisi statistica dei dati svolta per questa regione mostra come nel periodo invernale, presente nell'intervallo temporale scelto, si abbiano delle tendenze differenti a seconda delle restrizioni.

Nel periodo tra fine febbraio (i dati covid sono calcolati dal 24 febbraio) e l'inizio di marzo, non si ha una correlazione significativa tra i contaminanti e i contagi; è ipotizzabile che in questo tempo i contagi non abbiano un'intensità tale che permetta di relazionare la loro crescita con quella dell'inquinamento atmosferico.

Durante il lockdown invece si osserva dalla tabella come si abbiano delle correlazioni significative tra le due tipologie di particolato, l'ozono e il numero di persone infette. In questo arco temporale, infatti nonostante la chiusura prevista dal governo, all'aumentare del numero dei contagi si è visto un incremento anche nell'emissione di particolato. Questo andamento permette di ipotizzare che l'emissione di particolato non sia proveniente per larga parte dal traffico (ridotto notevolmente con il lockdown), ma da altre sorgenti (come riscaldamento e le attività industriali). La curva dei contagi mostra un valore al di sotto dello 0 che è legato ad un errore presente all'interno della serie dati.

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_cont			RomaPM10	RomaPM25	RomaSO2	RomaNO2	RomaCO	RomaO3	Roma	
No Restrizioni	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,916**	,267*	,606**	,869**	-,554**	-,327	
		Sign. (a due code)		<.001	,049	<.001	<.001	<.001	,254	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	RomaPM25	Correlazione di Pearson	,916**	1	,188	,551**	,840**	-,644**	-,247	
		Sign. (a due code)	<.001		,170	<.001	<.001	<.001	,394	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	RomaSO2	Correlazione di Pearson	,267*	,188	1	,231	,299*	-,164	,027	
		Sign. (a due code)	,049	,170		,089	,026	,231	,928	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	RomaNO2	Correlazione di Pearson	,606**	,551**	,231	1	,644**	-,110	-,383	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,089		<.001	,424	,177	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	RomaCO	Correlazione di Pearson	,869**	,840**	,299*	,644**	1	-,539**	-,316	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,026	<.001		<.001	,270	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	RomaO3	Correlazione di Pearson	-,554**	-,644**	-,164	-,110	-,539**	1	-,603*	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,231	,424	<.001		,023	
		N	55	55	55	55	55	55	14	
	Roma	Correlazione di Pearson	-,327	-,247	,027	-,383	-,316	-,603*	1	
		Sign. (a due code)	,254	,394	,928	,177	,270	,023		
		N	14	14	14	14	14	14	14	
	Lockdown	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,988**	,507	,783**	,564*	,642*	,783**
			Sign. (a due code)		<.001	,077	,002	,044	,018	,002
			N	13	13	13	13	13	13	13
		RomaPM25	Correlazione di Pearson	,988**	1	,529	,781**	,587*	,685**	,797**
			Sign. (a due code)	<.001		,063	,002	,035	,010	,001
			N	13	13	13	13	13	13	13
		RomaSO2	Correlazione di Pearson	,507	,529	1	,355	,821**	,517	,359
			Sign. (a due code)	,077	,063		,234	<.001	,071	,229
			N	13	13	13	13	13	13	13
RomaNO2		Correlazione di Pearson	,783**	,781**	,355	1	,397	,658*	,513	
		Sign. (a due code)	,002	,002	,234		,179	,014	,073	
		N	13	13	13	13	13	13	13	
RomaCO		Correlazione di Pearson	,564*	,587*	,821**	,397	1	,529	,391	
		Sign. (a due code)	,044	,035	<.001	,179		,063	,186	
		N	13	13	13	13	13	13	13	
RomaO3		Correlazione di Pearson	,642*	,685**	,517	,658*	,529	1	,736**	
		Sign. (a due code)	,018	,010	,071	,014	,063		,004	
		N	13	13	13	13	13	13	13	
Roma		Correlazione di Pearson	,783**	,797**	,359	,513	,391	,736**	1	
		Sign. (a due code)	,002	,001	,229	,073	,186	,004		
		N	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 27: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo invernale

Nella stagione primaverile i dati di inquinamento risultano scarsamente correlati durante il periodo di assenza di restrizioni (quindi verso fine maggio- inizio giugno); infatti, mentre per alcuni contaminanti come l'O₃ la tendenza è quella di avere un aumento del valore delle concentrazioni in

questo intervallo temporale, per le polveri il comportamento è opposto. I contagi in questa parte della stagione risultano diminuire lentamente. Se si osserva invece il periodo di lockdown viene subito evidenziato come sussista una correlazione significativa con il PM_{2,5} e con la CO, in quanto in tale periodo si ha comunque avuto la presenza di emissioni di inquinanti da diverse sorgenti.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_cont			RomaPM10	RomaPM25	RomaSO2	RomaNO2	RomaCO	RomaO3	Roma
No Restrizioni	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,153	-,037	,227	,171	-,135	,105
		Sign. (a due code)		,403	,842	,212	,349	,462	,569
		N	32	32	32	32	32	32	32
	RomaPM25	Correlazione di Pearson	,153	1	,450**	,449**	,186	,579**	,113
		Sign. (a due code)	,403		,010	,010	,309	<.001	,538
		N	32	32	32	32	32	32	32
	RomaSO2	Correlazione di Pearson	-,037	,450**	1	,253	,138	,392*	-,170
		Sign. (a due code)	,842	,010		,163	,453	,026	,351
		N	32	32	32	32	32	32	32
	RomaNO2	Correlazione di Pearson	,227	,449**	,253	1	,542**	,194	-,057
		Sign. (a due code)	,212	,010	,163		,001	,287	,759
		N	32	32	32	32	32	32	32
RomaCO	Correlazione di Pearson	,171	,186	,138	,542**	1	-,053	-,144	
	Sign. (a due code)	,349	,309	,453	,001		,772	,433	
	N	32	32	32	32	32	32	32	
RomaO3	Correlazione di Pearson	-,135	,579**	,392*	,194	-,053	1	-,177	
	Sign. (a due code)	,462	<.001	,026	,287	,772		,333	
	N	32	32	32	32	32	32	32	
Roma	Correlazione di Pearson	,105	,113	-,170	-,057	-,144	-,177	1	
	Sign. (a due code)	,569	,538	,351	,759	,433	,333		
	N	32	32	32	32	32	32	32	
Lockdown	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,642**	,091	,365**	,491**	,138	,124
		Sign. (a due code)		<.001	,507	,006	<.001	,315	,368
		N	55	55	55	55	55	55	55
	RomaPM25	Correlazione di Pearson	,642**	1	,352**	,612**	,488**	,412**	,518**
		Sign. (a due code)	<.001		,008	<.001	<.001	,002	<.001
		N	55	55	55	55	55	55	55
	RomaSO2	Correlazione di Pearson	,091	,352**	1	,186	,422**	-,109	,332*
		Sign. (a due code)	,507	,008		,174	,001	,430	,013
		N	55	55	55	55	55	55	55
	RomaNO2	Correlazione di Pearson	,365**	,612**	,186	1	,431**	,629**	,146
		Sign. (a due code)	,006	<.001	,174		,001	<.001	,288
		N	55	55	55	55	55	55	55
RomaCO	Correlazione di Pearson	,491**	,488**	,422**	,431**	1	-,034	,404**	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,001	,001		,805	,002	
	N	55	55	55	55	55	55	55	
RomaO3	Correlazione di Pearson	,138	,412**	-,109	,629**	-,034	1	-,059	
	Sign. (a due code)	,315	,002	,430	<.001	,805		,667	
	N	55	55	55	55	55	55	55	
Roma	Correlazione di Pearson	,124	,518**	,332*	,146	,404**	-,059	1	
	Sign. (a due code)	,368	<.001	,013	,288	,002	,667		
	N	55	55	55	55	55	55	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 28: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo primaverile

Il periodo estivo presenta una correlazione abbastanza significativa tra le polveri, NO₂ e i casi giornalieri di diffusione del virus. Questo è dovuto al fatto che se la tendenza di entrambi questi parametri è decrescente nel periodo estivo e se maggiore è la forza nella risposta immunitaria al virus da parte dell'organismo umano in estate, il loro andamento decrescente è comparabile.

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_cont			RomaPM10	RomaPM25	RomaSO2	RomaNO2	RomaCO	RomaO3	Roma
No Restrizioni	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,775**	,266*	,282**	,116	,171	,347**
		Sign. (a due code)		<.001	,015	,010	,298	,121	,001
		N	83	83	83	83	83	83	83
RomaPM25	RomaPM25	Correlazione di Pearson	,775**	1	,261*	,442**	,181	,353**	,368**
		Sign. (a due code)	<.001		,017	<.001	,101	,001	<.001
		N	83	83	83	83	83	83	83
RomaSO2	RomaSO2	Correlazione di Pearson	,266*	,261*	1	,215	,088	,248*	,065
		Sign. (a due code)	,015	,017		,051	,427	,024	,561
		N	83	83	83	83	83	83	83
RomaNO2	RomaNO2	Correlazione di Pearson	,282**	,442**	,215	1	,132	,301**	,299**
		Sign. (a due code)	,010	<.001	,051		,235	,006	,006
		N	83	83	83	83	83	83	83
RomaCO	RomaCO	Correlazione di Pearson	,116	,181	,088	,132	1	,107	,143
		Sign. (a due code)	,298	,101	,427	,235		,334	,197
		N	83	83	83	83	83	83	83
RomaO3	RomaO3	Correlazione di Pearson	,171	,353**	,248*	,301**	,107	1	-,104
		Sign. (a due code)	,121	,001	,024	,006	,334		,350
		N	83	83	83	83	83	83	83
Roma	Roma	Correlazione di Pearson	,347**	,368**	,065	,299**	,143	-,104	1
		Sign. (a due code)	,001	<.001	,561	,006	,197	,350	
		N	83	83	83	83	83	83	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 29: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo estivo

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_cont			RomaPM10	RomaPM25	RomaSO2	RomaNO2	RomaCO	RomaO3	Roma
No Restrizioni	RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,805**	,213	,562**	,470**	,605**	,649**
		Sign. (a due code)		<.001	,259	,001	,009	<.001	<.001
		N	30	30	30	30	30	30	30
RomaPM25	RomaPM25	Correlazione di Pearson	,805**	1	,441*	,648**	,589**	,629**	,744**
		Sign. (a due code)	<.001		,015	<.001	<.001	<.001	<.001
		N	30	30	30	30	30	30	30
RomaSO2	RomaSO2	Correlazione di Pearson	,213	,441*	1	,452*	,326	,224	,367*
		Sign. (a due code)	,259	,015		,012	,078	,234	,046
		N	30	30	30	30	30	30	30
RomaNO2	RomaNO2	Correlazione di Pearson	,562**	,648**	,452*	1	,590**	,332	,343
		Sign. (a due code)	,001	<.001	,012		<.001	,073	,064
		N	30	30	30	30	30	30	30
RomaCO	RomaCO	Correlazione di Pearson	,470**	,589**	,326	,590**	1	,139	,550**
		Sign. (a due code)	,009	<.001	,078	<.001		,463	,002
		N	30	30	30	30	30	30	30
RomaO3	RomaO3	Correlazione di Pearson	,605**	,629**	,224	,332	,139	1	,570**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,234	,073	,463		,001
		N	30	30	30	30	30	30	30
Roma	Roma	Correlazione di Pearson	,649**	,744**	,367*	,343	,550**	,570**	1
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,046	,064	,002	,001	
		N	30	30	30	30	30	30	31

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 30: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Roma durante il periodo autunnale

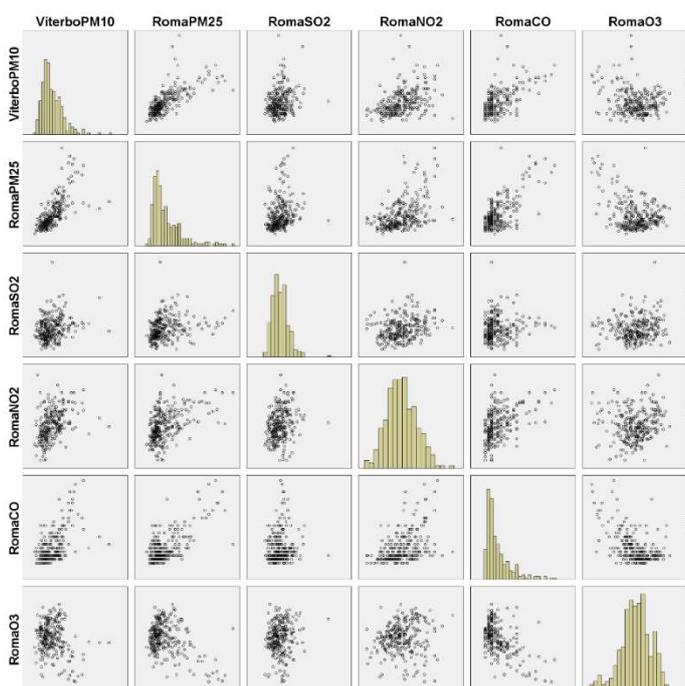
Avendo considerato l'intervallo temporale fino al 22 ottobre, i dati autunnali fanno riferimento ad un periodo senza restrizioni. La correlazione tra i contagi giornalieri e l'inquinamento atmosferico risulta ben correlata per quasi tutti i contaminanti in aria. La tendenza crescente dei contagi nella seconda ondata risulta avere una relazione in particolar modo con l'andamento crescente delle polveri.

		Correlazioni					
		RomaPM10	RomaPM25	RomaSO2	RomaNO2	RomaCO	RomaO3
RomaPM10	Correlazione di Pearson	1	,871**	,223**	,457**	,650**	-,327**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	268	268	268	268	268	268
RomaPM25	Correlazione di Pearson	,871**	1	,246**	,470**	,696**	-,382**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	268	268	268	268	268	268
RomaSO2	Correlazione di Pearson	,223**	,246**	1	,245**	,118	,125*
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,054	,041
	N	268	268	268	268	268	268
RomaNO2	Correlazione di Pearson	,457**	,470**	,245**	1	,452**	,101
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,099
	N	268	268	268	268	268	268
RomaCO	Correlazione di Pearson	,650**	,696**	,118	,452**	1	-,535**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,054	<.001		<.001
	N	268	268	268	268	268	268
RomaO3	Correlazione di Pearson	-,327**	-,382**	,125*	,101	-,535**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,041	,099	<.001	
	N	268	268	268	268	268	268

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 31: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Roma



Le 2 tabelle considerate mostrano, come auspicabile, una forte correlazione tra le due tipologie di particolato ed una correlazione negativa tra quest'ultime e l'ozono. Negli altri casi, escludendo il rapporto tra CO-particolato, la distribuzione dei punti nel grafico risulta poco rilevante rispetto ai casi precedenti.

Grafico 10: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Roma

6.2.6. LIGURIA

Per quanto riguarda la regione ligure si è deciso di analizzare almeno una centralina per provincia collocate nelle seguenti città (Regione Liguria): Genova (considerando le stazioni presso corso Firenze, corso Europa-via S. Martino e il quartiere di Quarto dei Mille), La Spezia (centraline localizzate nel parco Maggiolina e in piazza SaintBon), Savona (stazioni in corso Ricci e Varaldo in via Amendola) ed infine Sanremo (stazioni in Piazza Battisti e presso i Giardini Regina Elena).

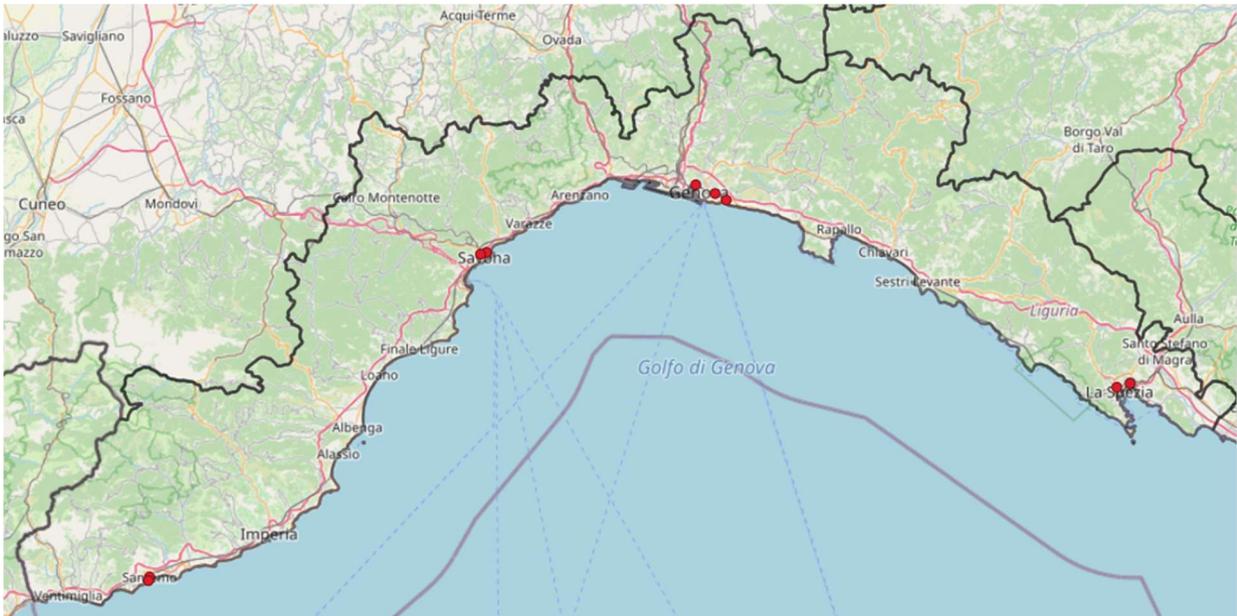


Figura 12: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Liguria

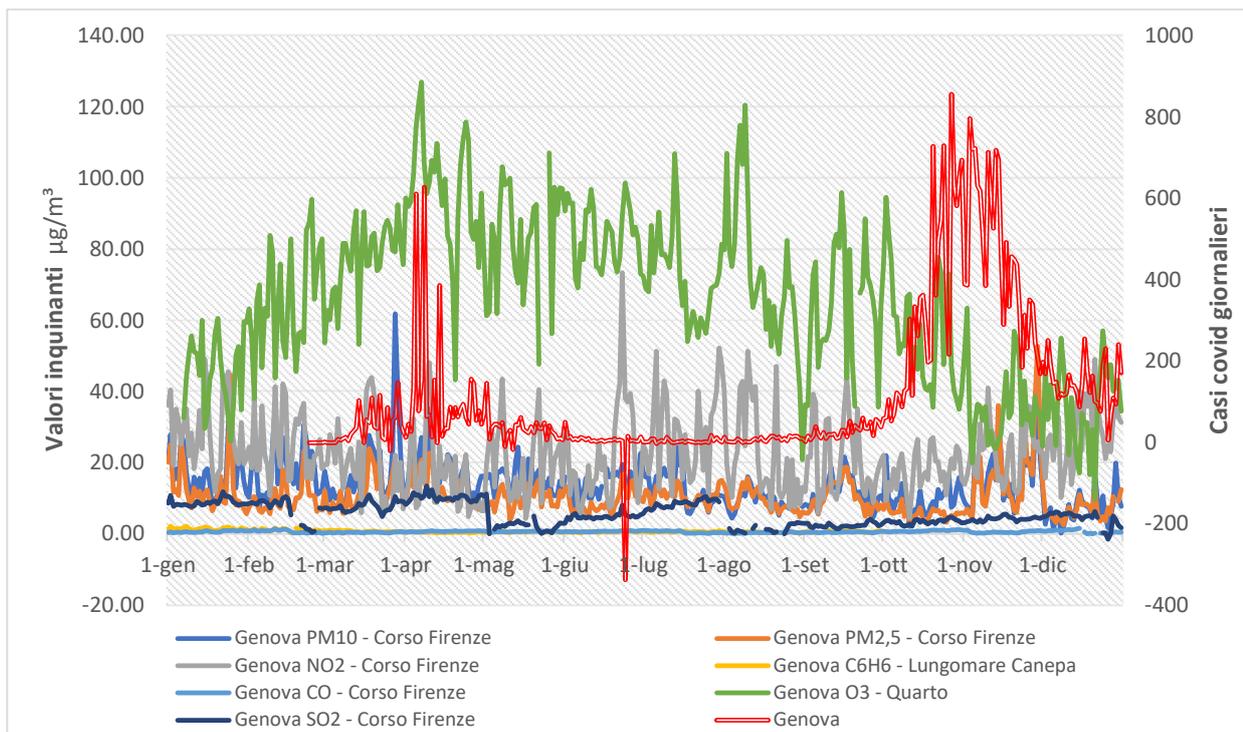


Gráfico 11: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Genova

Nel grafico precedente gli andamenti fanno riferimento all'intero anno 2020, andando di conseguenza a includere anche il periodo autunnale/Invernale in cui le regioni sono state suddivise in base al colore. Per semplificare, come visto in precedenza, si è deciso di considerare la zona gialla come non restrittiva mentre quelle arancioni e rosse come lockdown. Dalla figura si nota come la curva rossa dei contagi presenti due picchi coincidenti con i periodi di lockdown stabiliti dal governo italiano. In corrispondenza dell'inizio di luglio si verifica la presenza di un valore negativo, dovuto ad un errore presente all'interno del sito Git Hub da dove è stato ricavato il dato.

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_con			GenovaPM10 CorsoFirenze	GenovaPM25 CorsoFirenze	GenovaNO2C orsoFirenze	GenovaCOCo orsoFirenze	GenovaO3Qu arto	GenovaC6H6 CorsoEuropa ViaSMartino	GenovaSO2C orsoFirenze	Genova
No Restrizioni	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,823**	,427**	,273*	-,298*	,178	-,094	-,499
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,025	,019	,146	,458	,069
		N	68	68	68	68	62	68	65	14
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,823**	1	,393**	,053	-,418**	-,027	,079	-,127
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,670	<.001	,825	,532	,666
		N	68	68	68	68	62	68	65	14
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,427**	,393**	1	,366**	-,685**	,588**	,263*	-,007
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,002	<.001	<.001	,034	,980
		N	68	68	68	68	62	68	65	14
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,273*	,053	,366**	1	-,397**	,382**	,550**	,005
		Sign. (a due code)	,025	,670	,002		,001	,001	<.001	,986
		N	68	68	68	68	62	68	65	14
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	-,298*	-,418**	-,685**	-,397**	1	-,390**	-,477**	-,081
		Sign. (a due code)	,019	<.001	<.001	,001		,002	<.001	,784
		N	62	62	62	62	62	62	59	14
GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,178	-,027	,588**	,382**	-,390**	1	,125	-,309	
	Sign. (a due code)	,146	,825	<.001	,001	,002		,323	,282	
	N	68	68	68	68	62	68	65	14	
GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	-,094	,079	,263*	,550**	-,477**	,125	1	,289	
	Sign. (a due code)	,458	,532	,034	<.001	<.001	,323		,339	
	N	65	65	65	65	59	65	65	13	
Genova	Correlazione di Pearson	-,499	-,127	-,007	,005	-,081	-,309	,289	1	
	Sign. (a due code)	,069	,666	,980	,986	,784	,282	,339		
	N	14	14	14	14	14	14	13	14	
Lockdown	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,914**	,876**	,693**	-,064	-,045	,711**	,497
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,009	,836	,883	,006	,084
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,914**	1	,842**	,564*	-,047	-,243	,787**	,475
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,045	,879	,423	,001	,101
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,876**	,842**	1	,661*	-,139	-,070	,700**	,451
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,014	,650	,820	,008	,122
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,693**	,564*	,661*	1	-,291	,053	,276	,501
		Sign. (a due code)	,009	,045	,014		,334	,864	,362	,081
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	-,064	-,047	-,139	-,291	1	,011	-,169	-,477
		Sign. (a due code)	,836	,879	,650	,334		,971	,581	,099
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	-,045	-,243	-,070	,053	,011	1	-,590*	-,404	
	Sign. (a due code)	,883	,423	,820	,864	,971		,034	,171	
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	
GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,711**	,787**	,700**	,276	-,169	-,590*	1	,577*	
	Sign. (a due code)	,006	,001	,008	,362	,581	,034		,039	
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	
Genova	Correlazione di Pearson	,497	,475	,451	,501	-,477	-,404	,577*	1	
	Sign. (a due code)	,084	,101	,122	,081	,099	,171	,039		
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 32: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo autunnale

Analizzando l'output ottenuto tramite SPSS, si nota un'assenza di correlazione significativa, sia nel periodo di lockdown che in quello senza restrizioni, tra l'inquinamento atmosferico e i contaminanti. Per il periodo di chiusura la correlazione non è significativa ma comunque positiva per quasi tutti i contaminanti (eccetto il benzene e l'ozono), mentre per quello senza restrizioni la tendenza dei contagi risulta inversa rispetto ai contaminanti in atmosfera (tranne che per SO2 e CO).

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_con			GenovaPM10 CorsoFirenze	GenovaPM25 CorsoFirenze	GenovaNO2C orsoFirenze	GenovaCOCo orsoFirenze	GenovaO3Qu arto	GenovaC6H6 CorsoEuropa ViaSMartino	GenovaSO2C orsoFirenze	Genova
No Restrizioni	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,563**	,429*	,373*	-,181	,132	-,048	,284
		Sign. (a due code)		,001	,020	,046	,377	,496	,803	,135
		N	29	29	29	29	26	29	29	29
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,563**	1	,668**	,317	,064	,113	-,501**	,633**
		Sign. (a due code)	,001		<.001	,077	,742	,540	,003	<.001
		N	29	32	32	32	29	32	32	32
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,429*	,668**	1	,463**	-,110	,146	-,258	,370*
		Sign. (a due code)	,020	<.001		,008	,571	,426	,154	,037
		N	29	32	32	32	29	32	32	32
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,373*	,317	,463**	1	-,295	,382*	-,555**	,408*
		Sign. (a due code)	,046	,077	,008		,120	,031	<.001	,020
		N	29	32	32	32	29	32	32	32
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	-,181	,064	-,110	-,295	1	,039	,010	,043
		Sign. (a due code)	,377	,742	,571	,120		,840	,957	,826
		N	26	29	29	29	29	29	29	29
	GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,132	,113	,146	,382*	,039	1	-,262	,007
		Sign. (a due code)	,496	,540	,426	,031	,840		,147	,970
		N	29	32	32	32	29	32	32	32
GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	-,048	-,501**	-,258	-,555**	,010	-,262	1	-,702**	
	Sign. (a due code)	,803	,003	,154	<.001	,957	,147		<.001	
	N	29	32	32	32	29	32	32	32	
Genova	Correlazione di Pearson	,284	,633**	,370*	,408*	,043	,007	-,702**	1	
	Sign. (a due code)	,135	<.001	,037	,020	,826	,970	<.001		
	N	29	32	32	32	29	32	32	32	
Lockdown	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,670**	,313*	-,010	,092	,168	,206	,044
		Sign. (a due code)		<.001	,015	,938	,485	,199	,121	,738
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,670**	1	,389**	-,010	,431**	,100	,368**	,183
		Sign. (a due code)	<.001		,002	,940	<.001	,445	,004	,161
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,313*	,389**	1	,117	,057	,674**	,011	-,058
		Sign. (a due code)	,015	,002		,375	,664	<.001	,933	,662
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	-,010	-,010	,117	1	,067	,107	,385**	,049
		Sign. (a due code)	,938	,940	,375		,613	,414	,003	,711
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	,092	,431**	,057	,067	1	-,038	,334*	,267*
		Sign. (a due code)	,485	<.001	,664	,613		,775	,010	,039
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
	GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,168	,100	,674**	,107	-,038	1	-,221	-,109
		Sign. (a due code)	,199	,445	<.001	,414	,775		,096	,406
		N	60	60	60	60	60	60	58	60
GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,206	,368**	,011	,385**	,334*	-,221	1	,341**	
	Sign. (a due code)	,121	,004	,933	,003	,010	,096		,009	
	N	58	58	58	58	58	58	58	58	
Genova	Correlazione di Pearson	,044	,183	-,058	,049	,267*	-,109	,341**	1	
	Sign. (a due code)	,738	,161	,662	,711	,039	,406	,009		
	N	60	60	60	60	60	60	58	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 33: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo primaverile

Parlando della primavera, se nel periodo di assenza di restrizioni alcuni contaminanti risultano essere correlati ai contagi (come PM_{2,5} ed SO₂), nel periodo di lockdown questo non risulta essere verificato (ad eccezione del SO₂). Quanto osservato non consente di avallare l'ipotesi di partenza.

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_con		GenovaPM10 CorsoFirenze	GenovaPM25 CorsoFirenze	GenovaNO2C orsoFirenze	GenovaCOCo rsoFirenze	GenovaO3Qu arto	GenovaC6H6 CorsoEuropa ViaSMartino	GenovaSO2C orsoFirenze	Genova	
No Restrizioni	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,696**	,330**	,702**	,286**	,384**	,243*	-,034
		Sign. (a due code)		<.001	,001	<.001	,006	<.001	,028	,750
		N	92	92	92	92	91	92	82	92
GenovaPM25CorsoFirenze		Correlazione di Pearson	,696**	1	,569**	,307**	,460**	,337**	,115	-,062
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,003	<.001	,001	,302	,555
		N	92	92	92	92	91	92	82	92
GenovaNO2CorsoFirenze		Correlazione di Pearson	,330**	,569**	1	,231*	,325**	,529**	,243*	-,111
		Sign. (a due code)	,001	<.001		,027	,002	<.001	,028	,291
		N	92	92	92	92	91	92	82	92
GenovaCOCorsoFirenze		Correlazione di Pearson	,702**	,307**	,231*	1	,186	,321**	,242*	-,111
		Sign. (a due code)	<.001	,003	,027		,077	,002	,029	,292
		N	92	92	92	92	91	92	82	92
GenovaO3Quarto		Correlazione di Pearson	,286**	,460**	,325**	,186	1	-,034	,024	-,203
		Sign. (a due code)	,006	<.001	,002	,077		,750	,832	,054
		N	91	91	91	91	91	91	81	91
GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino		Correlazione di Pearson	,384**	,337**	,529**	,321**	-,034	1	,030	,118
		Sign. (a due code)	<.001	,001	<.001	,002	,750		,792	,263
		N	92	92	92	92	91	92	82	92
GenovaSO2CorsoFirenze		Correlazione di Pearson	,243*	,115	,243*	,242*	,024	,030	1	-,139
		Sign. (a due code)	,028	,302	,028	,029	,832	,792		,212
		N	82	82	82	82	81	82	82	82
Genova		Correlazione di Pearson	-,034	-,062	-,111	-,111	-,203	,118	-,139	1
		Sign. (a due code)	,750	,555	,291	,292	,054	,263	,212	
		N	92	92	92	92	91	92	82	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 34: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo estivo

Dalla tabella si può osservare come nel periodo estivo, a seguito delle misure di contenimento attuate in primavera, si è avuto un abbassamento dei contagi. Nell'output ottenuto, infatti si può notare come non sussista una correlazione tra i contagi nella provincia di Genova e i contaminanti presenti in atmosfera e che anzi la correlazione risulta tendente alla neutralità; solo per l'Ozono il coefficiente di Pearson assume un valore negativo e superiore agli altri, rimarcando la crescita stagionale di questo contaminante.

In Autunno invece visto che i dati analizzati si estendono fino a fine anno si è dovuto considerare la distinzione in base ai colori stabiliti dal governo:

- Per i periodi di zona gialla compresi tra il 6/11 ed il 10/11 e tra il 29/11 ed il 23/12, è stato etichettato come “no restrizioni”
- I giorni in cui la regione era stata definita con i colori arancioni (dal 11/11 al 28/11 e dal 28/12 al 30/12) e rossi (dal 15/11 al 5/12, dal 24/12 al 27/12 e il 31/12) è stata etichettata nello studio come “lockdown”.

In questa seconda ondata di contagi la regione Liguria è risultata maggiormente come zona gialla e quindi semplificata in una regione “senza restrizioni”. Nel periodo senza vincoli non si osserva alcuna relazione significativa, se non una correlazione negativa tra l’O₃ (che tende a diminuire nel periodo autunnale) ed i contagi (che sono saliti con l’arrivo della seconda ondata). Durante il secondo lockdown invece (intorno alla seconda metà del mese di novembre), l’unico inquinante che risulta essere fortemente correlato è SO₂: l’andamento decrescente dei contagi in questo intervallo temporale (visibile in corrispondenza della curva rossa) ben si relaziona con dei valori di concentrazione relativamente bassi di questo biossido.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_con			GenovaPM10 CorsoFirenze	GenovaPM25 CorsoFirenze	GenovaNO2C orsoFirenze	GenovaCOCo orsoFirenze	GenovaO3Qu arto	GenovaC6H6 CorsoEuropa ViaSMartino	GenovaSO2C orsoFirenze	Genova
No Restrizioni	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,809**	,153	-,084	,009	,077	-,127	,187
		Sign. (a due code)		<.001	,191	,479	,940	,513	,279	,109
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,809**	1	,204	-,121	-,191	-,016	,048	,041
		Sign. (a due code)	<.001		,079	,306	,100	,890	,682	,725
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,153	,204	1	-,050	-,695**	,572**	,544**	,040
		Sign. (a due code)	,191	,079		,672	<.001	<.001	<.001	,733
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	-,084	-,121	-,050	1	-,073	,256*	,229	,084
		Sign. (a due code)	,479	,306	,672		,539	,029	,054	,481
		N	73	73	73	73	73	73	72	73
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	,009	-,191	-,695**	-,073	1	-,391**	-,514**	-,259*
		Sign. (a due code)	,940	,100	<.001	,539		<.001	<.001	,025
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
	GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,077	-,016	,572**	,256*	-,391**	1	,081	,187
		Sign. (a due code)	,513	,890	<.001	,029	<.001		,491	,108
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
	GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	-,127	,048	,544**	,229	-,514**	,081	1	-,039
		Sign. (a due code)	,279	,682	<.001	,054	<.001	,491		,739
		N	74	74	74	72	74	74	74	74
	Genova	Correlazione di Pearson	,187	,041	,040	,084	-,259*	,187	-,039	1
		Sign. (a due code)	,109	,725	,733	,481	,025	,108	,739	
		N	75	75	75	73	75	75	74	75
Lockdown	GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,920**	,103	,540**	-,531**	,371	,528*	,458*
		Sign. (a due code)		<.001	,618	,004	,005	,062	,006	,019
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,920**	1	-,037	,550**	-,464*	,180	,476*	,367
		Sign. (a due code)	<.001		,859	,004	,019	,388	,016	,071
		N	25	25	25	25	25	25	25	25
	GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,103	-,037	1	,558**	-,316	,632**	-,126	-,414*
		Sign. (a due code)	,618	,859		,003	,115	<.001	,540	,036
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,540**	,550**	,558**	1	-,562**	,616**	,378	-,044
		Sign. (a due code)	,004	,004	,003		,003	<.001	,057	,831
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	-,531**	-,464*	-,316	-,562**	1	-,599**	-,458*	-,422*
		Sign. (a due code)	,005	,019	,115	,003		,001	,019	,032
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,371	,180	,632**	,616**	-,599**	1	,361	,129
		Sign. (a due code)	,062	,388	<.001	<.001	,001		,070	,528
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,528*	,476*	-,126	,378	-,458*	,361	1	,541**
		Sign. (a due code)	,006	,016	,540	,057	,019	,070		,004
		N	26	25	26	26	26	26	26	26
	Genova	Correlazione di Pearson	,458*	,367	-,414*	-,044	-,422*	,129	,541**	1
		Sign. (a due code)	,019	,071	,036	,831	,032	,528	,004	
		N	26	25	26	26	26	26	26	26

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 35: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Genova durante il periodo autunnale

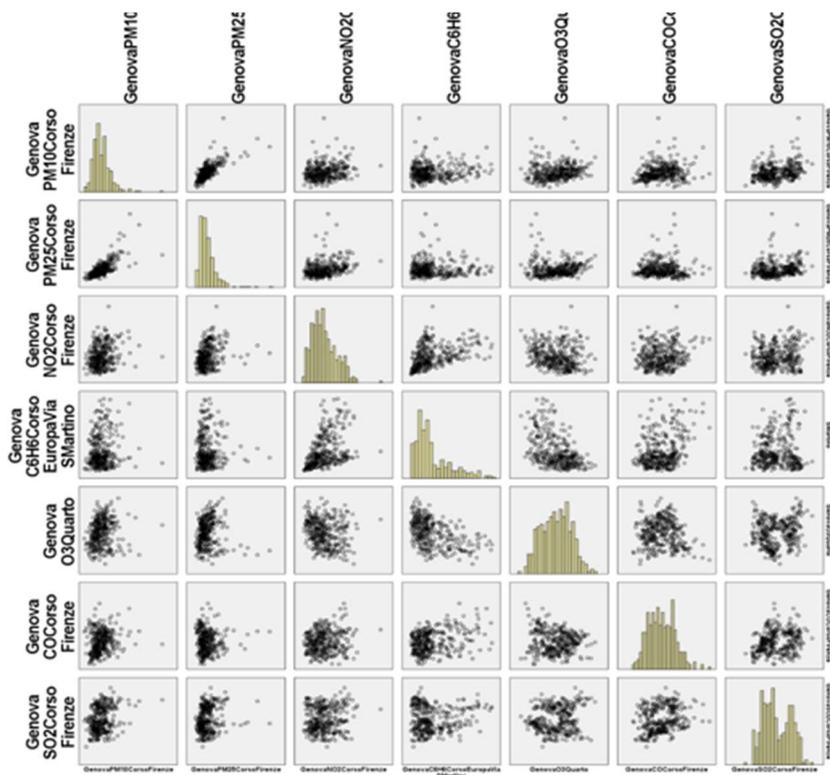
Nella tabella seguente si vanno a confrontare i contaminanti pre-screening, senza suddividerli in base alla stagione o al periodo restrittivo:

		Correlazioni						
		GenovaPM10 CorsoFirenze	GenovaPM25 CorsoFirenze	GenovaNO2C orsoFirenze	GenovaCOCo orsoFirenze	GenovaC6H6 CorsoEuropa ViaSMartino	GenovaO3Qu arto	GenovaSO2C orsoFirenze
GenovaPM10CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	1	,746**	,230**	,158**	,114*	,161**	,314**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	,003	,030	,002	<.001
	N	363	362	363	361	363	353	347
GenovaPM25CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,746**	1	,309**	-,022	,006	,027	,211**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	,673	,914	,617	<.001
	N	362	365	365	363	365	355	349
GenovaNO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,230**	,309**	1	,094	,418**	-,189**	,134*
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		,072	<.001	<.001	,012
	N	363	365	366	364	366	356	350
GenovaCOCorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,158**	-,022	,094	1	,273**	-,100	,204**
	Sign. (a due code)	,003	,673	,072		<.001	,060	<.001
	N	361	363	364	364	364	354	348
GenovaC6H6CorsoEuropaViaSMartino	Correlazione di Pearson	,114*	,006	,418**	,273**	1	-,472**	,104
	Sign. (a due code)	,030	,914	<.001	<.001		<.001	,053
	N	363	365	366	364	366	356	350
GenovaO3Quarto	Correlazione di Pearson	,161**	,027	-,189**	-,100	-,472**	1	,149**
	Sign. (a due code)	,002	,617	<.001	,060	<.001		,006
	N	353	355	356	354	356	356	340
GenovaSO2CorsoFirenze	Correlazione di Pearson	,314**	,211**	,134*	,204**	,104	,149**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,012	<.001	,053	,006	
	N	347	349	350	348	350	340	350

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 36: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Roma



Dai grafici di dispersione a fianco si può notare come sia presente una forte correlazione lineare solo all'interno delle due tipologie di particolato. Negli altri casi i dati non risultano essere dispersi lungo la retta di regressione lineare, di conseguenza la loro correlazione non risulta così visibile.

Grafico 12: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Genova

6.2.7. LOMBARDIA

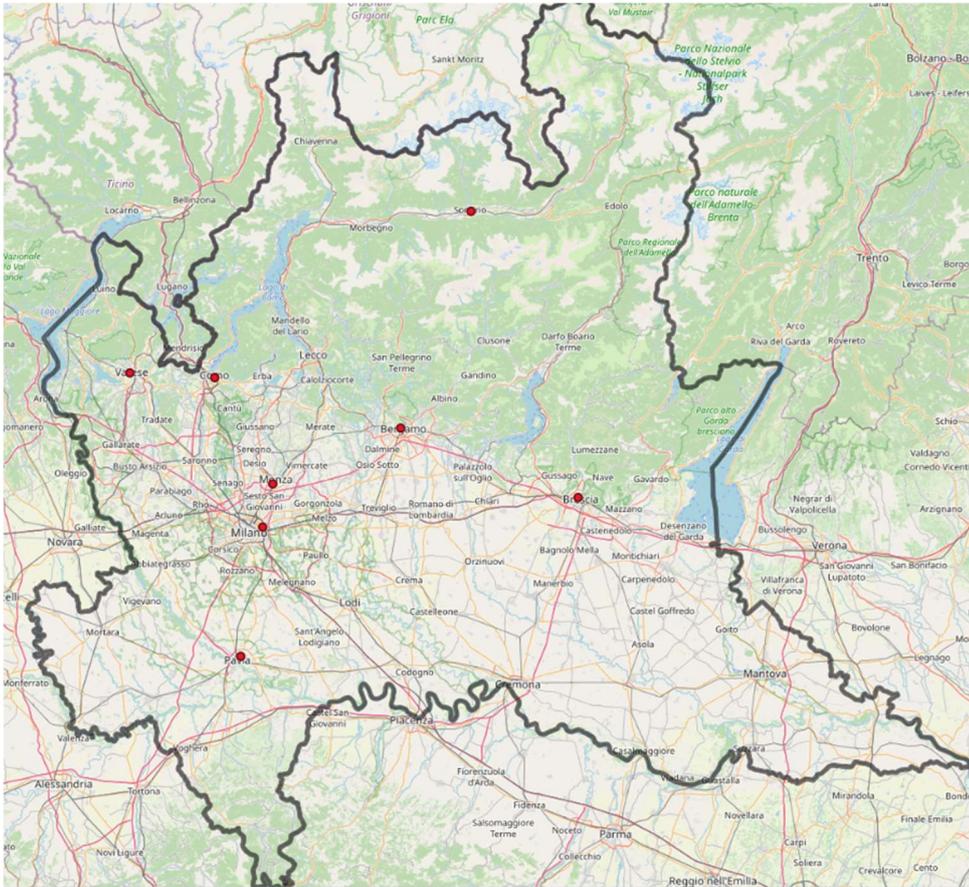


Figura 13: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Lombardia

Per la regione lombarda si è deciso di considerare le centraline posizionate nei capoluoghi più rilevanti della regione. Le stazioni da cui sono stati ricavati i dati (Arpa Lombardia) sono disposte nelle città di: Bergamo (via Garibaldi), Pavia (in via Folperti), Milano (in via Porzio, zona Città studi), Sondrio (in via Paribelli), Monza (in via

Machiavelli), Como (in via Cattaneo), Varese (in via Copelli) e Brescia (in via Tartaglia). La centralina per la quale si è scelto di riportare l'analisi è quella nella città metropolitana di Milano.

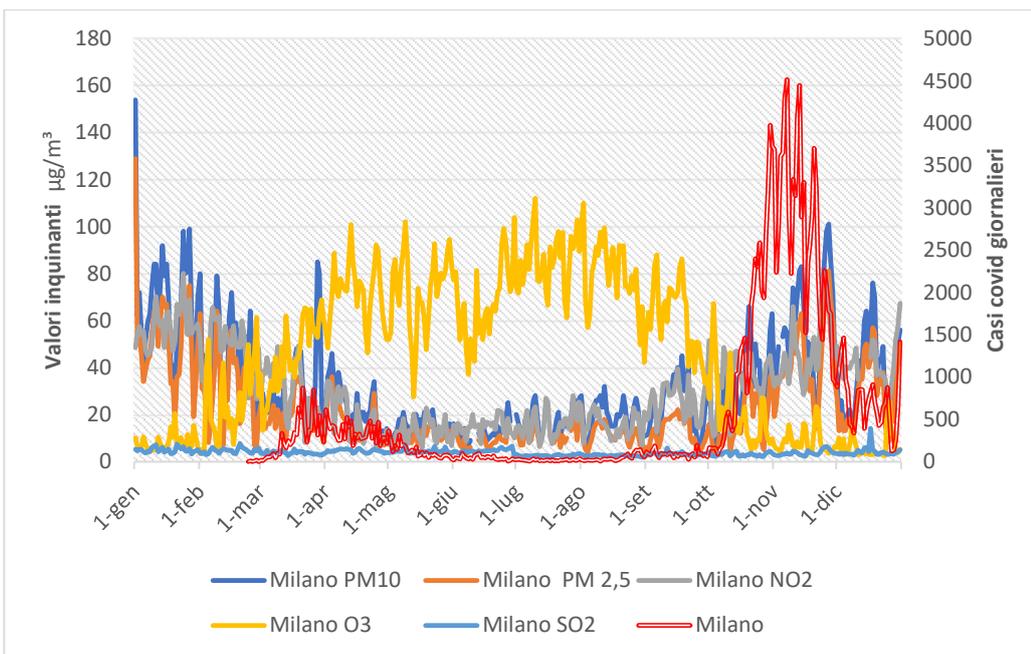


Grafico 13: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Milano

Nel grafico precedente gli andamenti sono riportati per tutto l'anno 2020. Si nota subito l'evidente presenza di due picchi nella curva dei casi covid indicata con il colore rosso. L'intensità e la diffusione della seconda ondata risulta molto più rilevante rispetto alla prima. Osservando l'andamento delle polveri, si evidenzia subito una forte comparabilità con quello del biossido di azoto (che in molti casi segue appunto l'andamento del particolato). Avendo considerato l'intero anno è necessario nel periodo finale di questo arco temporale andare ad effettuare una suddivisione in base al colore definito dal governo. Dal 6 al 28 novembre, dal 24 al 27 dicembre e il 31 dicembre la Lombardia è stata dichiarata zona rossa, mentre dal 29 novembre al 12 dicembre e dal 28 al 30 dicembre è stata indicata come zona arancione. In entrambi i casi si è deciso di raggruppare questi intervalli di tempo con l'etichetta di "lockdown". Per quanto riguarda la zona gialla, la regione è stata così indicata nel periodo che va dal 13 al 23 dicembre: si parla in questo caso di periodo "senza restrizioni".

Si va di seguito a mostrare l'analisi di correlazione dei dati ricavati dalle centraline ARPA, tramite il software SPSS.

Nella tabella alla pagina successiva è raffigurata l'analisi effettuata sul periodo invernale. A primo impatto si nota come la significatività della relazione tra totale casi e inquinanti risulti assente. Nel periodo di assenza di restrizioni precedente quindi alla chiusura imposta dal governo, i dati oltre a non risultare significativi, vengono indicati anche come scarsamente correlati; ad eccezione del biossido di azoto, il coefficiente di Pearson risulta negativo definendo così un andamento decrescente dell'inquinante al crescere dei contagi. Per il periodo di lockdown l'assenza di significatività risulta presente, ma in questo caso la correlazione tra tali parametri risulta buona oltre che positiva. Analizzando quanto detto la diffusione del virus in questo arco temporale e quindi l'aumento dei casi (nonostante il periodo di chiusura) avviene in contemporanea con un trend crescente dell'aumento delle concentrazioni, contrapponendosi così all'ipotesi di partenza, legata ad un miglioramento della qualità dell'aria come effetto della chiusura.

Correlazioni

DataOra (Raccolto): Inverno

mis_cont			MilanoPM10	MilanoPM25	MilanoNO2	MilanoO3	MilanoSO2	Milano
No Restrizioni	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,993**	,552**	-,654**	,248*	-,271
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,042	,348
		N	68	68	68	68	68	14
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,993**	1	,534**	-,651**	,210	-,188
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,086	,519
		N	68	68	68	68	68	14
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,552**	,534**	1	-,713**	,545**	,286
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,321
		N	68	68	68	68	68	14
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	-,654**	-,651**	-,713**	1	-,167	-,248
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,174	,392
		N	68	68	68	68	68	14
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,248*	,210	,545**	-,167	1	-,129
		Sign. (a due code)	,042	,086	<.001	,174		,660
		N	68	68	68	68	68	14
	Milano	Correlazione di Pearson	-,271	-,188	,286	-,248	-,129	1
		Sign. (a due code)	,348	,519	,321	,392	,660	
		N	14	14	14	14	14	14
Lockdown	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,977**	,667*	-,135	,269	,510
		Sign. (a due code)		<.001	,013	,660	,374	,075
		N	13	13	13	13	13	13
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,977**	1	,623*	-,203	,144	,452
		Sign. (a due code)	<.001		,023	,506	,639	,121
		N	13	13	13	13	13	13
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,667*	,623*	1	-,584*	,516	,113
		Sign. (a due code)	,013	,023		,036	,071	,714
		N	13	13	13	13	13	13
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	-,135	-,203	-,584*	1	-,087	,551
		Sign. (a due code)	,660	,506	,036		,777	,051
		N	13	13	13	13	13	13
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,269	,144	,516	-,087	1	,298
		Sign. (a due code)	,374	,639	,071	,777		,322
		N	13	13	13	13	13	13
	Milano	Correlazione di Pearson	,510	,452	,113	,551	,298	1
		Sign. (a due code)	,075	,121	,714	,051	,322	
		N	13	13	13	13	13	13

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 37: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo invernale

Se si analizza l'output primaverile appare lampante l'assenza di significatività e la scarsa correlazione tra i parametri analizzati nel periodo post lockdown di fine primavera. Il segno positivo indica come la diminuzione dei contagi sia parallela alla diminuzione delle concentrazioni di inquinanti atmosferici. Il principale motivo di questa relazione si ipotizza che sia dovuto allo spegnimento dei riscaldamenti domestici con l'avvento della stagione calda. Nel periodo di

lockdown, al contrario, il particolato e il biossido di azoto risultano avere una correlazione significativa, con un discreto valore del coefficiente di Pearson. La tendenza decrescente, a seguito del picco di contagi raggiunto ad inizio aprile, è seguita in parallelo dalla diminuzione dei contaminanti prima elencati presenti in atmosfera, prodotti generalmente dal traffico e dal riscaldamento domestico.

Correlazioni

DataOra (Raccolto): Primavera

mis_cont			MilanoPM10	MilanoPM25	MilanoNO2	MilanoO3	MilanoSO2	Milano
No Restrizioni	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,948**	,372*	,595**	,278	,250
		Sign. (a due code)		<.001	,047	<.001	,144	,191
		N	29	29	29	29	29	29
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,948**	1	,187	,693**	,131	,196
		Sign. (a due code)	<.001		,330	<.001	,497	,308
		N	29	29	29	29	29	29
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,372*	,187	1	-,312	,240	,003
		Sign. (a due code)	,047	,330		,082	,185	,988
		N	29	29	32	32	32	32
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	,595**	,693**	-,312	1	,209	,295
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,082		,252	,101
		N	29	29	32	32	32	32
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,278	,131	,240	,209	1	,306
		Sign. (a due code)	,144	,497	,185	,252		,088
		N	29	29	32	32	32	32
Milano	Correlazione di Pearson	,250	,196	,003	,295	,306	1	
	Sign. (a due code)	,191	,308	,988	,101	,088		
	N	29	29	32	32	32	32	
Lockdown	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,704**	,560**	-,080	-,069	,358**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,542	,598	,005
		N	60	60	60	60	60	60
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,704**	1	,741**	,023	,220	,356**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,859	,092	,005
		N	60	60	60	60	60	60
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,560**	,741**	1	-,296*	,225	,311*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,022	,084	,015
		N	60	60	60	60	60	60
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	-,080	,023	-,296*	1	,583**	-,030
		Sign. (a due code)	,542	,859	,022		<.001	,820
		N	60	60	60	60	60	60
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	-,069	,220	,225	,583**	1	-,107
		Sign. (a due code)	,598	,092	,084	<.001		,415
		N	60	60	60	60	60	60
Milano	Correlazione di Pearson	,358**	,356**	,311*	-,030	-,107	1	
	Sign. (a due code)	,005	,005	,015	,820	,415		
	N	60	60	60	60	60	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 38: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo primaverile

Il periodo estivo ha evidenziato una fase di stallo dei contagi che sono rimasti esigui fino al mese di settembre. Osservando la tabella, il coefficiente risulta significativo per il PM₁₀, NO₂ e O₃. Se l'ultimo risulta avere un segno negativo dovuto al trend stagionale crescente di questo contaminante, l'opposto si può dire per gli altri due inquinanti. La diminuzione dei contagi nel periodo estivo avviene in parallelo alla diminuzione delle emissioni atmosferiche e ad una migliore qualità dell'aria.

Correlazioni

DataOra (Raccolto): Estate

mis_cont			MilanoPM10	MilanoPM25	MilanoNO2	MilanoO3	MilanoSO2	Milano
No Restrizioni	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,932**	,700**	,106	,247*	,259*
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,339	,024	,018
		N	83	83	83	83	83	83
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,932**	1	,667**	,194	,276*	,107
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,077	,011	,330
		N	83	84	84	84	84	84
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,700**	,667**	1	-,307**	,295**	,397**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,003	,004	<.001
		N	83	84	92	92	92	92
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	,106	,194	-,307**	1	,020	-,419**
		Sign. (a due code)	,339	,077	,003		,849	<.001
		N	83	84	92	92	92	92
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,247*	,276*	,295**	,020	1	,068
		Sign. (a due code)	,024	,011	,004	,849		,519
		N	83	84	92	92	92	92
	Milano	Correlazione di Pearson	,259*	,107	,397**	-,419**	,068	1
		Sign. (a due code)	,018	,330	<.001	<.001	,519	
		N	83	84	92	92	92	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 39: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo estivo

Proseguendo con l'analisi e andando a considerare, come indicato prima, la suddivisione lockdown (zona rossa e arancione) e periodo con assenza di restrizione (zona gialla), si può notare una certa significatività nei coefficienti per entrambi i sottogruppi indicati. Nel periodo autunnale iniziale senza restrizioni, considerando anche gli ultimi giorni della stagione come zona gialla, i contaminanti (ad eccezione di SO₂) risultano avere un p-value inferiore a 0,05. La crescita dei contagi dovuta alla seconda ondata, che si è verificata in questo lasso di tempo, risulta essere seguita da un trend crescente delle concentrazioni in atmosfera (a seguito dell'aumento del traffico veicolare e del funzionamento dei riscaldamenti domestici, a partire dal 15 ottobre). L'unica eccezione come visto anche per altri territori è quella dovuta alla stagionalità dell'ozono.

Se ci si concentra sul sottogruppo legato al periodo di chiusura, si può notare come risultano significativi e con buona correlazione le due tipologie di particolato (negli altri casi risulta quasi assente la correlazione). Questo evidenzia come al crescere dei casi covid avvenga in parallelo un aumento di emissioni delle principali sorgenti delle polveri (riscaldamento, traffico veicolare e attività industriali), andando così ad avallare la tesi di un possibile aumento dei contagi a seguito della veicolazione tramite il particolato.

Correlazioni

DataOra (Raccolto): Autunno

mis_cont			MilanoPM10	MilanoPM25	MilanoNO2	MilanoO3	MilanoSO2	Milano	
No Restrizioni	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,949**	,742**	-,795**	,443**	,377**	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,005	
		N	55	55	51	55	55	55	
	MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,949**	1	,630**	-,777**	,460**	,328*	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,015	
		N	55	55	51	55	55	55	
	MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,742**	,630**	1	-,780**	,414**	,279*	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,002	,045	
		N	51	51	52	52	52	52	
	MilanoO3	Correlazione di Pearson	-,795**	-,777**	-,780**	1	-,342**	-,507**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,010	<.001	
		N	55	55	52	56	56	56	
	MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,443**	,460**	,414**	-,342**	1	-,074	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,002	,010		,586	
		N	55	55	52	56	56	56	
	Milano	Correlazione di Pearson	,377**	,328*	,279*	-,507**	-,074	1	
		Sign. (a due code)	,005	,015	,045	<.001	,586		
		N	55	55	52	56	56	56	
	Lockdown	MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,993**	,613**	-,402**	,589**	,501**
			Sign. (a due code)		<.001	<.001	,006	<.001	<.001
			N	45	45	44	45	45	45
		MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,993**	1	,626**	-,418**	,605**	,442**
			Sign. (a due code)	<.001		<.001	,004	<.001	,002
			N	45	45	44	45	45	45
MilanoNO2		Correlazione di Pearson	,613**	,626**	1	-,481**	,810**	,099	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,524	
		N	44	44	44	44	44	44	
MilanoO3		Correlazione di Pearson	-,402**	-,418**	-,481**	1	-,519**	,080	
		Sign. (a due code)	,006	,004	<.001		<.001	,602	
		N	45	45	44	45	45	45	
MilanoSO2		Correlazione di Pearson	,589**	,605**	,810**	-,519**	1	-,002	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,987	
		N	45	45	44	45	45	45	
Milano		Correlazione di Pearson	,501**	,442**	,099	,080	-,002	1	
		Sign. (a due code)	<.001	,002	,524	,602	,987		
		N	45	45	44	45	45	45	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 40: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Milano durante il periodo autunnale

Correlazioni

		MilanoPM10	MilanoPM25	MilanoNO2	MilanoO3	MilanoSO2
MilanoPM10	Correlazione di Pearson	1	,966**	,763**	-,613**	,341**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	353	353	348	353	353
MilanoPM25	Correlazione di Pearson	,966**	1	,766**	-,631**	,373**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	353	354	349	354	354
MilanoNO2	Correlazione di Pearson	,763**	,766**	1	-,809**	,380**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	348	349	361	361	361
MilanoO3	Correlazione di Pearson	-,613**	-,631**	-,809**	1	-,202**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	353	354	361	366	366
MilanoSO2	Correlazione di Pearson	,341**	,373**	,380**	-,202**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	353	354	361	366	366

** . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 41: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Milano

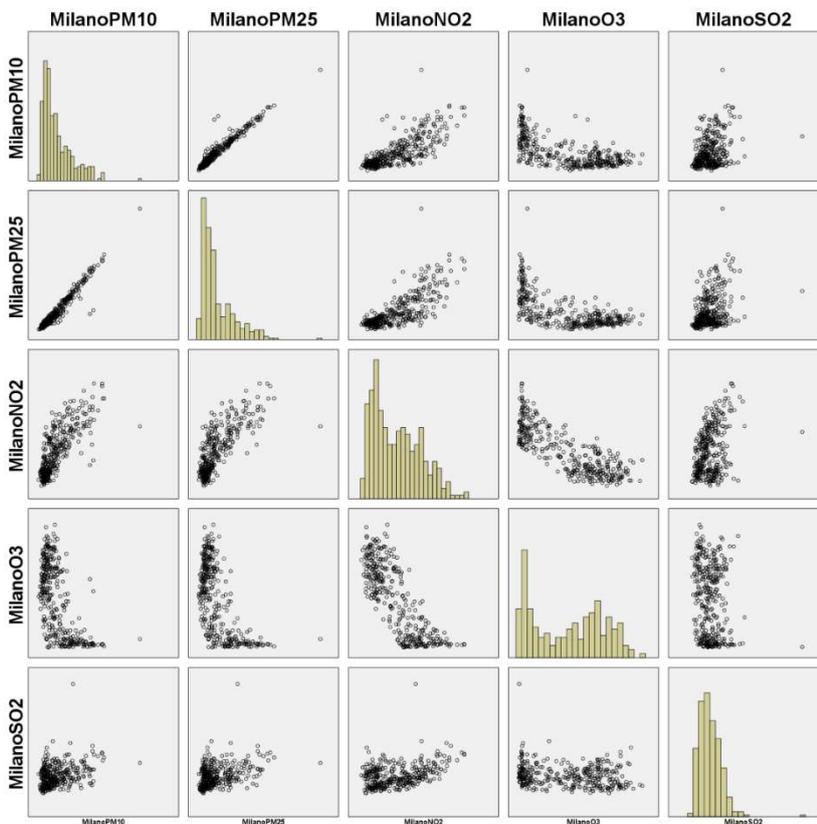


Grafico 14: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Milano

Nel grafico risulta evidente la fortissima correlazione tra le polveri, mentre dalla tabella notiamo che la relazione tra ognuno dei parametri risulta essere statisticamente significativa. Dall'immagine si può osservare come i punti presenti nel grafico con assi $PM_{10}/PM_{2,5}-NO_2$ siano disposti attorno alla retta di regressione lineare; questo si riscontra nel grafico degli andamenti dei contaminanti dove la curva delle polveri e quella dell'ossido di azoto hanno forma simile. Un'altra buona

correlazione, ma con segno negativo si ha tra O_3 e NO_2 .

6.2.8. MARCHE

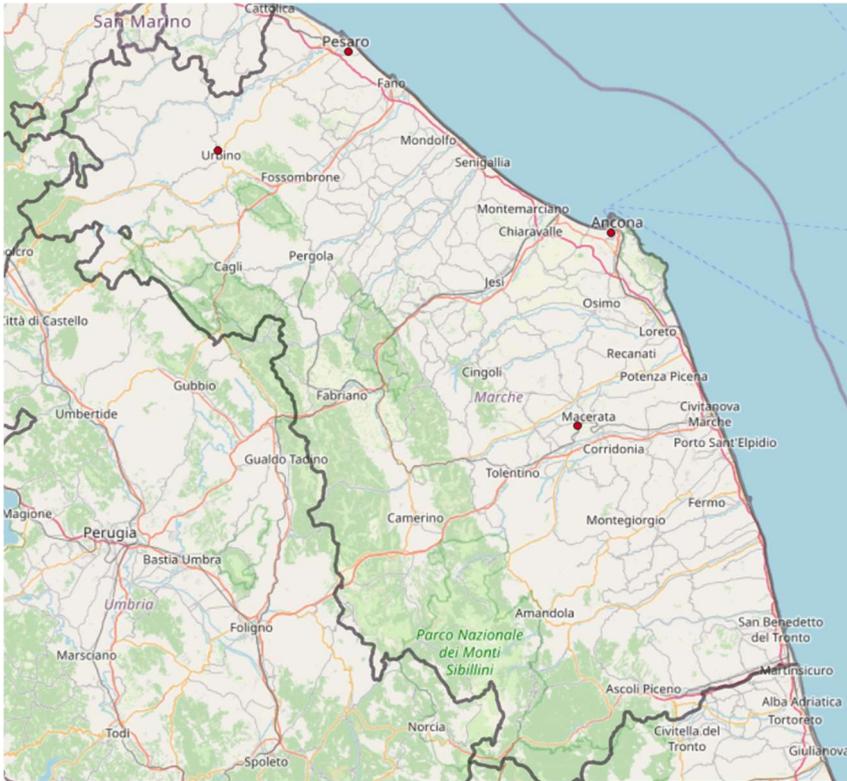


Figura 14: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Marche

L'inquadramento territoriale visibile nella mappa a fianco mostra le centraline ARPA (Arpa Marche) considerate. Si è deciso di utilizzare una centralina per capoluogo di provincia: Macerata (stazione posizionata nel quartiere Collevario), Pesaro (in via Scarpellini), Urbino (via Neruda) e Ancona (Stazione FF).

La stazione riportata di seguito per l'analisi e indicativa dell'intera regione è quella di

Macerata.

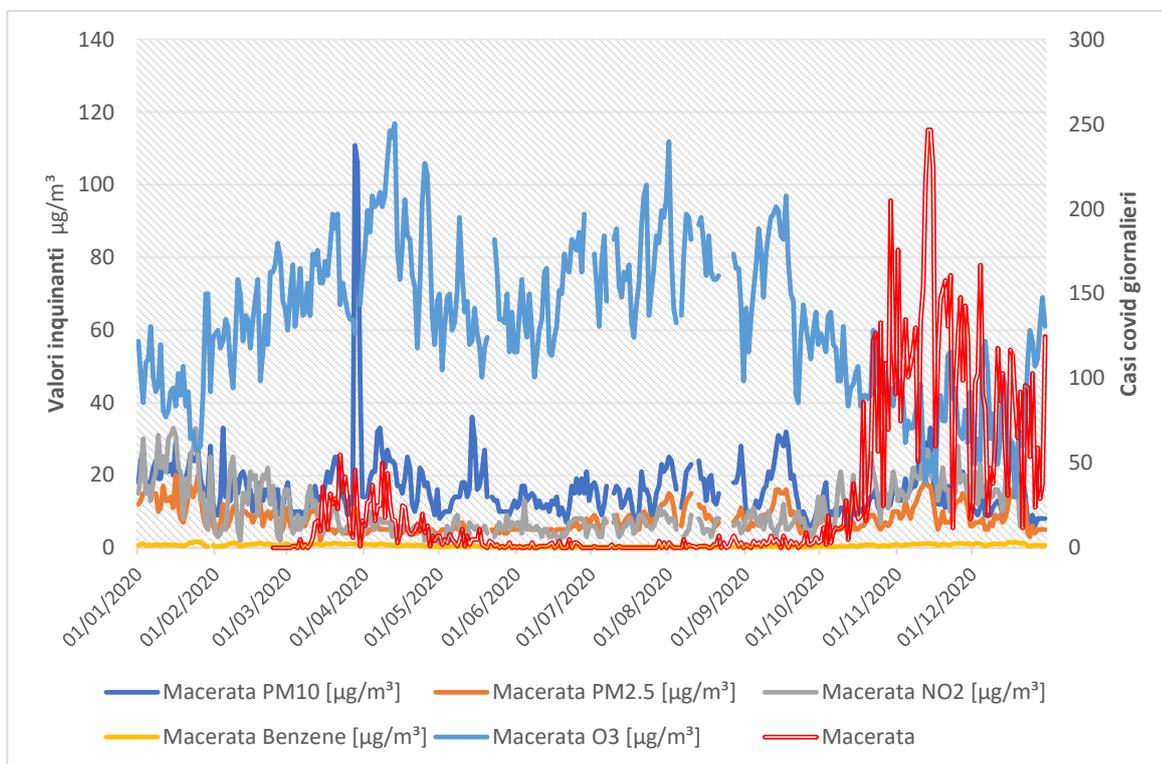


Grafico 15: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Macerata

Gli andamenti riportati nell'immagine precedente fanno riferimento all'intero anno 2020. In rosso come descritto nei casi precedenti è riportata la curva dei contagi che risulta avere un picco molto alto nel periodo autunnale (coincidente con la seconda ondata) ed un innalzamento della curva in corrispondenza del primo lockdown.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Inverno

mis_con			MacerataPM1 0µgm	MacerataPM2. 5µgm	MacerataO3µ gm	MacerataNO2 µgm	Macerata
No restrizioni	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,882**	-,641**	,606**	-,344
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,228
		N	68	64	68	68	14
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,882**	1	-,750**	,725**	-,207
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,478
		N	64	64	64	64	14
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	-,641**	-,750**	1	-,727**	,104
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,724
		N	68	64	68	68	14
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,606**	,725**	-,727**	1	-,362
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,204
		N	68	64	68	68	14
Macerata	Correlazione di Pearson	-,344	-,207	,104	-,362	1	
	Sign. (a due code)	,228	,478	,724	,204		
	N	14	14	14	14	14	
Lockdown	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	-,395	,682*	-,091	,499
		Sign. (a due code)		,181	,010	,768	,082
		N	13	13	13	13	13
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	-,395	1	-,246	,721**	-,532
		Sign. (a due code)	,181		,418	,005	,061
		N	13	13	13	13	13
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	,682*	-,246	1	-,197	,545
		Sign. (a due code)	,010	,418		,520	,054
		N	13	13	13	13	13
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	-,091	,721**	-,197	1	-,607*
		Sign. (a due code)	,768	,005	,520		,028
		N	13	13	13	13	13
Macerata	Correlazione di Pearson	,499	-,532	,545	-,607*	1	
	Sign. (a due code)	,082	,061	,054	,028		
	N	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 42: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo invernale

Analizzando l'output ottenuto tramite SPSS, si nota un'assenza di correlazione, sia nel periodo di lockdown che in quello senza restrizioni, tra l'inquinamento atmosferico e i contaminanti.

Il periodo di chiusura presenta una correlazione negativa tra i contagi, il PM_{2,5} e NO₂ (unica significatività), mentre per quello senza restrizioni la tendenza dei contagi risulta inversa rispetto ai

contaminanti in atmosfera (tranne che per O₃). Quest'ultima osservazione è dovuta al fatto che i valori di particolato e NO₂ sono mediamente alti intorno alla fine di febbraio e all'inizio di marzo; inoltre, l'incremento dei contagi si osserva a partire dalla seconda metà del mese di marzo, quindi in corrispondenza del cambio di stagione.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Primavera

mis_con			MacerataPM10µgm	MacerataPM2.5µgm	MacerataO3µgm	MacerataNO2µgm	Macerata
No restrizioni	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,342	-,122	,293	-,025
		Sign. (a due code)		,060	,520	,116	,893
		N	31	31	30	30	31
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,342	1	-,068	,207	,161
		Sign. (a due code)	,060		,722	,272	,388
		N	31	31	30	30	31
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	-,122	-,068	1	-,155	-,100
		Sign. (a due code)	,520	,722		,412	,599
		N	30	30	30	30	30
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,293	,207	-,155	1	-,389*
		Sign. (a due code)	,116	,272	,412		,034
		N	30	30	30	30	30
Macerata	Correlazione di Pearson	-,025	,161	-,100	-,389*	1	
	Sign. (a due code)	,893	,388	,599	,034		
	N	31	31	30	30	32	
Lockdown	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,690**	,053	,358**	,294*
		Sign. (a due code)		<.001	,693	,005	,022
		N	60	54	59	59	60
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,690**	1	-,061	,160	,108
		Sign. (a due code)	<.001		,663	,252	,438
		N	54	54	53	53	54
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	,053	-,061	1	,144	,398**
		Sign. (a due code)	,693	,663		,277	,002
		N	59	53	59	59	59
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,358**	,160	,144	1	,331*
		Sign. (a due code)	,005	,252	,277		,010
		N	59	53	59	59	59
	Macerata	Correlazione di Pearson	,294*	,108	,398**	,331*	1
		Sign. (a due code)	,022	,438	,002	,010	
		N	60	54	59	59	60

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 43: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo primaverile

L'output dei dati primaverili mostra una correlazione negativa (con l'eccezione di PM_{2,5}) scarsamente significativa nel periodo non restrittivo (ossia fine maggio-inizio giugno), tranne che per l'NO₂. Quanto analizzato si osserva nel grafico degli andamenti: il PM₁₀ tende ad avere un picco in questo periodo di tempo considerato, mentre il numero dei contagi è sceso intorno allo 0, l'O₃ è caratterizzato da un aumento delle concentrazioni stagionali, NO₂ risulta avere un andamento

simile alle polveri. Se si analizza il periodo di lockdown invece la situazione cambia: la correlazione risulta positiva per tutti gli inquinanti e significativa (tranne per PM_{2,5}). All'aumentare della diffusione dei contagi (visibile nel grafico), i valori delle concentrazioni dei contaminanti risultano più alti, seguendo così il pensiero dietro all'ipotesi iniziale che il particolato veicoli il virus.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Estate

mis_con			MacerataPM1 0µgm	MacerataPM2. 5µgm	MacerataO3µ gm	MacerataNO2 µgm	Macerata
No restrizioni	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,868**	,489**	,013	,229*
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,911	,038
		N	82	82	79	81	82
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,868**	1	,547**	,056	,224*
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,617	,043
		N	82	82	79	81	82
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	,489**	,547**	1	,107	,152
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,349	,181
		N	79	79	79	78	79
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,013	,056	,107	1	,167
		Sign. (a due code)	,911	,617	,349		,135
		N	81	81	78	81	81
	Macerata	Correlazione di Pearson	,229*	,224*	,152	,167	1
		Sign. (a due code)	,038	,043	,181	,135	
		N	82	82	79	81	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 44: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo estivo

L'output estivo mostra una correlazione significativa e positiva tra i contagi e le polveri, in quanto entrambi i parametri subiscono una diminuzione in quel periodo. Il discorso vale anche per O₃ ed NO₂ anche se non risulta significativa come correlazione. L'osservazione da fare riguarda il fatto che l'O₃ dovrebbe raggiungere i valori massimi di concentrazione creando una relazione inversamente proporzionale con i contagi. Questo non avviene in tal caso e si discosta da quanto ipotizzato.

I dati riferiti alla stagione autunnale invece risultano per gran parte avere una correlazione significativa con i contagi. Siccome si è considerato l'intero periodo autunnale 2020, è necessario effettuare la distinzione in base ai colori:

- Per i periodi di zona gialla compresi tra il 6/11 ed il 14/11 e tra il 6/12 ed il 23/12, è stato etichettato come “no restrizioni”

- I giorni in cui la regione era stata definita con i colori arancioni (dal 15/11 al 05/12 e dal 28/12 al 30/12) e rossi (dal 15/11 al 5/12, dal 24/12 al 27/12 e il 31/12) è stata etichettata nello studio come “lockdown”.

Nella stagione autunnale la regione delle Marche è risultata in larga parte non limitata; si può riscontrare quanto detto anche nella tabella sottostante in riferimento alla numerosità N. Nel periodo non restrittivo la correlazione tra casi covid e inquinamento risulta fortemente significativa: dal grafico si può osservare come sia la tendenza dei contaminanti che quella dei contagi risulti crescente. Quanto specificato però si riscontra solo in parte nel periodo di zona arancione o rossa: sebbene le polveri risultino correlate significativamente e positivamente con i contagi, questo non si può dire per O₃ (che presenta comunque un p-value vicino a 0,05) ma soprattutto per NO₂.

Correlazioni

V1 (Raccolto): Autunno

mis_con			MacerataPM1 0µgm	MacerataPM2. 5µgm	MacerataO3µ gm	MacerataNO2 µgm	Macerata	
No restrizioni	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,946**	-,658**	,644**	,677**	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	
		N	72	72	72	70	72	
	MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,946**	1	-,730**	,632**	,652**	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	
		N	72	72	72	70	72	
	MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	-,658**	-,730**	1	-,627**	-,542**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	
		N	72	72	72	70	72	
	MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,644**	,632**	-,627**	1	,511**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	
		N	70	70	70	70	70	
	Macerata	Correlazione di Pearson	,677**	,652**	-,542**	,511**	1	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		
		N	72	72	72	70	72	
	Lockdown	MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,909**	-,451*	,321	,454*
			Sign. (a due code)		<.001	,016	,155	,015
			N	28	28	28	21	28
MacerataPM2.5µgm		Correlazione di Pearson	,909**	1	-,562**	,438*	,458*	
		Sign. (a due code)	<.001		,002	,047	,014	
		N	28	28	28	21	28	
MacerataO3µgm		Correlazione di Pearson	-,451*	-,562**	1	-,593**	-,368	
		Sign. (a due code)	,016	,002		,005	,054	
		N	28	28	28	21	28	
MacerataNO2µgm		Correlazione di Pearson	,321	,438*	-,593**	1	,136	
		Sign. (a due code)	,155	,047	,005		,557	
		N	21	21	21	21	21	
Macerata		Correlazione di Pearson	,454*	,458*	-,368	,136	1	
		Sign. (a due code)	,015	,014	,054	,557		
		N	28	28	28	21	28	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 45: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Macerata durante il periodo autunnale

Correlazioni

		MacerataPM10µgm	MacerataPM2.5µgm	MacerataNO2µgm	MacerataO3µgm
MacerataPM10µgm	Correlazione di Pearson	1	,456**	,164**	,085
	Sign. (a due code)		<.001	,002	,115
	N	354	344	342	349
MacerataPM2.5µgm	Correlazione di Pearson	,456**	1	,585**	-,318**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001
	N	344	344	332	339
MacerataNO2µgm	Correlazione di Pearson	,164**	,585**	1	-,651**
	Sign. (a due code)	,002	<.001		<.001
	N	342	332	342	339
MacerataO3µgm	Correlazione di Pearson	,085	-,318**	-,651**	1
	Sign. (a due code)	,115	<.001	<.001	
	N	349	339	339	349

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 46: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Macerata

Dall'analisi di correlazione si può notare come NO₂ risulti correlato positivamente con le polveri di entrambe le granulometrie. Nel grafico NO₂-O₃ si può osservare come i punti si attestino attorno alla retta di regressione con verso negativo.

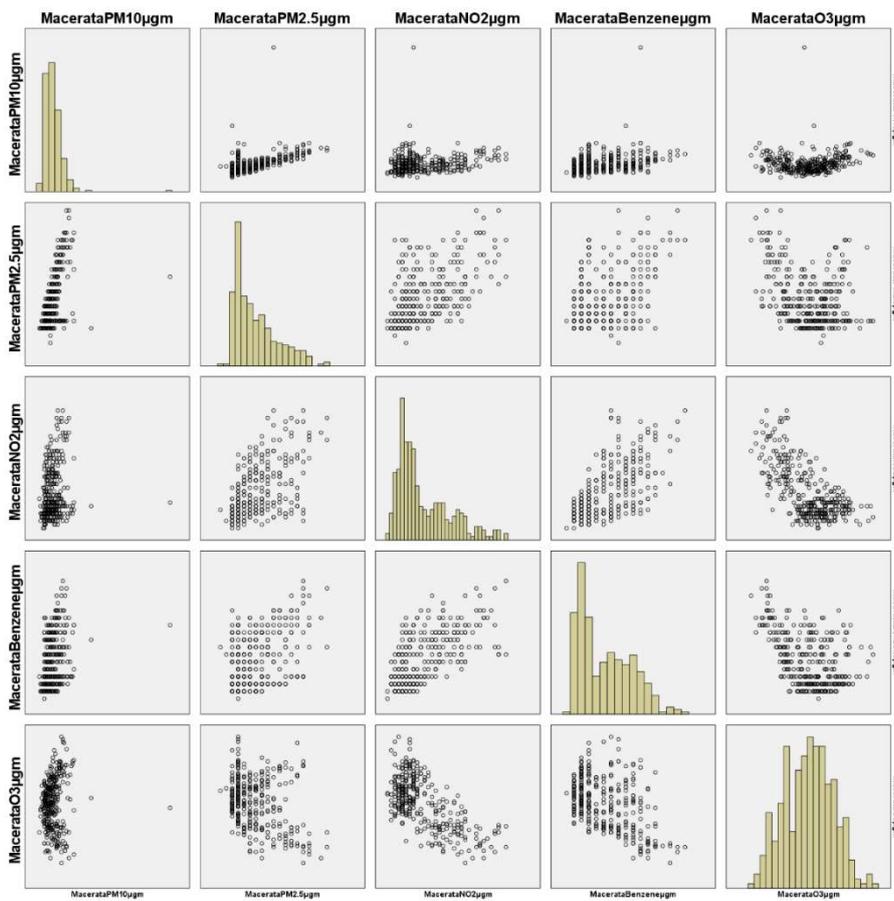
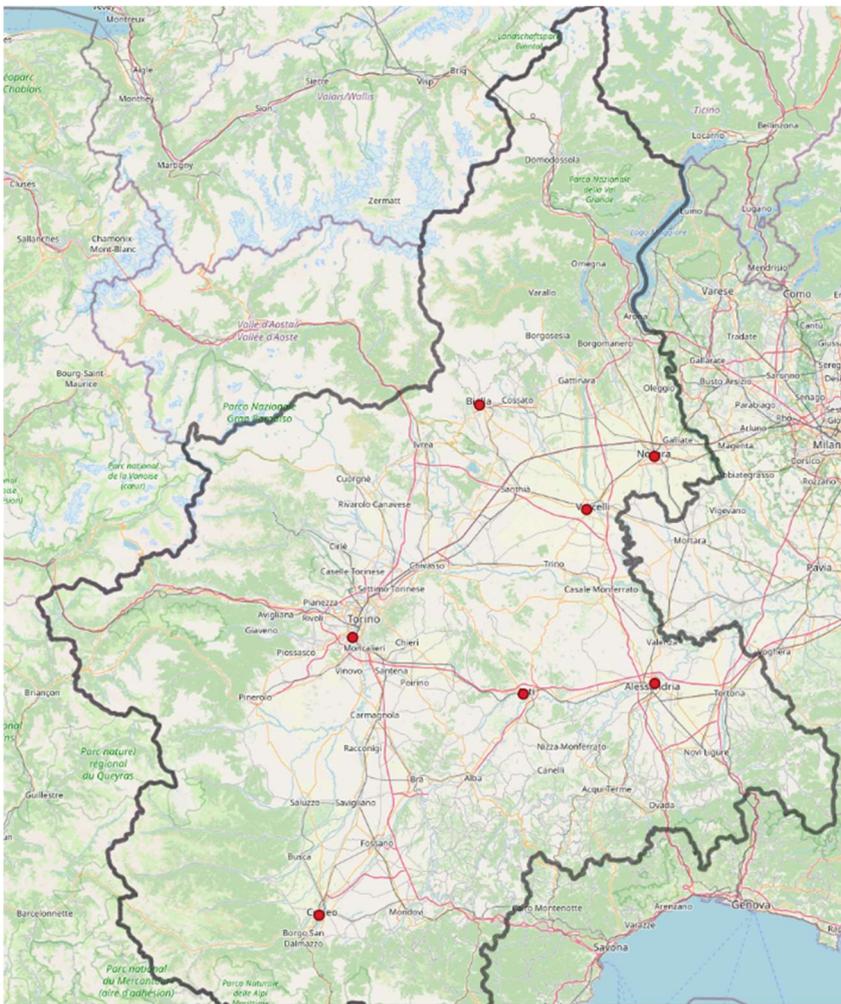


Grafico 16: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Macerata

6.2.9. PIEMONTE



L'inquadramento territoriale della regione Piemonte (sistema Piemonte) evidenzia le centraline che sono state scelte per l'analisi dei dati. Si è deciso di considerare una stazione per provincia, posizionate in ogni capoluogo. Gli strumenti sono disposti nelle città di: Alessandria (in via Scassi), Asti (presso scuola Baussano), Biella (in via Don Struzo), Cuneo (in piazza II Reggimento Alpini), Novara (in viale Roma), Torino (in zona Lingotto), Vercelli (presso campo CONI). L'analisi fa riferimento alla città di Torino, scelta come città rappresentativa della regione.

Figura 15: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Piemonte

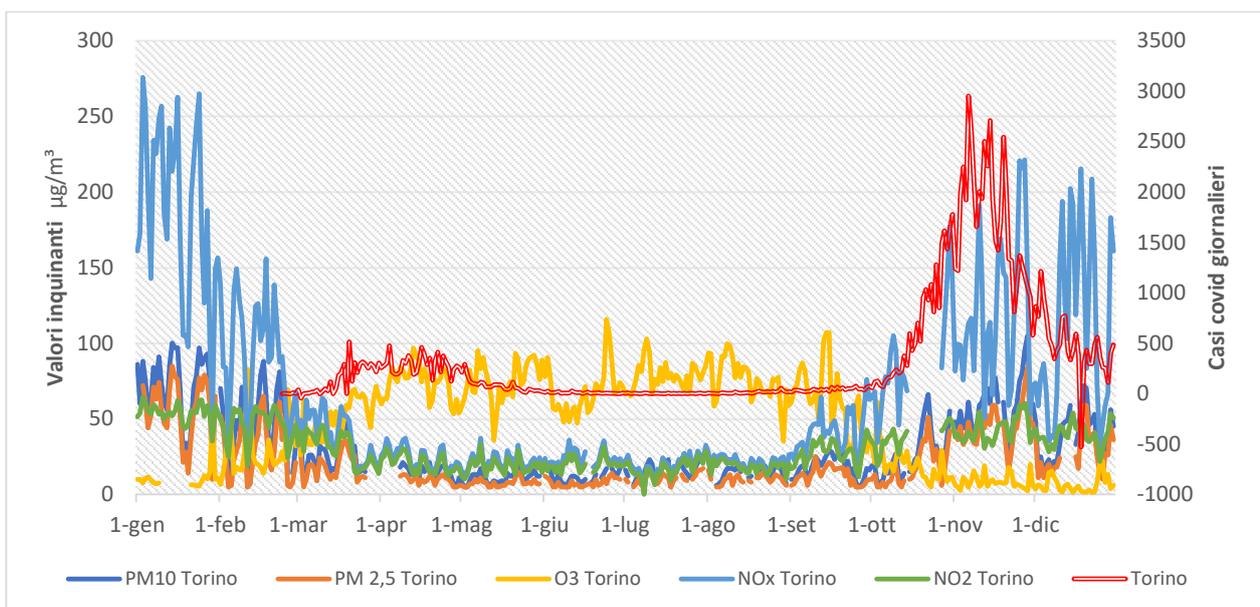


Grafico 17: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Torino

I dati ricavati vengono riferiti all'intervallo temporale dell'intero anno 2020; è necessario, perciò andare a distinguere nell'ultima parte dell'anno i giorni di chiusura (che fanno riferimento al periodo di zona rossa e arancione) da quelli in cui le restrizioni non vengono considerate oppure ipotizzate poco efficaci. Per il Piemonte il governo aveva stabilito che i giorni dal 13 al 23 dicembre fossero da considerare come zona gialla, quelli dal 6 al 28 novembre e dal 24 al 27 dicembre come zona rossa, mentre dal 29 novembre al 12 dicembre e dal 28 al 30 dicembre come zona arancione.

L'andamento dei contagi (con sempre la presenza dei due massimi), raffigurato nella pagina precedente, mostra come la seconda ondata risulta aver avuto un numero di contagi molto superiore rispetto alla prima. Il valore negativo all'interno del mese di dicembre è da riferire all'errore presente nei dati analizzati.

Dopo una breve descrizione si va ora ad analizzare la correlazione tra i dati di inquinamento scaricati presso il portale ARPA e i valori dei casi di contagio da parte del virus Covid-19.

La stagione invernale riportata di seguito mostra un'assenza di correlazione significativa rispetto ai parametri considerati, sia nel periodo di lockdown che in quello di assenza di restrizioni. A grandi linee si può affermare che il coefficiente di Pearson risulta negativo per la maggior parte dei contaminanti durante i giorni senza restrizioni, evidenziando un andamento decrescente che si oppone al periodo iniziale di diffusione del virus. Per quanto riguarda il lockdown invece si nota una correlazione positiva del particolato che tende ad incrementare le proprie concentrazioni durante il periodo di crescita del contagio (in contrapposizione con quanto ipotizzato inizialmente); solamente SO_2 decresce in questo periodo, mentre per gli altri inquinanti il coefficiente risulta tendere verso la neutralità.

Correlazioni

data (Raccolto): Inverno

mis_cont			PM10Torino	PM25Torino	COTorino	NOxTorino	NOTorino	NO2Torino	O3Torino	SO2Torino	Torino	
No Restrizioni	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,986**	,560**	,776**	,750**	,751**	-,838**	,543**	-,310	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,326
		N	64	62	64	64	64	64	64	53	64	12
	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,986**	1	,551**	,798**	,774**	,755**	-,832**	,592**	-,216	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,477
		N	62	64	64	64	64	64	64	53	64	13
	COTorino	Correlazione di Pearson	,560**	,551**	1	,723**	,714**	,605**	-,622**	,609**	,030	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,918
		N	64	64	68	68	68	68	68	57	68	14
	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,776**	,798**	,723**	1	,995**	,794**	-,802**	,611**	-,179	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,541
		N	64	64	68	68	68	68	68	57	68	14
	NOTorino	Correlazione di Pearson	,750**	,774**	,714**	,995**	1	,731**	-,750**	,598**	-,099	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,736
		N	64	64	68	68	68	68	68	57	68	14
	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,751**	,755**	,605**	,794**	,731**	1	-,913**	,551**	-,250	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,388
		N	64	64	68	68	68	68	68	57	68	14
	O3Torino	Correlazione di Pearson	-,838**	-,832**	-,622**	-,802**	-,750**	-,913**	1	-,509**	,306	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,287
		N	53	53	57	57	57	57	57	57	57	14
	SO2Torino	Correlazione di Pearson	,543**	,592**	,609**	,611**	,598**	,551**	-,509**	1	-,046	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,876
		N	64	64	68	68	68	68	68	57	68	14
Torino	Correlazione di Pearson	-,310	-,216	,030	-,179	-,099	-,250	,306	-,046	1		
	Sign. (a due code)	,326	,477	,918	,541	,736	,388	,287	,876			
	N	12	13	14	14	14	14	14	14	14		
Lockdown	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,946**	,466	,659*	,507	,722**	,020	,059	,384	
		Sign. (a due code)		<.001	,108	,014	,077	,005	,949	,849	,196	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,946**	1	,412	,575*	,455	,620*	,083	-,021	,415	
		Sign. (a due code)	<.001		,162	,040	,118	,024	,787	,945	,158	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	COTorino	Correlazione di Pearson	,466	,412	1	,911**	,804**	,912**	-,557*	,775**	-,002	
		Sign. (a due code)	,108	,162		<.001	<.001	<.001	,048	,002	,995	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,659*	,575*	,911**	1	,935**	,961**	-,484	,568*	,136	
		Sign. (a due code)	,014	,040	<.001		<.001	<.001	,094	,043	,659	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	NOTorino	Correlazione di Pearson	,507	,455	,804**	,935**	1	,800**	-,404	,417	,142	
		Sign. (a due code)	,077	,118	<.001	<.001		,001	,171	,156	,643	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,722**	,620*	,912**	,961**	,800**	1	-,502	,633*	,120	
		Sign. (a due code)	,005	,024	<.001	<.001	,001		,080	,020	,695	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	O3Torino	Correlazione di Pearson	,020	,083	-,557*	-,484	-,404	-,502	1	-,564*	,236	
		Sign. (a due code)	,949	,787	,048	,094	,171	,080		,045	,437	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	SO2Torino	Correlazione di Pearson	,059	-,021	,775**	,568*	,417	,633*	-,564*	1	-,384	
		Sign. (a due code)	,849	,945	,002	,043	,156	,020	,045		,195	
		N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
Torino	Correlazione di Pearson	,384	,415	-,002	,136	,142	,120	,236	-,384	1		
	Sign. (a due code)	,196	,158	,995	,659	,643	,695	,437	,195			
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13		

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 47: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo invernale

Nel periodo primaverile si osserva una correlazione significativa tra il totale dei casi giornalieri, il particolato e il monossido di carbonio. Le polveri sono caratterizzate da un coefficiente positivo in entrambi i periodi, assecondando prima la tendenza crescente dei casi e poi verso la fine della stagione, l'andamento decrescente (in contrapposizione all'idea di diminuzione delle concentrazioni nel periodo di chiusura). Nel periodo senza restrizioni, CO appare in controtendenza alle polveri e alla diminuzione dei contagi; questo può essere dovuto al fatto che la riapertura è coincisa con un aumento del traffico veicolare e con l'apertura delle ditte di trattamento rifiuti etc... che hanno contribuito ad un innalzamento delle concentrazioni. L'ozono, significativo anch'esso in questo periodo, risulta avere un andamento che segue la diminuzione dei casi. Questo potrebbe risultare in contrapposizione con la stagionalità del contaminante, ma se si notano le curve, si può definire come per tutto il periodo estivo e primaverile (quelli con temperatura più elevate), i valori di concentrazioni siano molto più alti che nel resto dell'anno.

Durante il lockdown oltre ai composti già citati, risulta avere un coefficiente di Pearson significativo anche il biossido di zolfo. Il segno di quest'ultimo risulta negativo e quindi mostra una tendenza decrescente in un periodo di aumento dei casi; è utile ricordare che questo composto è un prodotto degli impianti di riscaldamento che durante la primavera cominciano la fase di spegnimento. Il monossido di carbonio al contrario mostra un coefficiente di segno positivo, a prova del fatto che, nonostante la chiusura, la sua concentrazione non è diminuita in atmosfera, anche considerando la notevole riduzione del traffico veicolare.

Correlazioni

data (Raccolto): Primavera

mis_cont			PM10Torino	PM25Torino	COTorino	NOxTorino	NOTorino	NO2Torino	O3Torino	SO2Torino	Torino	
No Restrizioni	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,916**	-,372*	,172	-,351	,339	,665**	-,058	,675**	
		Sign. (a due code)		<.001	,047	,381	,067	,078	<.001	,764	<.001	
		N	29	29	29	28	28	28	29	29	29	
	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,916**	1	-,370*	,096	-,364	,260	,614**	,047	,647**	
		Sign. (a due code)	<.001		,040	,622	,053	,173	<.001	,801	<.001	
		N	29	31	31	29	29	29	31	31	31	
	COTorino	Correlazione di Pearson	-,372*	-,370*	1	,434*	,579**	,279	-,729**	-,335	-,589**	
		Sign. (a due code)	,047	,040		,016	<.001	,135	<.001	,061	<.001	
		N	29	31	32	30	30	30	32	32	32	
	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,172	,096	,434*	1	,622**	,944**	-,336	-,406*	,007	
		Sign. (a due code)	,381	,622	,016		<.001	<.001	,069	,026	,971	
		N	28	29	30	30	30	30	30	30	30	
	NOTorino	Correlazione di Pearson	-,351	-,364	,579**	,622**	1	,332	-,508**	-,455*	-,263	
		Sign. (a due code)	,067	,053	<.001	<.001		,073	,004	,012	,160	
		N	28	29	30	30	30	30	30	30	30	
	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,339	,260	,279	,944**	,332	1	-,199	-,281	,119	
		Sign. (a due code)	,078	,173	,135	<.001	,073		,293	,133	,531	
		N	28	29	30	30	30	30	30	30	30	
	O3Torino	Correlazione di Pearson	,665**	,614**	-,729**	-,336	-,508**	-,199	1	,090	,666**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	,069	,004	,293		,623	<.001	
		N	29	31	32	30	30	30	32	32	32	
	SO2Torino	Correlazione di Pearson	-,058	,047	-,335	-,406*	-,455*	-,281	,090	1	-,126	
		Sign. (a due code)	,764	,801	,061	,026	,012	,133	,623		,490	
		N	29	31	32	30	30	30	32	32	32	
	Torino	Correlazione di Pearson	,675**	,647**	-,589**	,007	-,263	,119	,666**	-,126	1	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	,971	,160	,531	<.001	,490		
		N	29	31	32	30	30	30	32	32	32	
	Lockdown	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,918**	,601**	,383**	,179	,404**	,287*	-,067	,489**
			Sign. (a due code)		<.001	<.001	,007	,222	,004	,048	,679	<.001
			N	48	48	38	48	48	48	48	40	48
		PM25Torino	Correlazione di Pearson	,918**	1	,544**	,242	,080	,265	,215	-,121	,386**
			Sign. (a due code)	<.001		<.001	,097	,587	,069	,142	,456	,007
			N	48	48	38	48	48	48	48	40	48
		COTorino	Correlazione di Pearson	,601**	,544**	1	,496**	,399**	,488**	,032	-,440**	,699**
			Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,004	<.001	,825	,002	<.001
			N	38	38	50	50	50	50	50	49	50
		NOxTorino	Correlazione di Pearson	,383**	,242	,496**	1	,758**	,985**	,038	,132	,164
			Sign. (a due code)	,007	,097	<.001		<.001	<.001	,776	,357	,211
			N	48	48	50	60	60	60	60	51	60
		NOTorino	Correlazione di Pearson	,179	,080	,399**	,758**	1	,635**	-,079	,242	,105
			Sign. (a due code)	,222	,587	,004	<.001		<.001	,551	,087	,425
			N	48	48	50	60	60	60	60	51	60
		NO2Torino	Correlazione di Pearson	,404**	,265	,488**	,985**	,635**	1	,070	,092	,170
			Sign. (a due code)	,004	,069	<.001	<.001	<.001		,596	,519	,194
			N	48	48	50	60	60	60	60	51	60
		O3Torino	Correlazione di Pearson	,287*	,215	,032	,038	-,079	,070	1	,102	,082
			Sign. (a due code)	,048	,142	,825	,776	,551	,596		,477	,535
			N	48	48	50	60	60	60	60	51	60
SO2Torino		Correlazione di Pearson	-,067	-,121	-,440**	,132	,242	,092	,102	1	-,499**	
		Sign. (a due code)	,679	,456	,002	,357	,087	,519	,477		<.001	
		N	40	40	49	51	51	51	51	51	51	
Torino		Correlazione di Pearson	,489**	,386**	,699**	,164	,105	,170	,082	-,499**	1	
		Sign. (a due code)	<.001	,007	<.001	,211	,425	,194	,535	<.001		
		N	48	48	50	60	60	60	60	51	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 48: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo primaverile

Il periodo estivo risulta avere una correlazione fortemente significativa tra i dati. Analizzando la positività e la negatività dei segni del coefficiente di Pearson, si può notare come in estate, al diminuire dei contagi, in parallelo si abbia una diminuzione delle concentrazioni degli inquinanti emessi. Le uniche eccezioni riguardano l'ozono che stagionalmente aumenta nelle stagioni calde e il biossido di zolfo, che risulta però poco significativo e vicino alla neutralità.

Correlazioni

data (Raccolto): Estate

mis_cont			PM10Torino	PM25Torino	COTorino	NOxTorino	NOTorino	NO2Torino	O3Torino	SO2Torino	Torino
No Restrizioni	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,915**	,591**	,489**	,328**	,531**	,119	,264	,477**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,003	<.001	,286	,024	<.001
		N	83	81	83	83	83	83	83	73	83
PM25Torino	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,915**	1	,593**	,545**	,402**	,569**	,048	,188	,490**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,668	,112	<.001
		N	81	83	83	83	83	83	83	73	83
COTorino	COTorino	Correlazione di Pearson	,591**	,593**	1	,534**	,421**	,539**	-,122	,210	,303**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,248	,058	,003
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92
NOxTorino	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,489**	,545**	,534**	1	,868**	,953**	-,201	-,100	,623**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,054	,371	<.001
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92
NOTorino	NOTorino	Correlazione di Pearson	,328**	,402**	,421**	,868**	1	,677**	-,216*	-,202	,638**
		Sign. (a due code)	,003	<.001	<.001	<.001		<.001	,038	,069	<.001
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92
NO2Torino	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,531**	,569**	,539**	,953**	,677**	1	-,162	-,026	,535**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		,122	,820	<.001
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92
O3Torino	O3Torino	Correlazione di Pearson	,119	,048	-,122	-,201	-,216*	-,162	1	,026	-,333**
		Sign. (a due code)	,286	,668	,248	,054	,038	,122		,817	,001
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92
SO2Torino	SO2Torino	Correlazione di Pearson	,264	,188	,210	-,100	-,202	-,026	,026	1	-,139
		Sign. (a due code)	,024	,112	,058	,371	,069	,820	,817		,213
		N	73	73	82	82	82	82	82	82	82
Torino	Torino	Correlazione di Pearson	,477**	,490**	,303**	,623**	,638**	,535**	-,333**	-,139	1
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,003	<.001	<.001	<.001	,001	,213	
		N	83	83	92	92	92	92	92	82	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 49: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo estivo

L'output autunnale mostra una correlazione significativa tra il particolato e l'aumento dei casi di contagio. Sia per il periodo di lockdown che quello di apertura la correlazione risulta positiva e di conseguenza la tendenza crescente dei contagi è seguita da un aumento delle concentrazioni in atmosfera delle polveri. Nel periodo senza restrizioni, che coincide prevalentemente con la parte iniziale della stagione, il valore significativo con segno negativo del coefficiente di Pearson sottolinea l'andamento decrescente verso le stagioni fredde dell'ozono, in contrapposizione alla crescita di casi riferiti alla seconda ondata. Sempre in questo periodo si può osservare come il biossido di azoto segua la tendenza delle polveri (comportamento che avviene in molti casi). Nell'intervallo di chiusura invece, coincidente con il periodo di zona rossa e arancione, si nota una significativa correlazione negativa dell'aumento dei casi con la diminuzione del CO. Questa

informazione è coerente con il fatto che, essendo il composto un prodotto degli scarichi delle automobili, durante il lockdown il traffico sia risultato limitato dalle restrizioni.

Correlazioni

data (Raccolto): Autunno

mis_cont			PM10Torino	PM25Torino	COTorino	NOxTorino	NOTorino	NO2Torino	O3Torino	SO2Torino	Torino	
No Restrizioni	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,979**	,744**	,753**	,746**	,592**	-,786**	,229	,397**	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		,136	,003
		N	53	53	52	41	41	41	53	44	53	
	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,979**	1	,755**	,693**	,690**	,529**	-,759**	,247	,409**	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		,106	,002
		N	53	53	52	41	41	41	53	44	53	
	COTorino	Correlazione di Pearson	,744**	,755**	1	,856**	,873**	,563**	-,701**	,440**	,034	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001		,002	,806
		N	52	52	55	43	43	43	55	47	55	
	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,753**	,693**	,856**	1	,992**	,788**	-,790**	,335*	,192	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001		,049	,211
		N	41	41	43	44	44	44	44	35	44	
	NOTorino	Correlazione di Pearson	,746**	,690**	,873**	,992**	1	,706**	-,752**	,393*	,152	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001		,020	,325
		N	41	41	43	44	44	44	44	35	44	
	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,592**	,529**	,563**	,788**	,706**	1	-,783**	,067	,344*	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001		,702	,022
		N	41	41	43	44	44	44	44	35	44	
O3Torino	Correlazione di Pearson	-,786**	-,759**	-,701**	-,790**	-,752**	-,783**	1	-,047	-,416**		
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001			,753	,001	
	N	53	53	55	44	44	44	56	47	56		
SO2Torino	Correlazione di Pearson	,229	,247	,440**	,335*	,393*	,067	-,047	1	,150		
	Sign. (a due code)	,136	,106	,002	,049	,020	,702	,753			,315	
	N	44	44	47	35	35	35	47	47	47		
Torino	Correlazione di Pearson	,397**	,409**	,034	,192	,152	,344*	-,416**	,150	1		
	Sign. (a due code)	,003	,002	,806	,211	,325	,022	,001	,315			
	N	53	53	55	44	44	44	56	47	56		
Lockdown	PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,994**	,147	,618**	,606**	,604**	-,357*	,336*	,468**	
		Sign. (a due code)		<.001	,347	<.001	<.001	<.001	,019	,029	,002	
		N	43	42	43	43	43	43	43	42	43	
	PM25Torino	Correlazione di Pearson	,994**	1	,174	,640**	,632**	,610**	-,389*	,345*	,440**	
		Sign. (a due code)	<.001		,271	<.001	<.001	<.001	,011	,027	,004	
		N	42	42	42	42	42	42	42	41	42	
	COTorino	Correlazione di Pearson	,147	,174	1	,512**	,492**	,552**	-,301*	,545**	-,491**	
		Sign. (a due code)	,347	,271		<.001	<.001	<.001	,047	<.001	<.001	
		N	43	42	44	44	44	44	44	43	44	
	NOxTorino	Correlazione di Pearson	,618**	,640**	,512**	1	,997**	,898**	-,611**	,454**	,257	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,002	,093	
		N	43	42	44	44	44	44	44	43	44	
	NOTorino	Correlazione di Pearson	,606**	,632**	,492**	,997**	1	,858**	-,594**	,459**	,278	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,002	,068	
		N	43	42	44	44	44	44	44	43	44	
	NO2Torino	Correlazione di Pearson	,604**	,610**	,552**	,898**	,858**	1	-,625**	,370*	,112	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,015	,471	
		N	43	42	44	44	44	44	44	43	44	
O3Torino	Correlazione di Pearson	-,357*	-,389*	-,301*	-,611**	-,594**	-,625**	1	,028	-,059		
	Sign. (a due code)	,019	,011	,047	<.001	<.001	<.001		,857	,702		
	N	43	42	44	44	44	44	44	43	44		
SO2Torino	Correlazione di Pearson	,336*	,345*	,545**	,454**	,459**	,370*	,028	1	,095		
	Sign. (a due code)	,029	,027	<.001	,002	,002	,015	,857			,545	
	N	42	41	43	43	43	43	43	43	43		
Torino	Correlazione di Pearson	,468**	,440**	-,491**	,257	,278	,112	-,059	,095	1		
	Sign. (a due code)	,002	,004	<.001	,093	,068	,471	,702	,545			
	N	43	42	44	44	44	44	44	43	44		

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

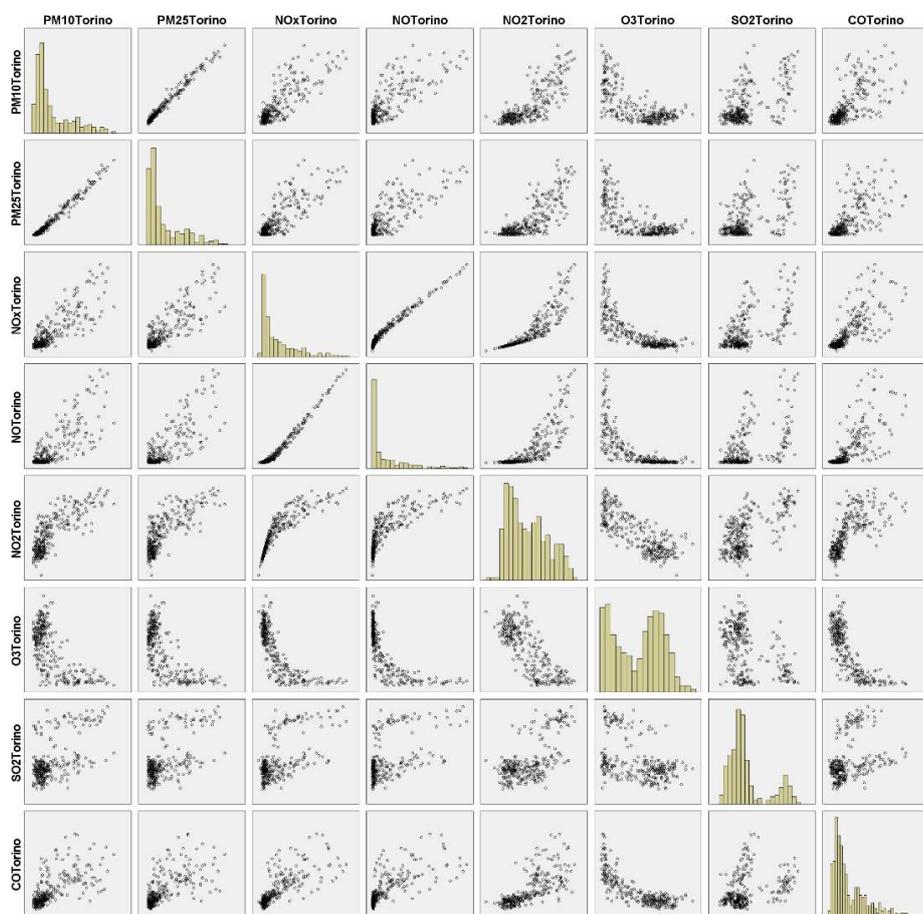
Tabella 50: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Torino durante il periodo autunnale

Correlazioni

		PM10Torino	PM25Torino	O3Torino	NOxTorino	NOTorino	NO2Torino	SO2Torino	COTorino
PM10Torino	Correlazione di Pearson	1	,990**	-,688**	,846**	,819**	,810**	,607**	,640**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	333	328	322	320	320	320	305	322
PM25Torino	Correlazione di Pearson	,990**	1	-,687**	,845**	,822**	,794**	,586**	,650**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	328	334	323	320	320	320	306	323
O3Torino	Correlazione di Pearson	-,688**	-,687**	1	-,791**	-,750**	-,805**	-,417**	-,775**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	322	323	354	340	340	340	325	343
NOxTorino	Correlazione di Pearson	,846**	,845**	-,791**	1	,991**	,882**	,645**	,742**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	320	320	340	351	351	351	322	340
NOTorino	Correlazione di Pearson	,819**	,822**	-,750**	,991**	1	,811**	,605**	,728**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	320	320	340	351	351	351	322	340
NO2Torino	Correlazione di Pearson	,810**	,794**	-,805**	,882**	,811**	1	,684**	,678**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	320	320	340	351	351	351	322	340
SO2Torino	Correlazione di Pearson	,607**	,586**	-,417**	,645**	,605**	,684**	1	,330**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	305	306	325	322	322	322	336	334
COTorino	Correlazione di Pearson	,640**	,650**	-,775**	,742**	,728**	,678**	,330**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	322	323	343	340	340	340	334	354

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

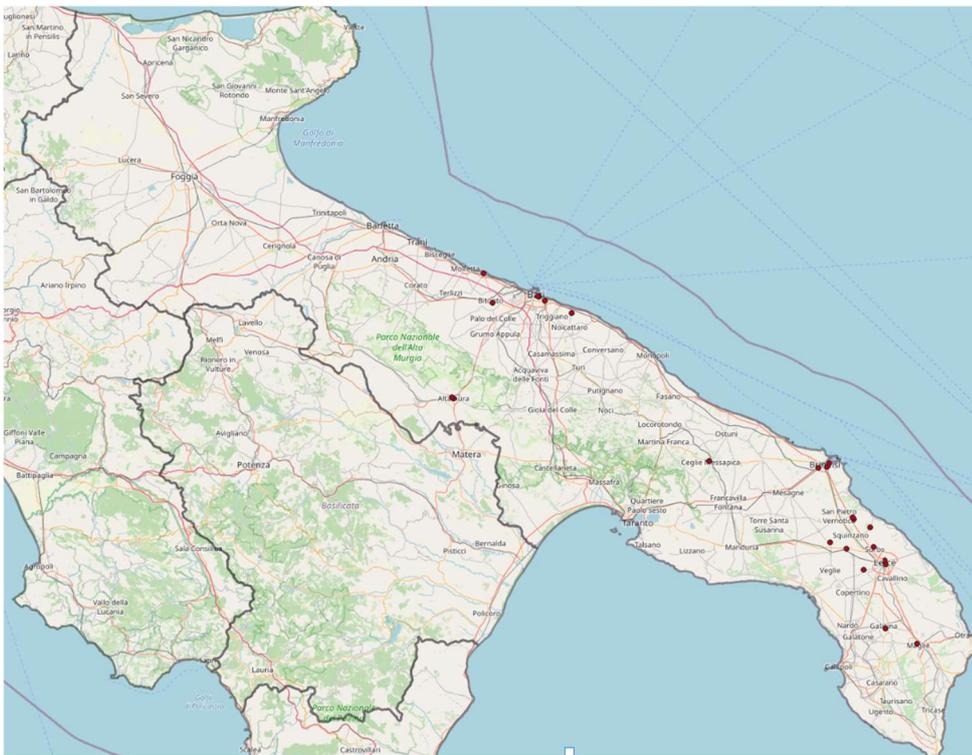
Tabella 51: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Torino



I grafici e la tabella mostrano una correlazione molto forte, come visto in altre regioni, tra le due specie di particolato. Come facilmente prevedibile anche la relazione tra NO e NO₂ risulta fortissima, così come entrambi gli ossidi di azoto e le polveri, che si traducono in andamenti delle concentrazioni simili durante l'anno.

Grafico 18: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Torino

6.2.10. PUGLIA



Le stazioni da cui sono stati estrapolati i dati (Arpa Puglia) fanno riferimento in particolar modo alle città capoluoghi di provincia come: Brindisi (strumenti presso il Terminal dell'aeroporto Casale), Bari (centraline presso corso Cavour e via Kennedy) e Lecce (stazioni localizzate

Figura 16: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Puglia

presso via Garigliano e in via Cerrate).

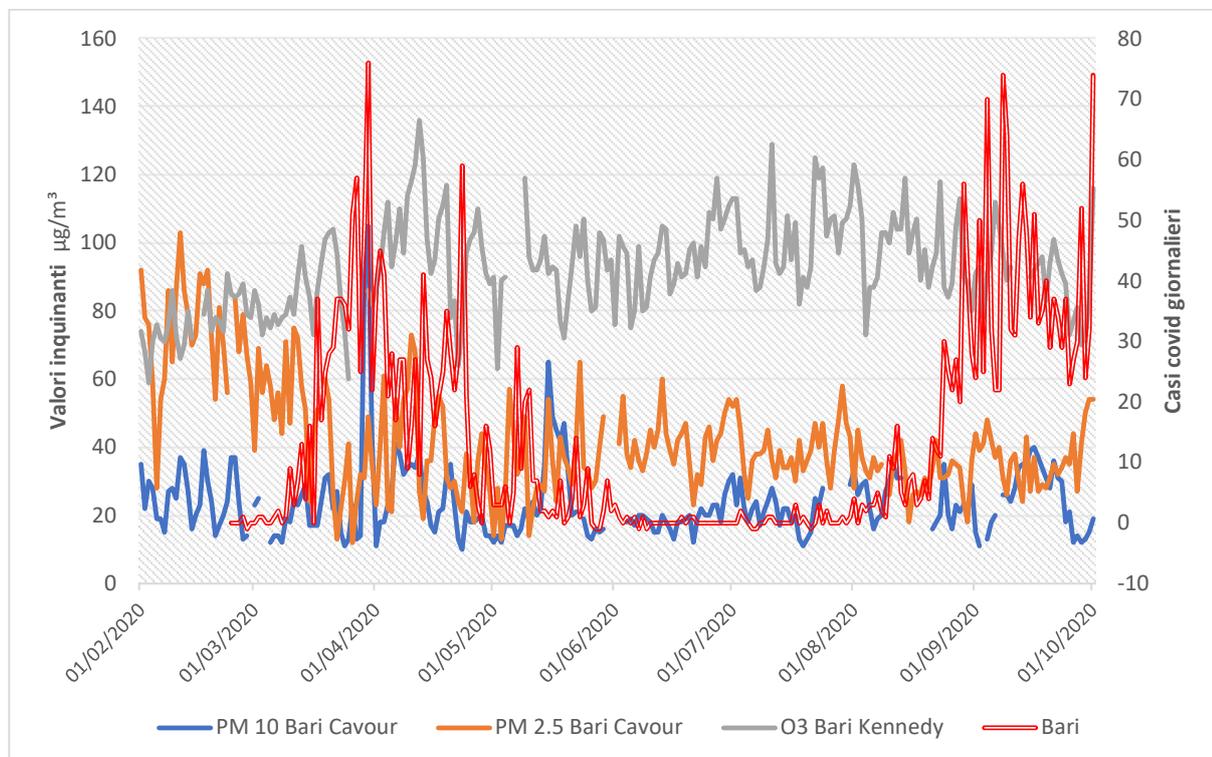


Grafico 19: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Bari

I dati ricavati dalle centraline ARPA selezionate fanno riferimento ad un intervallo temporale compreso tra l'inizio di febbraio e l'inizio di ottobre, andando così ad escludere il periodo della seconda ondata. L'andamento della curva covid mostra i due periodi di maggiore diffusione presso la stagione autunnale e quella primaverile. Il numero di casi però non risulta particolarmente alto rispetto a quanto visto per le regioni del nord Italia. Questo è dovuto al fatto che manca anche il contributo del mese di novembre dove si è avuto il maggior numero di contagi.

Correlazioni

DataRilevazione (Raccolto): Inverno

mis_cont			PM10BariCav our	PM2. 5BariCavou r	O3BariKenne dy	COBariCavou r	Bari
1	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	,621**	-,036	,660**	-,205
		Sign. (a due code)		<.001	,847	<.001	,546
		N	34	33	32	34	11
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	,621**	1	-,180	,481**	-,061
		Sign. (a due code)	<.001		,310	,003	,844
		N	33	36	34	36	13
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	-,036	-,180	1	-,122	-,161
		Sign. (a due code)	,847	,310		,483	,581
		N	32	34	35	35	14
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,660**	,481**	-,122	1	,007
		Sign. (a due code)	<.001	,003	,483		,982
		N	34	36	35	37	14
Bari	Correlazione di Pearson	-,205	-,061	-,161	,007	1	
	Sign. (a due code)	,546	,844	,581	,982		
	N	11	13	14	14	14	
Lockdown	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	,314	,698**	,179	,180
		Sign. (a due code)		,319	,008	,559	,556
		N	13	12	13	13	13
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	,314	1	-,169	,638*	-,379
		Sign. (a due code)	,319		,600	,026	,225
		N	12	12	12	12	12
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,698**	-,169	1	-,013	,654*
		Sign. (a due code)	,008	,600		,966	,015
		N	13	12	13	13	13
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,179	,638*	-,013	1	-,405
		Sign. (a due code)	,559	,026	,966		,169
		N	13	12	13	13	13
Bari	Correlazione di Pearson	,180	-,379	,654*	-,405	1	
	Sign. (a due code)	,556	,225	,015	,169		
	N	13	12	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 52: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo invernale

Dall'output dell'analisi dei dati si osserva subito come nella stagione invernale la correlazione tra casi e inquinamento atmosferico sia poco significativa (questo è dovuto anche alla scarsa numerosità dei giorni che rende questa stagione poco rilevante). L'unica relazione significativa è quella con l'ozono durante il lockdown invernale; il segno positivo del coefficiente evidenzia

l'andamento crescente sia della curva dei contagi che della concentrazione di ozono che aumenta con l'avvicinarsi delle stagioni calde. Il periodo iniziale in cui si sono sviluppati i primi casi di positività al virus è caratterizzato da un andamento lievemente decrescente del particolato e dell'ozono anche se poco significativo.

Correlazioni

Data Rilevazione (Raccolto): Primavera

mis_cont			PM10BariCavour	PM2.5BariCavour	O3BariKennedy	COBariCavour	Bari
1	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	,288	,071	,547**	,173
		Sign. (a due code)		,145	,724	,006	,388
		N	27	27	27	24	27
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	,288	1	,342	,422*	-,102
		Sign. (a due code)	,145		,070	,040	,598
		N	27	29	29	24	29
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,071	,342	1	,113	,174
		Sign. (a due code)	,724	,070		,600	,341
		N	27	29	32	24	32
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,547**	,422*	,113	1	-,153
		Sign. (a due code)	,006	,040	,600		,476
		N	24	24	24	24	24
Bari	Correlazione di Pearson	,173	-,102	,174	-,153	1	
	Sign. (a due code)	,388	,598	,341	,476		
	N	27	29	32	24	32	
Lockdown	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	,262*	,111	,576**	,174
		Sign. (a due code)		,043	,424	<.001	,185
		N	60	60	54	60	60
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	,262*	1	,296*	,409**	-,075
		Sign. (a due code)	,043		,030	,001	,569
		N	60	60	54	60	60
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,111	,296*	1	,065	-,078
		Sign. (a due code)	,424	,030		,638	,576
		N	54	54	54	54	54
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,576**	,409**	,065	1	-,030
		Sign. (a due code)	<.001	,001	,638		,821
		N	60	60	54	60	60
Bari	Correlazione di Pearson	,174	-,075	-,078	-,030	1	
	Sign. (a due code)	,185	,569	,576	,821		
	N	60	60	54	60	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 53: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo primaverile

Come per la stagione invernale anche il periodo primaverile non mostra dei risultati consistenti. Il coefficiente non risulta significativo in nessuno dei due periodi evidenziati nella tabella. L'unico valore che può essere ritenuto come indicativo è il PM10 che avendo un coefficiente positivo tende

approssimativamente a seguire l'andamento della curva rossa: si ha una crescita dei casi e delle concentrazioni di contaminante durante le restrizioni e viceversa nel periodo senza.

Correlazioni

DataRilevazione (Raccolto): Estate

mis_cont			PM10BariCavour	PM2.5BariCavour	O3BariKennedy	COBariCavour	Bari
1	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	-,142	,211	,072	,267*
		Sign. (a due code)		,222	,073	,534	,019
		N	77	76	73	77	77
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	-,142	1	,314**	,564**	-,279**
		Sign. (a due code)	,222		,003	<.001	,007
		N	76	91	87	91	91
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,211	,314**	1	,430**	-,318**
		Sign. (a due code)	,073	,003		<.001	,003
		N	73	87	88	88	88
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,072	,564**	,430**	1	-,229*
		Sign. (a due code)	,534	<.001	<.001		,028
		N	77	91	88	92	92
	Bari	Correlazione di Pearson	,267*	-,279**	-,318**	-,229*	1
		Sign. (a due code)	,019	,007	,003	,028	
		N	77	91	88	92	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 54: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo estivo

Nella stagione estiva la correlazione tra i parametri prima indicati risulta molto forte; ad eccezione del PM 10 caratterizzato da un coefficiente positivo; gli altri contaminanti analizzati invece presentano segno negativo. Questo identifica il fatto che l'andamento tendenzialmente piatto dei contagi durante il periodo estivo risulta opposto all'oscillazione che queste curve presentano, fatta eccezione per il PM₁₀.

Correlazioni

DataRilevazione (Raccolto): Autunno

mis_cont			PM10BariCavour	PM2.5BariCavour	O3BariKennedy	COBariCavour	Bari
1	PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	-,420	,482	,414	-,059
		Sign. (a due code)		,226	,158	,235	,872
		N	10	10	10	10	10
	PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	-,420	1	,195	,294	,400
		Sign. (a due code)	,226		,589	,410	,252
		N	10	10	10	10	10
	O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,482	,195	1	,382	,663*
		Sign. (a due code)	,158	,589		,276	,037
		N	10	10	10	10	10
	COBariCavour	Correlazione di Pearson	,414	,294	,382	1	,254
		Sign. (a due code)	,235	,410	,276		,479
		N	10	10	10	10	10
	Bari	Correlazione di Pearson	-,059	,400	,663*	,254	1
		Sign. (a due code)	,872	,252	,037	,479	
		N	10	10	10	10	10

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 55: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Bari durante il periodo autunnale

In contrapposizione a quanto detto per l'estate, la stagione autunnale presenta un'unica correlazione significativa con i casi covid, ossia con l'ozono. Quest'ultimo, di conseguenza, nei 10 giorni autunnali considerati segue l'andamento della curva rossa che si abbassa verso fine settembre per poi crescere ad inizio ottobre.

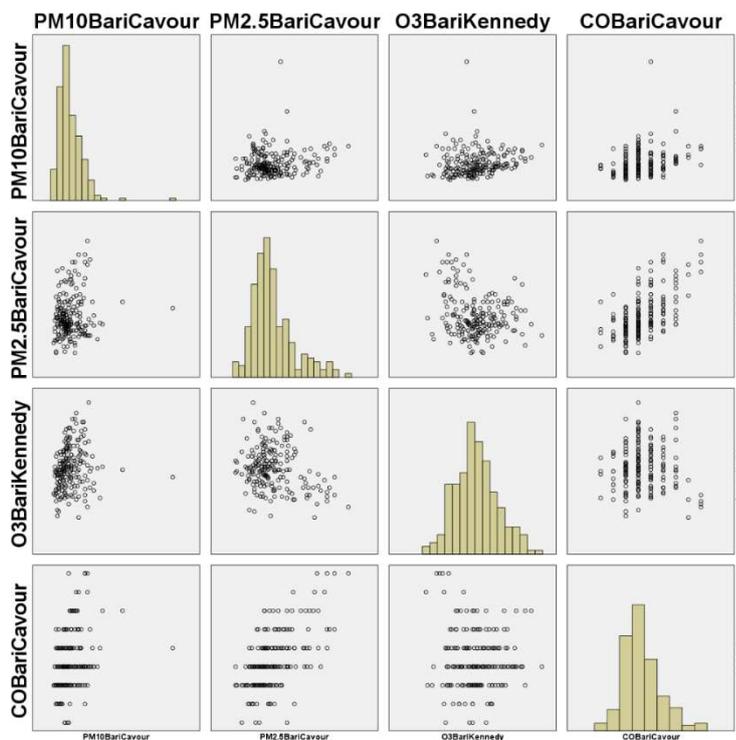
Correlazioni

		PM10BariCavour	PM2.5BariCavour	O3BariKennedy	COBariCavour
PM10BariCavour	Correlazione di Pearson	1	,114	,143*	,277**
	Sign. (a due code)		,095	,039	<.001
	N	221	218	209	218
PM2.5BariCavour	Correlazione di Pearson	,114	1	-,240**	,590**
	Sign. (a due code)	,095		<.001	<.001
	N	218	238	226	233
O3BariKennedy	Correlazione di Pearson	,143*	-,240**	1	-,056
	Sign. (a due code)	,039	<.001		,400
	N	209	226	232	224
COBariCavour	Correlazione di Pearson	,277**	,590**	-,056	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,400	
	N	218	233	224	236

*. La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 56: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Bari



Osservando il risultato dell'analisi di correlazione bivariata possiamo notare come i dati siano scarsamente correlati tra di loro e vi sia assenza di correlazione tra i differenti contaminanti considerati per questa regione. L'analisi effettuata perciò non può risultare un buon esempio per l'ipotesi di partenza.

Grafico 20: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Bari

6.2.11. SARDEGNA



Nella mappa a fianco sono presente le 3 centraline da cui sono stati ricavati i dati utilizzati per la successiva analisi. Esse sono posizionate a: Cagliari (in via Cadello), Olbia (via Roma), Sassari (via Budapest). La centralina che verrà presa d'esempio per l'analisi è quella presente nel capoluogo della Sardegna.

L'intervallo temporale considerato per l'analisi dei dati va dal primo di gennaio al 18 di ottobre. In questo caso risulterà mancante il periodo del secondo lockdown e la suddivisione in base a zona gialla, arancio o rossa.

L'andamento della curva rossa dei contagi risulta sempre avere i due soliti picchi in corrispondenza delle due ondate già analizzate. I numeri dei casi nel periodo del primo lockdown risultano più bassi rispetto alla crescita verificatasi nel periodo autunnale.

Figura 17: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Sardegna

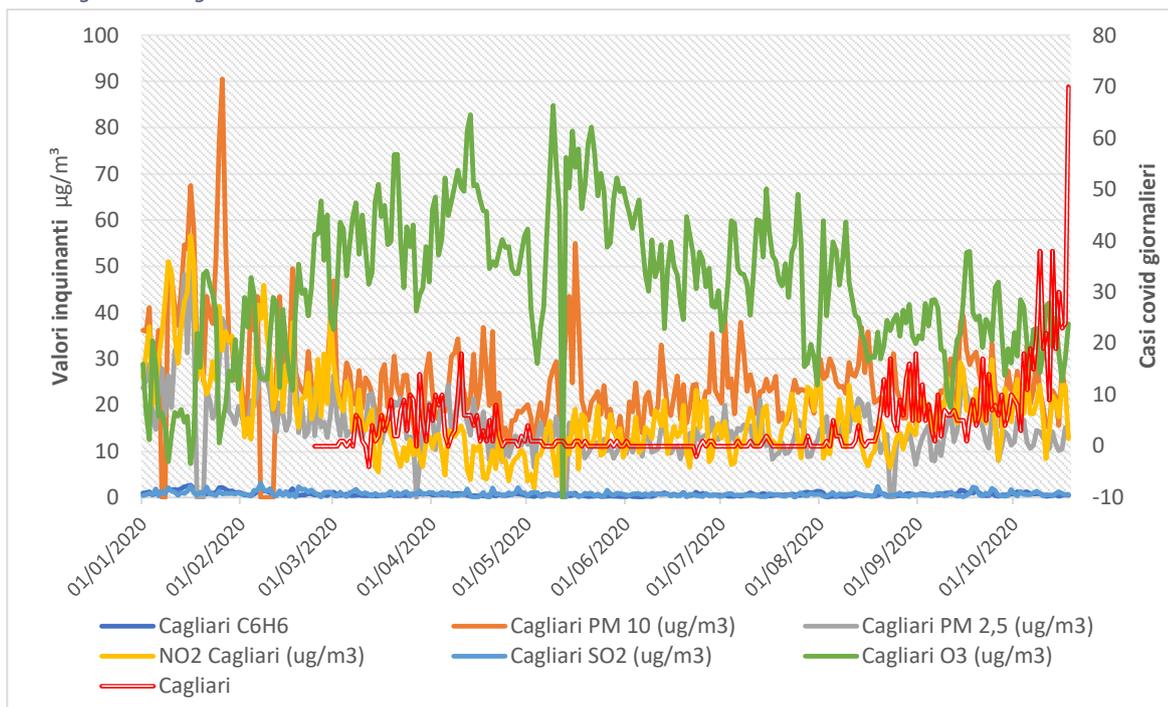


Grafico 21: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Cagliari

Nel grafico precedente risulta anche evidente come l'andamento delle polveri e quello di NO₂ siano molto simili; quest'ultimo spesso viene emesso da sorgenti simili a quelle del particolato.

Si riportino gli output relativi all'analisi di correlazione:

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_cont			PM10Cagliari	PM25Cagliari	O3Cagliari	NO2Cagliari	COcagliarim gm3	SO2Cagliariu gm3	C6H6Cagliari	Cagliari
No Restrizioni	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,759**	-,676**	,701**	,587**	,165	,832**	-,331
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,205	<.001	,248
		N	61	58	61	61	61	61	61	14
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,759**	1	-,672**	,651**	,601**	,165	,848**	-,112
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,190	<.001	,704
		N	58	65	65	65	65	65	65	14
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	-,676**	-,672**	1	-,790**	-,657**	-,139	-,833**	,376
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,259	<.001	,185
		N	61	65	68	68	68	68	68	14
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,701**	,651**	-,790**	1	,778**	,321**	,851**	-,379
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,008	<.001	,181
		N	61	65	68	68	68	68	68	14
	COcagliarim gm3	Correlazione di Pearson	,587**	,601**	-,657**	,778**	1	,260*	,754**	-,332
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,032	<.001	,246
		N	61	65	68	68	68	68	68	14
	SO2Cagliariu gm3	Correlazione di Pearson	,165	,165	-,139	,321**	,260*	1	,200	,572*
		Sign. (a due code)	,205	,190	,259	,008	,032		,101	,033
		N	61	65	68	68	68	68	68	14
C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,832**	,848**	-,833**	,851**	,754**	,200	1	-,258	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,101		,373	
	N	61	65	68	68	68	68	68	14	
Cagliari	Correlazione di Pearson	-,331	-,112	,376	-,379	-,332	,572*	-,258	1	
	Sign. (a due code)	,248	,704	,185	,181	,246	,033	,373		
	N	14	14	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,172	,001	,535	,112	-,199	,257	,034
		Sign. (a due code)		,574	,997	,060	,716	,516	,396	,911
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,172	1	-,148	-,036	,204	-,165	,120	-,291
		Sign. (a due code)	,574		,629	,907	,503	,591	,696	,335
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	,001	-,148	1	-,685**	,309	-,193	-,433	,019
		Sign. (a due code)	,997	,629		,010	,304	,527	,140	,952
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,535	-,036	-,685**	1	-,081	-,045	,617*	,228
		Sign. (a due code)	,060	,907	,010		,793	,884	,025	,454
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	COcagliarim gm3	Correlazione di Pearson	,112	,204	,309	-,081	1	,262	,321	,466
		Sign. (a due code)	,716	,503	,304	,793		,386	,284	,109
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
	SO2Cagliariu gm3	Correlazione di Pearson	-,199	-,165	-,193	-,045	,262	1	,069	,171
		Sign. (a due code)	,516	,591	,527	,884	,386		,824	,576
		N	13	13	13	13	13	13	13	13
C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,257	,120	-,433	,617*	,321	,069	1	,785**	
	Sign. (a due code)	,396	,696	,140	,025	,284	,824		,001	
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	
Cagliari	Correlazione di Pearson	,034	-,291	,019	,228	,466	,171	,785**	1	
	Sign. (a due code)	,911	,335	,952	,454	,109	,576	,001		
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 57: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo invernale

L'inquinamento atmosferico nel periodo invernale risulta scarsamente correlato con la diffusione dei casi. Durante l'arco di tempo senza restrizioni solo il biossido di zolfo ha un coefficiente

positivo significativo che a livello di analisi risulta marginale, dovuto alle emissioni di poca rilevanza. Nel periodo di lockdown la situazione è simile a quella analizzata in precedenza; solamente il benzene presenta una correlazione significativa. Quest'ultimo è la principale fonte di emissione gli autoveicoli: in particolare, circa l'85% viene immesso nell'aria con i gas di scarico e il 15% rimanente per evaporazione del combustibile e durante le operazioni di rifornimento; perciò, il suo andamento crescente contemporaneamente alla crescita dei contagi, va contro all'ipotesi di una riduzione del traffico veicolare in tale periodo.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_cont			PM10Cagliari	PM25Cagliari	O3Cagliari	NO2Cagliari	COCagliarim gm3	SO2Cagliariu gm3	C6H6Cagliari	Cagliari
No Restrizioni	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,660**	-,316	,444*	,036	-,055	,524**	-,373*
		Sign. (a due code)		<.001	,078	,011	,846	,766	,002	,035
		N	32	32	32	32	32	32	32	32
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,660**	1	-,177	,191	,027	-,021	,323	-,199
		Sign. (a due code)	<.001		,332	,295	,882	,911	,071	,275
		N	32	32	32	32	32	32	32	32
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	-,316	-,177	1	-,478**	,218	-,017	-,659**	,169
		Sign. (a due code)	,078	,332		,006	,231	,926	<.001	,354
		N	32	32	32	32	32	32	32	32
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,444*	,191	-,478**	1	,156	,242	,579**	,023
		Sign. (a due code)	,011	,295	,006		,393	,183	<.001	,899
		N	32	32	32	32	32	32	32	32
	COCagliarimgm3	Correlazione di Pearson	,036	,027	,218	,156	1	-,136	-,116	,063
		Sign. (a due code)	,846	,882	,231	,393		,457	,525	,733
		N	32	32	32	32	32	32	32	32
SO2Cagliariugm3	Correlazione di Pearson	-,055	-,021	-,017	,242	-,136	1	,054	,140	
	Sign. (a due code)	,766	,911	,926	,183	,457		,767	,446	
	N	32	32	32	32	32	32	32	32	
C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,524**	,323	-,659**	,579**	-,116	,054	1	-,193	
	Sign. (a due code)	,002	,071	<.001	<.001	,525	,767		,291	
	N	32	32	32	32	32	32	32	32	
Cagliari	Correlazione di Pearson	-,373*	-,199	,169	,023	,063	,140	-,193	1	
	Sign. (a due code)	,035	,275	,354	,899	,733	,446	,291		
	N	32	32	32	32	32	32	32	32	
Lockdown	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,544**	,467**	,292*	-,011	-,101	,025	-,109
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,025	,935	,455	,851	,407
		N	60	57	59	59	59	57	59	60
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,544**	1	,249	,221	,234	,055	,230	,293*
		Sign. (a due code)	<.001		,062	,098	,080	,690	,085	,027
		N	57	57	57	57	57	55	57	57
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	,467**	,249	1	,215	,040	-,182	-,201	-,020
		Sign. (a due code)	<.001	,062		,103	,763	,174	,127	,878
		N	59	57	59	59	59	57	59	59
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,292*	,221	,215	1	,146	-,097	,484**	,045
		Sign. (a due code)	,025	,098	,103		,269	,473	<.001	,737
		N	59	57	59	59	59	57	59	59
	COCagliarimgm3	Correlazione di Pearson	-,011	,234	,040	,146	1	-,004	,125	,293*
		Sign. (a due code)	,935	,080	,763	,269		,976	,345	,024
		N	59	57	59	59	59	57	59	59
SO2Cagliariugm3	Correlazione di Pearson	-,101	,055	-,182	-,097	-,004	1	,006	,049	
	Sign. (a due code)	,455	,690	,174	,473	,976		,965	,715	
	N	57	55	57	57	57	57	57	57	
C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,025	,230	-,201	,484**	,125	,006	1	,225	
	Sign. (a due code)	,851	,085	,127	<.001	,345	,965		,086	
	N	59	57	59	59	59	57	59	59	
Cagliari	Correlazione di Pearson	-,109	,293*	-,020	,045	,293*	,049	,225	1	
	Sign. (a due code)	,407	,027	,878	,737	,024	,715	,086		
	N	60	57	59	59	59	57	59	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 58: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo primaverile

La tabella riferita alla primavera mostra come nel periodo di assenza di restrizioni (quindi dopo il 20 maggio), i dati di inquinamento siano scarsamente correlati con quelli dei contagi; l'unica eccezione riguarda il PM₁₀ con un coefficiente di correlazione negativo, che sottolinea un aumento di particolato in corrispondenza del mese di giugno, contrariamente a quanto ipotizzato in precedenza. Durante il periodo di chiusura, anche qui la correlazione è poco significativa tranne che per il PM_{2,5} e il CO: il segno positivo del coefficiente permette di evidenziare un andamento crescente contemporaneo tra i due contaminanti e i casi covid, contraddicendo quanto si era supposto.

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_cont			PM10Cagliari	PM25Cagliari	O3Cagliari	NO2Cagliari	COcagliarim gm3	SO2Cagliariu gm3	C6H6Cagliari	Cagliari
No Restrizioni	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,705**	-,041	,103	,070	,102	,182	-,111
		Sign. (a due code)		<.001	,695	,329	,511	,334	,084	,293
		N	92	90	92	92	91	91	91	92
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,705**	1	-,038	,134	,246*	,105	,269*	-,003
		Sign. (a due code)	<.001		,719	,207	,020	,328	,011	,978
		N	90	90	90	90	89	89	89	90
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	-,041	-,038	1	-,278**	-,143	-,112	-,311**	-,405**
		Sign. (a due code)	,695	,719		,007	,178	,293	,003	<.001
		N	92	90	92	92	91	91	91	92
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,103	,134	-,278**	1	,427**	,125	,737**	,054
		Sign. (a due code)	,329	,207	,007		<.001	,236	<.001	,610
		N	92	90	92	92	91	91	91	92
	COcagliarim gm3	Correlazione di Pearson	,070	,246*	-,143	,427**	1	-,023	,269*	,082
		Sign. (a due code)	,511	,020	,178	<.001		,827	,010	,438
		N	91	89	91	91	91	90	90	91
	SO2Cagliariu gm3	Correlazione di Pearson	,102	,105	-,112	,125	-,023	1	,032	,053
		Sign. (a due code)	,334	,328	,293	,236	,827		,764	,616
		N	91	89	91	91	90	91	90	91
	C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,182	,269*	-,311**	,737**	,269*	,032	1	,082
		Sign. (a due code)	,084	,011	,003	<.001	,010	,764		,440
		N	91	89	91	91	90	90	91	91
	Cagliari	Correlazione di Pearson	-,111	-,003	-,405**	,054	,082	,053	,082	1
		Sign. (a due code)	,293	,978	<.001	,610	,438	,616	,440	
		N	92	90	92	92	91	91	91	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 59: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo estivo

L'output della stagione estiva evidenzia una mancanza di correlazione significativa tra i contagi ed i contaminanti; solamente l'ozono risulta averla ed inoltre il coefficiente di Pearson risulta negativo così come si è verificato in altri casi. La diminuzione di contagi nel periodo estivo risulta perciò contrapposta alle alte concentrazioni di ozono in estate.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_cont			PM10Cagliari	PM25Cagliari	O3Cagliari	NO2Cagliari	COcagliarim gm3	SO2Cagliariu gm3	C6H6Cagliari	Cagliari
No Restrizioni	PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,333	-,312	,673**	,231	,282	,549**	-,042
		Sign. (a due code)		,096	,120	<.001	,255	,162	,004	,837
		N	26	26	26	26	26	26	26	26
	PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,333	1	-,010	,477*	,076	,287	,472*	-,031
		Sign. (a due code)	,096		,962	,012	,706	,146	,013	,877
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	O3Cagliari	Correlazione di Pearson	-,312	-,010	1	-,589**	-,294	,111	-,268	-,184
		Sign. (a due code)	,120	,962		,001	,136	,581	,177	,358
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,673**	,477*	-,589**	1	,388*	,173	,609**	-,094
		Sign. (a due code)	<.001	,012	,001		,046	,388	<.001	,641
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	COcagliarimgm3	Correlazione di Pearson	,231	,076	-,294	,388*	1	,348	,273	,293
		Sign. (a due code)	,255	,706	,136	,046		,076	,168	,137
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	SO2Cagliariugm3	Correlazione di Pearson	,282	,287	,111	,173	,348	1	,120	-,090
		Sign. (a due code)	,162	,146	,581	,388	,076		,552	,655
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,549**	,472*	-,268	,609**	,273	,120	1	-,188
		Sign. (a due code)	,004	,013	,177	<.001	,168	,552		,348
		N	26	27	27	27	27	27	27	27
	Cagliari	Correlazione di Pearson	-,042	-,031	-,184	-,094	,293	-,090	-,188	1
		Sign. (a due code)	,837	,877	,358	,641	,137	,655	,348	
		N	26	27	27	27	27	27	27	27

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 60: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Cagliari durante il periodo autunnale

In quest'analisi la stagione autunnale coincide solamente con il periodo compreso tra il 21 settembre ed il 18 ottobre. La correlazione cercata risulta non essere significativa e l'andamento decrescente della maggior parte dei composti (ad eccezione del CO) è opposto alla crescita dei contagi. Il motivo potrebbe essere dovuto al fatto che se avessimo considerato la stagione per intero si sarebbe visto un aumento delle concentrazioni dei contaminanti a seguito anche dell'accensione dei riscaldamenti domestici.

Correlazioni

		PM10Cagliari	PM25Cagliari	O3Cagliari	NO2Cagliari	COCagliarimgm3	SO2Cagliariugm3	C6H6Cagliari
PM10Cagliari	Correlazione di Pearson	1	,774**	-,393**	,649**	,526**	,197**	,677**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N		276	283	283	282	280	282
PM25Cagliari	Correlazione di Pearson	,774**	1	-,408**	,624**	,606**	,270**	,711**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	276	284	284	284	283	281	283
O3Cagliari	Correlazione di Pearson	-,393**	-,408**	1	-,652**	-,479**	-,192**	-,631**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,001	<.001
	N	283	284	291	291	290	288	290
NO2Cagliari	Correlazione di Pearson	,649**	,624**	-,652**	1	,702**	,325**	,802**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	283	284	291	291	290	288	290
COCagliarimgm3	Correlazione di Pearson	,526**	,606**	-,479**	,702**	1	,277**	,644**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	282	283	290	290	290	287	289
SO2Cagliariugm3	Correlazione di Pearson	,197**	,270**	-,192**	,325**	,277**	1	,247**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,001	<.001	<.001		<.001
	N	280	281	288	288	287	288	287
C6H6Cagliari	Correlazione di Pearson	,677**	,711**	-,631**	,802**	,644**	,247**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	282	283	290	290	289	287	290

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 61: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Cagliari

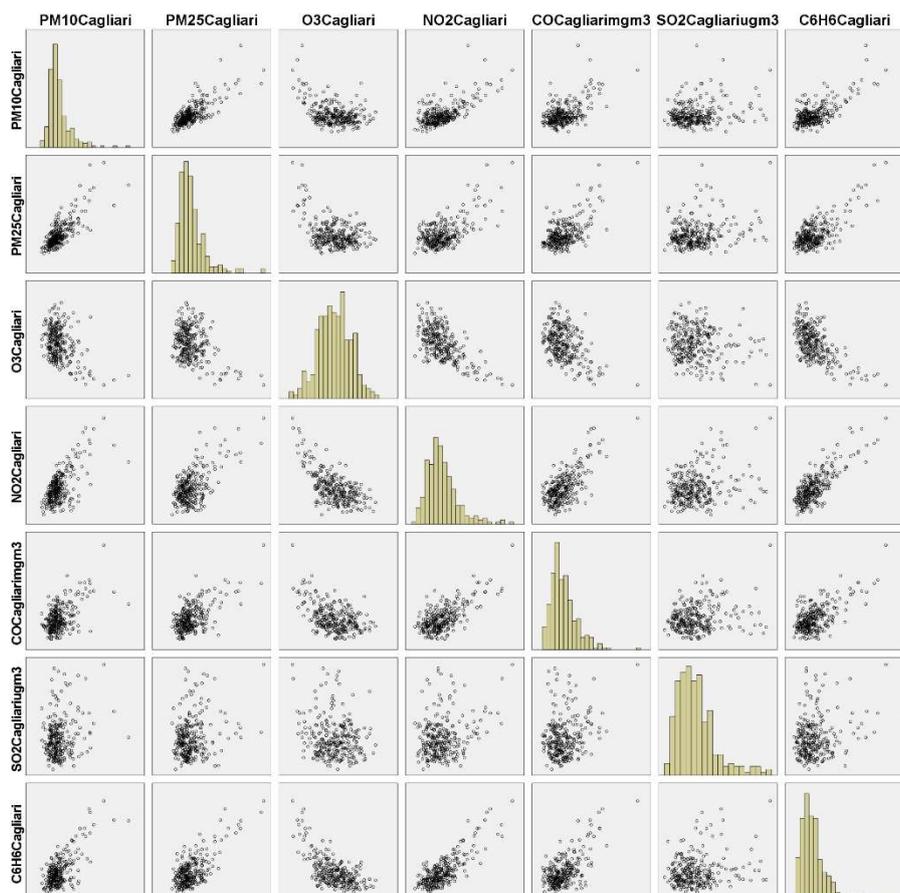


Grafico 22: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Cagliari

I risultati della matrice di correlazione mostrano, oltre alla relazione tra polveri sottili, un'ottima correlazione tra il benzene e il biossido di azoto; entrambi, infatti, derivano da gas di scarico e per tal motivo possono avere curve comparabili durante il corso dell'anno. Negli altri casi si ha una buona correlazione tra parametri, ad eccezione del biossido di zolfo che risulta poco legato al resto dei contaminanti analizzati.

6.2.12. TOSCANA

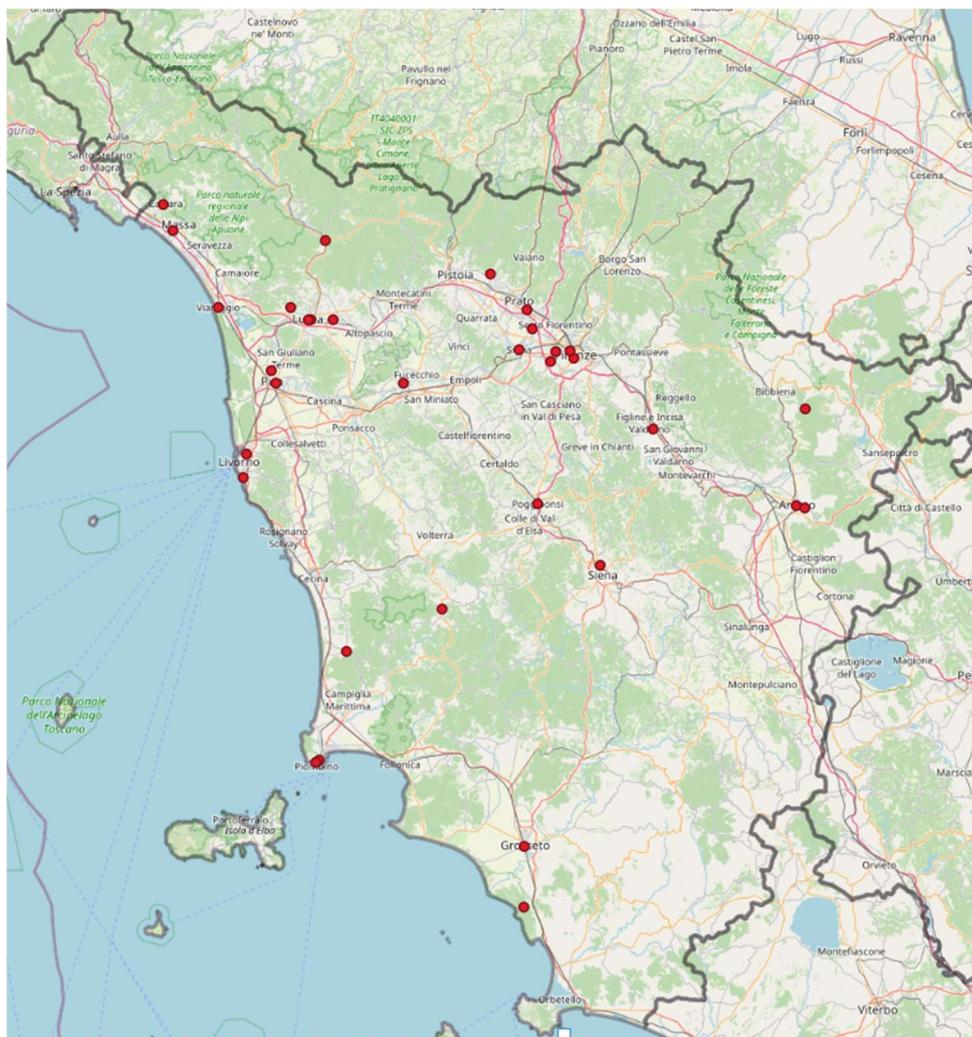


Figura 18: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Toscana

Come evidenziato dalla mappa sono stati ricavati diversi dati dalle centraline toscane (Arpa Toscana) sparse su tutto il territorio. Si è deciso di procedere analizzando solamente una stazione per provincia. Le misurazioni selezionate fanno quindi riferimento alle città di: Arezzo (in via dell'Acropoli), Massa (presso la località di Marina Vecchia), Firenze (in via dei Bassi), Livorno (in via

La Pira), Pistoia (in via Signorelli), Prato (in via Ferrucci), Siena (in viale Bracci), Pisa (in via del Borghetto), Lucca (in via Micheletto) e Grosseto (presso viale Sonnino). Di seguito vengono rappresentati gli andamenti e gli output dell'analisi dei dati effettuata tramite SPSS riferiti alla città di Firenze scelta come rappresentativa dell'andamento regionale.

Come anche nei casi visti precedentemente, si può notare come la curva rossa dei contagi abbia i due massimi in corrispondenza dei periodi delle due ondate di diffusione del virus e di come l'intensità della diffusione autunnale risulti più alta rispetto all'altra. Si osserva la presenza di un valore negativo nell'andamento dei casi che riportiamo come errore nella trascrizione dei dati.

Le misure sono state considerate all'interno di un intervallo temporale che si estende per tutto l'anno 2020. È necessario, perciò, andare a suddividere il periodo autunnale a seconda dei colori. La regione Toscana dal 6/11 al 10/11 e dal 20/12 al 23/12 è stata considerata zona gialla e perciò

nell'elaborato si è ipotizzato che in questo lasso temporale ci si trovasse in un periodo “senza restrizioni”. A partire dal 15 novembre, ad eccezione del periodo invernale “giallo”, la Toscana è stata etichettata come zona rossa e arancione, semplificate in questo elaborato con l’etichetta di lockdown.

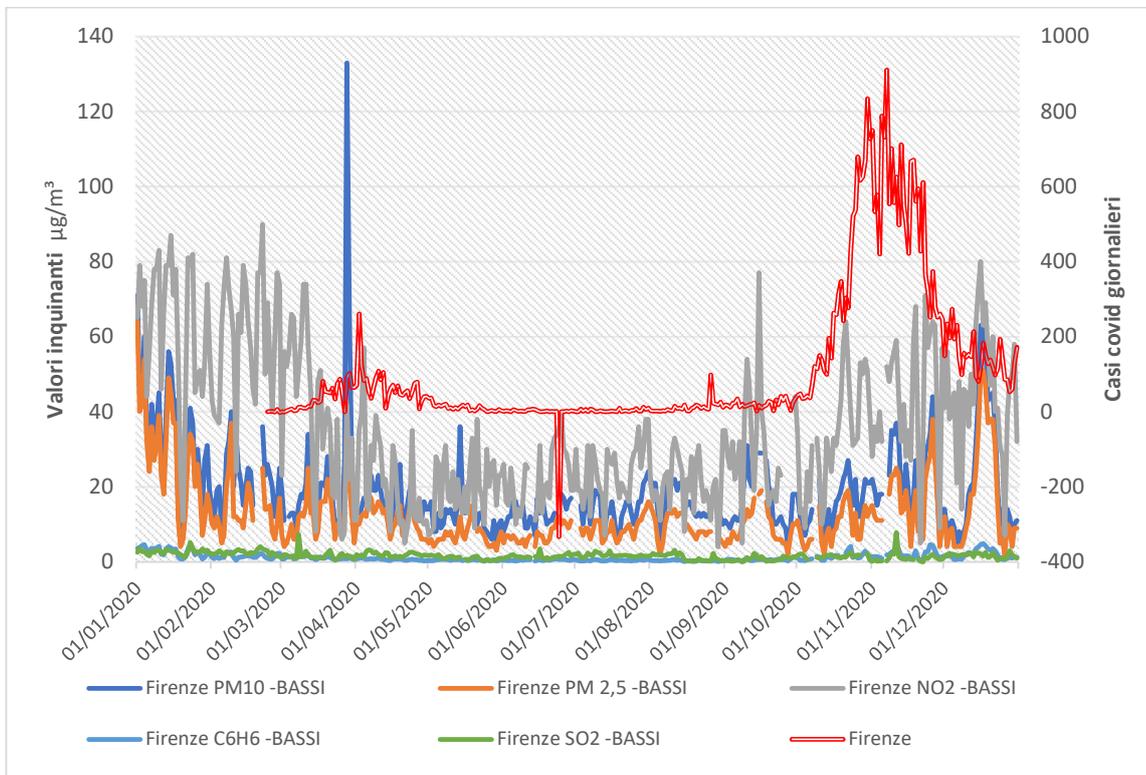


Grafico 23: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Firenze

Si effettua di seguito l’analisi dei dati e si riportano gli output ottenuti tramite il programma SPSS.

Analizzando il periodo invernale, come per altre regioni, i dati dei contagi risultano scarsamente correlati con quelli dei contaminanti. Durante l’arco di tempo senza restrizioni solamente il biossido di zolfo appare correlato significativamente e positivamente con l’aumento dei contagi; il motivo della crescita delle concentrazioni di questo composto è dovuto al fatto che esso ha come sorgente il riscaldamento domestico, che risulta in funzione fino alla metà del mese di aprile. L’unica correlazione significativa durante il lockdown è quella con il biossido di azoto; il coefficiente di Pearson è caratterizzato da segno negativo e questo è evidente con la diminuzione delle concentrazioni di NO₂ rispetto all’aumento dei casi covid. Questo risultato consente di avallare la tesi di partenza, in quanto tale contaminante ha come sorgenti principali (oltre che il riscaldamento domestico) anche il traffico veicolare e le attività industriali, entrambe attività che hanno subito una drastica riduzione durante la chiusura imposta dal governo.

Correlazioni

DataOsservazione (Raccolto): Inverno

mis_con			FirenzePM10 BASSI	FirenzePM25 BASSI	FirenzeNO2B ASSI	FirenzeCOGR AMSCI	FirenzeC6H6 BASSI	FirenzeSO2B ASSI	Firenze
No Restrizioni	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,964**	,541**	,686**	,851**	,328**	-,400
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,008	,175
		N	64	64	64	61	64	64	13
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,964**	1	,539**	,732**	,908**	,292*	,006
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,018	,984
		N	64	65	65	62	65	65	14
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,541**	,539**	1	,409**	,652**	,304*	,069
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,012	,815
		N	64	65	68	65	68	68	14
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,686**	,732**	,409**	1	,776**	,339**	,244
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,006	,400
		N	61	62	65	65	65	65	14
	FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,851**	,908**	,652**	,776**	1	,288*	,173
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,017	,554
		N	64	65	68	65	68	68	14
	FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,328**	,292*	,304*	,339**	,288*	1	,544*
		Sign. (a due code)	,008	,018	,012	,006	,017		,044
		N	64	65	68	65	68	68	14
Firenze	Correlazione di Pearson	-,400	,006	,069	,244	,173	,544*	1	
	Sign. (a due code)	,175	,984	,815	,400	,554	,044		
	N	13	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,980**	,355	,565*	,798**	,358	,116
		Sign. (a due code)		<.001	,234	,044	,001	,229	,706
		N	13	13	13	13	13	13	13
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,980**	1	,240	,434	,731**	,415	,242
		Sign. (a due code)	<.001		,430	,139	,005	,159	,425
		N	13	13	13	13	13	13	13
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,355	,240	1	,563*	,698**	,248	-,572*
		Sign. (a due code)	,234	,430		,045	,008	,415	,041
		N	13	13	13	13	13	13	13
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,565*	,434	,563*	1	,726**	-,132	-,492
		Sign. (a due code)	,044	,139	,045		,005	,667	,088
		N	13	13	13	13	13	13	13
	FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,798**	,731**	,698**	,726**	1	,270	-,361
		Sign. (a due code)	,001	,005	,008	,005		,373	,225
		N	13	13	13	13	13	13	13
	FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,358	,415	,248	-,132	,270	1	,049
		Sign. (a due code)	,229	,159	,415	,667	,373		,874
		N	13	13	13	13	13	13	13
Firenze	Correlazione di Pearson	,116	,242	-,572*	-,492	-,361	,049	1	
	Sign. (a due code)	,706	,425	,041	,088	,225	,874		
	N	13	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 62: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo invernale

L'output riferito alla primavera invece mostra come nell'arco temporale di apertura (fine maggio-giugno) i dati di inquinamento siano scarsamente correlati con quelli di diffusione del virus. Solamente il particolato di dimensioni inferiori a 2,5 micron presenta un coefficiente significativo e positivo; esso, infatti, tende a diminuire contemporaneamente alla diminuzione dei casi, principalmente a seguito dello spegnimento dei riscaldamenti domestici. Nel periodo di lockdown la maggior parte delle correlazioni risultano significative e positive (tranne per il CO ed NO₂ che sono

negativi); l'andamento dei contagi, crescente nella prima parte e decrescente verso la fine del periodo di chiusura, ha una forma simile a quella mostrata per gli altri contaminanti.

Correlazioni

DataOsservazione (Raccolto): Primavera

mis_con			FirenzePM10 BASSI	FirenzePM25 BASSI	FirenzeNO2B ASSI	FirenzeCOGR AMSCI	FirenzeC6H6 BASSI	FirenzeSO2B ASSI	Firenze
No Restrizioni	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,536**	-,317	,063	,076	,367*	,027
		Sign. (a due code)		,002	,088	,735	,685	,042	,883
		N	32	31	30	31	31	31	32
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,536**	1	,113	,144	,316	,208	,452*
		Sign. (a due code)	,002		,552	,440	,084	,261	,011
		N	31	31	30	31	31	31	31
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	-,317	,113	1	,500**	,577**	,212	-,078
		Sign. (a due code)	,088	,552		,005	<.001	,261	,682
		N	30	30	30	30	30	30	30
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,063	,144	,500**	1	,314	,505**	,072
		Sign. (a due code)	,735	,440	,005		,085	,004	,698
		N	31	31	30	31	31	31	31
FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,076	,316	,577**	,314	1	,256	-,007	
	Sign. (a due code)	,685	,084	<.001	,085		,165	,970	
	N	31	31	30	31	31	31	31	
FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,367*	,208	,212	,505**	,256	1	-,152	
	Sign. (a due code)	,042	,261	,261	,004	,165		,414	
	N	31	31	30	31	31	31	31	
Firenze	Correlazione di Pearson	,027	,452*	-,078	,072	-,007	-,152	1	
	Sign. (a due code)	,883	,011	,682	,698	,970	,414		
	N	32	31	30	31	31	31	32	
Lockdown	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,835**	,305*	,082	,339**	,075	,157
		Sign. (a due code)		<.001	,019	,543	,009	,575	,236
		N	59	59	59	58	59	58	59
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,835**	1	,459**	,034	,593**	,360**	,335**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,799	<.001	,006	,009
		N	59	59	59	58	59	58	59
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,305*	,459**	1	,264*	,599**	-,007	,351**
		Sign. (a due code)	,019	<.001		,043	<.001	,960	,006
		N	59	59	60	59	60	59	60
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,082	,034	,264*	1	,034	-,304*	-,332*
		Sign. (a due code)	,543	,799	,043		,797	,021	,010
		N	58	58	59	59	59	58	59
FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,339**	,593**	,599**	,034	1	,163	,565**	
	Sign. (a due code)	,009	<.001	<.001	,797		,216	<.001	
	N	59	59	60	59	60	59	60	
FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,075	,360**	-,007	-,304*	,163	1	,215	
	Sign. (a due code)	,575	,006	,960	,021	,216		,102	
	N	58	58	59	58	59	59	59	
Firenze	Correlazione di Pearson	,157	,335**	,351**	-,332*	,565**	,215	1	
	Sign. (a due code)	,236	,009	,006	,010	<.001	,102		
	N	59	59	60	59	60	59	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 63: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo primaverile

L'output della stagione mostra anche in questo caso una scarsa significatività tra i dati covid e quelli dei contaminanti. I coefficienti risultano tutti negativi anche se nel caso delle polveri sono prossimi alla neutralità. Osservando gli andamenti dei parametri considerati si osserva come tendono ad attestarsi su valori inferiori nella stagione estiva; la differenza sostanziale è la continua oscillazione

dei contaminanti tra valori più alti e più bassi (sempre comunque in un range limitato), mentre i casi giornalieri di contagio risultano rasentare lo 0.

Correlazioni

DataOsservazione (Raccolto): Estate

mis_con			FirenzePM10 BASSI	FirenzePM25 BASSI	FirenzeNO2B ASSI	FirenzeCOGR AMSCI	FirenzeC6H6 BASSI	FirenzeSO2B ASSI	Firenze
No Restrizioni	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,933**	,471**	,221*	,437**	,188	-,013
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	,045	<.001	,089	,905
		N	83	83	83	83	83	83	83
FirenzePM25BASSI	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,933**	1	,428**	,163	,429**	,259*	-,069
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	,139	<.001	,017	,534
		N	83	84	84	84	84	84	84
FirenzeNO2BASSI	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,471**	,428**	1	,399**	,649**	,013	-,114
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,899	,280
		N	83	84	92	92	92	92	92
FirenzeCOGRAMSCI	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,221*	,163	,399**	1	,401**	-,420**	,154
		Sign. (a due code)	,045	,139	<.001		<.001	<.001	,143
		N	83	84	92	92	92	92	92
FirenzeC6H6BASSI	FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,437**	,429**	,649**	,401**	1	,199	-,165
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,057	,116
		N	83	84	92	92	92	92	92
FirenzeSO2BASSI	FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,188	,259*	,013	-,420**	,199	1	-,187
		Sign. (a due code)	,089	,017	,899	<.001	,057		,074
		N	83	84	92	92	92	92	92
Firenze	Firenze	Correlazione di Pearson	-,013	-,069	-,114	,154	-,165	-,187	1
		Sign. (a due code)	,905	,534	,280	,143	,116	,074	
		N	83	84	92	92	92	92	92

** . La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* . La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 64: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo estivo

La correlazione ricercata risulta poco significativa se si analizza la tabella dell'output estivo. La tendenza risulta essere lievemente contrapposta all'andamento piatto con valori bassi della curva dei contagi. Il resto dei contaminanti, infatti in questo intervallo di tempo, seppur il trend risulti costante, mostra un'oscillazione per tutti i composti.

Correlazioni

Data Osservazione (Raccolto): Autunno

mis_con			FirenzePM10 BASSI	FirenzePM25 BASSI	FirenzeNO2B ASSI	FirenzeCOGR AMSCI	FirenzeC6H6 BASSI	FirenzeSO2B ASSI	Firenze
No Restrizioni	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,977**	,705**	,686**	,837**	,254	,305*
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,084	,031
		N	50	50	46	47	48	47	50
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,977**	1	,650**	,733**	,822**	,234	,214
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,114	,136
		N	50	50	46	47	48	47	50
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,705**	,650**	1	,478**	,767**	,199	,469**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,190	<.001
		N	46	46	48	45	46	45	48
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,686**	,733**	,478**	1	,706**	,432**	-,159
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,003	,264
		N	47	47	45	51	47	46	51
	FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,837**	,822**	,767**	,706**	1	,396**	,364**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,006	,009
		N	48	48	46	47	50	47	50
FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,254	,234	,199	,432**	,396**	1	-,105	
	Sign. (a due code)	,084	,114	,190	,003	,006		,473	
	N	47	47	45	46	47	49	49	
Firenze	Correlazione di Pearson	,305*	,214	,469**	-,159	,364**	-,105	1	
	Sign. (a due code)	,031	,136	<.001	,264	,009	,473		
	N	50	50	48	51	50	49	54	
Lockdown	FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,991**	,708**	,723**	,920**	,289	-,015
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,054	,921
		N	46	46	46	46	46	45	46
	FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,991**	1	,704**	,743**	,915**	,243	-,039
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	,108	,798
		N	46	46	46	46	46	45	46
	FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,708**	,704**	1	,731**	,744**	,395**	-,106
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	,007	,476
		N	46	46	47	47	47	46	47
	FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,723**	,743**	,731**	1	,782**	,375*	-,331*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,010	,023
		N	46	46	47	47	47	46	47
	FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,920**	,915**	,744**	,782**	1	,476**	-,031
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,838
		N	46	46	47	47	47	46	47
FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,289	,243	,395**	,375*	,476**	1	-,115	
	Sign. (a due code)	,054	,108	,007	,010	<.001		,448	
	N	45	45	46	46	46	46	46	
Firenze	Correlazione di Pearson	-,015	-,039	-,106	-,331*	-,031	-,115	1	
	Sign. (a due code)	,921	,798	,476	,023	,838	,448		
	N	46	46	47	47	47	46	47	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 65: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Firenze durante il periodo autunnale

Il periodo di lockdown autunnale presenta un'assenza di correlazione per tutti gli inquinanti ad eccezione del monossido di carbonio, che risulta avere andamento opposto rispetto alla crescita e poi alla decrescita dei contagi tipica di questo periodo. Il monossido essendo un prodotto degli scarichi automobilistici tende a diminuire durante le restrizioni ed aumentare durante la zona gialla. Nella parte iniziale della stagione tra la fine di settembre e il mese di ottobre si osservano diversi valori significativi tra i contaminanti e i contagi. Le polveri, il benzene e il biossido di azoto hanno coefficiente positivo e presentano una discreta correlazione, mostrando quindi un andamento

crescente delle concentrazioni al crescere dei contagi dovuti alla seconda ondata. I motivi possono essere molteplici: sia l'apertura di tutte le attività industriali, chiuse durante il periodo estivo, che l'accensione dei riscaldamenti domestici, oltre che l'aumento del traffico.

		Correlazioni					
		FirenzePM10 BASSI	FirenzePM25 BASSI	FirenzeNO2B ASSI	FirenzeCOGR AMSCI	FirenzeC6H6 BASSI	FirenzeSO2B ASSI
FirenzePM10BASSI	Correlazione di Pearson	1	,877**	,537**	,508**	,669**	,348**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	347	346	341	339	344	341
FirenzePM25BASSI	Correlazione di Pearson	,877**	1	,645**	,673**	,842**	,400**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	346	348	343	341	346	343
FirenzeNO2BASSI	Correlazione di Pearson	,537**	,645**	1	,748**	,768**	,439**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	341	343	358	351	356	353
FirenzeCOGRAMSCI	Correlazione di Pearson	,508**	,673**	,748**	1	,830**	,375**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	339	341	351	358	354	351
FirenzeC6H6BASSI	Correlazione di Pearson	,669**	,842**	,768**	,830**	1	,434**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	344	346	356	354	361	356
FirenzeSO2BASSI	Correlazione di Pearson	,348**	,400**	,439**	,375**	,434**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	341	343	353	351	356	358

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 66: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Firenze

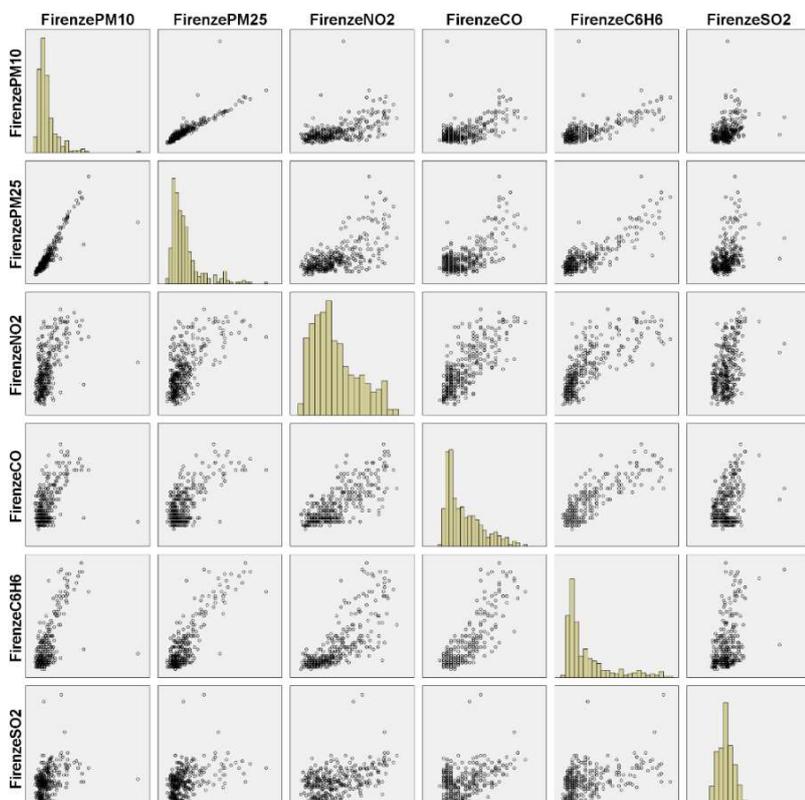


Grafico 24: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Firenze

Nella matrice dei grafici a dispersione si può notare come: le due tipologie di particolato siano ottimamente correlate tra di loro, il benzene abbia una tendenza lineare sia con il biossido di azoto che con il monossido di carbonio (in quanto tutti prodotti della combustione degli autoveicoli), oltre che ben relazionato con le polveri sottili.

6.2.13. TRENTINO



Figura 19: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Trentino

Le centraline che sono state considerate per l'analisi della provincia autonoma di Trento sono quelle presenti a: Trento (le stazioni ARPA considerate sono quelle in via Bolzano e presso il Parco Santa Chiara) e la cittadina di Riva del Garda (centralina posizionata in via Trento). Per lo studio in esame si è scelto di analizzare i dati ricavati presso il Parco S. Chiara; il motivo è legato sia al numero di composti chimici misurati dallo strumento sia per il fatto che le misure di questa stazione

consentono di dare un'immagine dell'inquinamento atmosferico presente nella città di Trento (la più popolosa della regione).

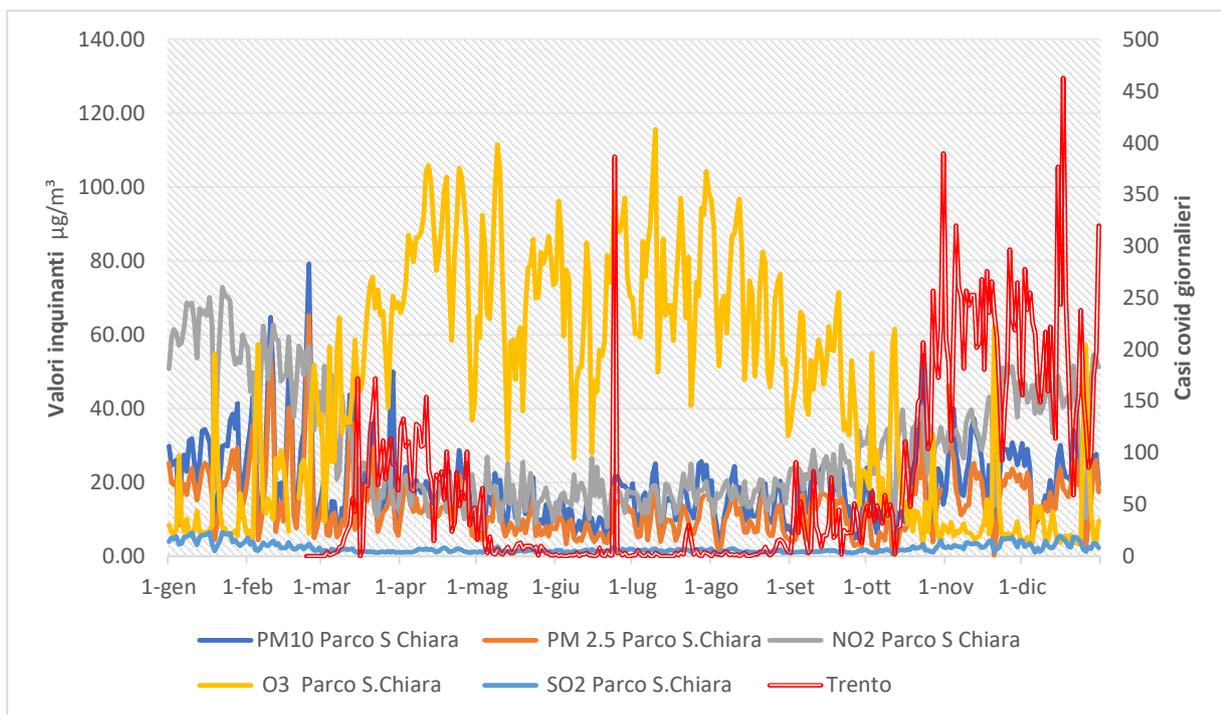


Grafico 25: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Trento

Il grafico sovrastante mostra un andamento della curva dei contagi (in rosso) caratterizzato come per le altre regioni dai due periodi di diffusione del virus principali: periodo primaverile e quello autunnale. Nel primo il numero di contagi giornalieri è risultato essere di entità inferiore (massimo attorno i 180 casi) rispetto alla seconda ondata; in questo intervallo temporale si sono raggiunti giorni in cui si è arrivato oltre i 300 casi giornalieri. Attorno all’inizio del mese di luglio è presente un picco che non risulta essere in linea con il trend stagionale: molto probabilmente è un errore di trascrizione dei dati da parte del sito che li ha messi a disposizione. L’estensione temporale considerata per questa regione comprende tutto l’anno 2020; dopo questa premessa è necessario andare a suddividere, nella parte finale dell’anno, la regione in base ai colori: zona gialla dal 6/11 al 23/12, quindi definita come “no restrizioni”, rossa dal 24/12 al 27/12 e il 31/12, arancio dal 28/12 al 30/12 (entrambe raggruppate sotto l’etichetta di “lockdown”).

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_con			PM10ParcoS Chiara	PM25ParcoS Chiara	NO2ParcoS Chiara	O3ParcoS Chiara	SO2ParcoS Chiara	Trento	
No restrizioni	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,990**	,408**	-,573**	,389**	-,400	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,001	,156	
		N	68	68	68	65	68	14	
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,990**	1	,335**	-,523**	,304*	-,388	
		Sign. (a due code)	<.001		,005	<.001	,012	,171	
		N	68	68	68	65	68	14	
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,408**	,335**	1	-,869**	,853**	-,539*	
		Sign. (a due code)	<.001	,005		<.001	<.001	,047	
		N	68	68	68	65	68	14	
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	-,573**	-,523**	-,869**	1	-,758**	,426	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,129	
		N	65	65	65	65	65	14	
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,389**	,304*	,853**	-,758**	1	-,345	
		Sign. (a due code)	,001	,012	<.001	<.001		,227	
		N	68	68	68	65	68	14	
	Trento	Correlazione di Pearson	-,400	-,388	-,539*	,426	-,345	1	
		Sign. (a due code)	,156	,171	,047	,129	,227		
		N	14	14	14	14	14	14	
	Lockdown	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,997**	,157	,047	,353	,078
			Sign. (a due code)		<.001	,608	,879	,236	,801
			N	13	13	13	13	13	13
		PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,997**	1	,103	,087	,307	,110
			Sign. (a due code)	<.001		,738	,776	,307	,721
			N	13	13	13	13	13	13
NO2ParcoSChiara		Correlazione di Pearson	,157	,103	1	-,746**	,894**	-,678*	
		Sign. (a due code)	,608	,738		,003	<.001	,011	
		N	13	13	13	13	13	13	
O3ParcoSChiara		Correlazione di Pearson	,047	,087	-,746**	1	-,679*	,633*	
		Sign. (a due code)	,879	,776	,003		,011	,020	
		N	13	13	13	13	13	13	
SO2ParcoSChiara		Correlazione di Pearson	,353	,307	,894**	-,679*	1	-,508	
		Sign. (a due code)	,236	,307	<.001	,011		,076	
		N	13	13	13	13	13	13	
Trento		Correlazione di Pearson	,078	,110	-,678*	,633*	-,508	1	
		Sign. (a due code)	,801	,721	,011	,020	,076		
		N	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 67: Output dell’analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo invernale

L'output invernale mostra una scarsa correlazione sia nel periodo di lockdown che in quello senza restrizioni tra l'inquinamento atmosferico e la diffusione dei contagi; gli unici contaminanti correlati sono il biossido di azoto e l'ozono (solo nel periodo di lockdown). Il range temporale senza restrizioni si riferisce al periodo che va da fine febbraio fino ad inizio primo lockdown; in questo caso si può notare come il biossido di azoto tenda ad avere un andamento decrescente rispetto alla contemporanea crescita dei contagi. La diminuzione del contaminante in questo periodo è dovuta alla significativa riduzione del traffico veicolare a seguito della situazione di lockdown; NO₂ è uno dei principali prodotti delle reazioni di combustione all'interno del motore. L'ozono invece risulta avere una crescita in parallelo alla diffusione del virus, in quanto tende ad avere concentrazioni superiori più ci si avvicina verso le stagioni calde. Nel periodo di assenza di restrizioni solo il biossido di zolfo risulta correlato significativamente. Come per la situazione precedente la relazione è negativa in quanto all'aumentare dei contagi diminuiscono le concentrazioni di NO₂. Si può notare come per tutti i contaminanti (ad eccezione dell'Ozono), la correlazione risulti negativa, in quanto l'inquinamento atmosferico ha una decrescita contemporanea all'aumento dei contagi.

L'output primaverile presente successivamente mostra una correlazione assente nel periodo senza restrizioni (ossia verso la fine della stagione), mentre quest'ultima risulta significativa nel lockdown, se si fa riferimento alle polveri. L'andamento decrescente della curva rossa e delle curve dei particolati giustifica il valore positivo di questa correlazione andando ad avallare la tesi di partenza.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_con			PM10ParcoS Chiara	PM25ParcoS Chiara	NO2ParcoS Chiara	O3ParcoS Chiara	SO2ParcoS Chiara	Trento
No restrizioni	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,945**	,137	,454**	,417*	,264
		Sign. (a due code)		<.001	,455	,009	,018	,144
		N	32	32	32	32	32	32
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,945**	1	-,025	,480**	,321	,243
		Sign. (a due code)	<.001		,893	,005	,073	,179
		N	32	32	32	32	32	32
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,137	-,025	1	-,558**	,380*	-,046
		Sign. (a due code)	,455	,893		<.001	,032	,805
		N	32	32	32	32	32	32
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,454**	,480**	-,558**	1	,185	,316
		Sign. (a due code)	,009	,005	<.001		,310	,078
		N	32	32	32	32	32	32
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,417*	,321	,380*	,185	1	,229
		Sign. (a due code)	,018	,073	,032	,310		,207
		N	32	32	32	32	32	32
	Trento	Correlazione di Pearson	,264	,243	-,046	,316	,229	1
		Sign. (a due code)	,144	,179	,805	,078	,207	
		N	32	32	32	32	32	32
Lockdown	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,797**	,142	,292*	,232	,349**
		Sign. (a due code)		<.001	,279	,024	,075	,006
		N	60	60	60	60	60	60
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,797**	1	,187	,499**	,283*	,500**
		Sign. (a due code)	<.001		,154	<.001	,029	<.001
		N	60	60	60	60	60	60
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,142	,187	1	-,402**	,074	,047
		Sign. (a due code)	,279	,154		,001	,574	,721
		N	60	60	60	60	60	60
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,292*	,499**	-,402**	1	,590**	,232
		Sign. (a due code)	,024	<.001	,001		<.001	,074
		N	60	60	60	60	60	60
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,232	,283*	,074	,590**	1	-,058
		Sign. (a due code)	,075	,029	,574	<.001		,661
		N	60	60	60	60	60	60
	Trento	Correlazione di Pearson	,349**	,500**	,047	,232	-,058	1
		Sign. (a due code)	,006	<.001	,721	,074	,661	
		N	60	60	60	60	60	60

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 68: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo primaverile

La tabella di analisi dei dati estivi mostra un'assenza di correlazione significativa, ad eccezione del biossido di azoto; la tendenza tra le due curve sembra essere molto simile. Entrambi i parametri risultano essere stabilizzati su valori di contagi e di concentrazioni relativamente bassi. Osservando il valore del coefficiente di Pearson degli altri composti, risultano comunque coerenti con la teoria ipotizzata al principio. L'unica nota stonata riguarda l'O₃ poiché il valore del coefficiente in uscita dovrebbe essere negativo; in questo caso il valore è quasi tendente alla neutralità, ma non essendoci una correlazione non viene considerato.

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_con			PM10ParcoS Chiara	PM25ParcoS Chiara	NO2ParcoS Chiara	O3ParcoSChi ara	SO2ParcoS Chiara	Trento
No restrizioni	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,938**	,361**	,403**	,424**	,153
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	,146
		N	92	91	92	92	92	92
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,938**	1	,295**	,457**	,398**	,123
		Sign. (a due code)	<.001		,005	<.001	<.001	,247
		N	91	91	91	91	91	91
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,361**	,295**	1	-,422**	-,097	,207*
		Sign. (a due code)	<.001	,005		<.001	,357	,048
		N	92	91	92	92	92	92
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,403**	,457**	-,422**	1	,571**	,030
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	,777
		N	92	91	92	92	92	92
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,424**	,398**	-,097	,571**	1	,156
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,357	<.001		,138
		N	92	91	92	92	92	92
Trento		Correlazione di Pearson	,153	,123	,207*	,030	,156	1
		Sign. (a due code)	,146	,247	,048	,777	,138	
		N	92	91	92	92	92	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 69: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo estivo

Se si osserva la parentesi autunnale, considerando come in corrispondenza della seconda ondata la regione fosse stata etichettata come gialla (quindi ipotesi di assenza di restrizioni), la numerosità del periodo di lockdown è pari a 8, di conseguenza non sufficiente per avere dei risultati credibili.

Al contrario osservando la prima parte della tabella, l'intervallo temporale senza restrizioni presenta una correlazione significativa tra tutti i contaminanti e la diffusione dei contagi. Guardando il grafico degli andamenti si nota la tendenza crescente dei contagi nel periodo della seconda ondata. Per l'inquinamento, ad eccezione dell'ozono che tende di base a diminuire stagionalmente nel periodo autunnale, le polveri e i biossidi tendono ad aumentare. Questo è dovuto sia alla ripresa in toto delle attività lavorative che del funzionamento dei riscaldamenti domestici. Per NO₂ le concentrazioni tendono ad aumentare in questo periodo in quanto il traffico veicolare in zona gialla non risulta limitato, come durante la chiusura.

Non essendosi così verificato un vero e proprio lockdown per questa regione in corrispondenza della seconda ondata, i risultati risultano coerenti con l'ipotesi di partenza.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_con			PM10ParcoS Chiara	PM25ParcoS Chiara	NO2ParcoS Chiara	O3ParcoSChi ara	SO2ParcoS Chiara	Trento
No restrizioni	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,905**	,542**	-,619**	,672**	,411**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
		N	93	91	93	93	93	93
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,905**	1	,553**	-,653**	,652**	,465**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
		N	91	91	91	91	91	91
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,542**	,553**	1	-,743**	,741**	,446**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
		N	93	91	93	93	93	93
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	-,619**	-,653**	-,743**	1	-,658**	-,505**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
		N	93	91	93	93	93	93
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,672**	,652**	,741**	-,658**	1	,567**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
		N	93	91	93	93	93	93
Trento	Correlazione di Pearson	,411**	,465**	,446**	-,505**	,567**	1	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		
	N	93	91	93	93	93	93	
Lockdown	PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,997**	,828*	-,942**	,916**	,469
		Sign. (a due code)		<.001	,011	<.001	,001	,241
		N	8	8	8	8	8	8
	PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,997**	1	,830*	-,947**	,900**	,498
		Sign. (a due code)	<.001		,011	<.001	,002	,209
		N	8	8	8	8	8	8
	NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,828*	,830*	1	-,843**	,568	,371
		Sign. (a due code)	,011	,011		,009	,142	,366
		N	8	8	8	8	8	8
	O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	-,942**	-,947**	-,843**	1	-,829*	-,506
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,009		,011	,200
		N	8	8	8	8	8	8
	SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,916**	,900**	,568	-,829*	1	,395
		Sign. (a due code)	,001	,002	,142	,011		,333
		N	8	8	8	8	8	8
Trento	Correlazione di Pearson	,469	,498	,371	-,506	,395	1	
	Sign. (a due code)	,241	,209	,366	,200	,333		
	N	8	8	8	8	8	8	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 70: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Trento durante il periodo autunnale

Correlazioni

		PM10ParcoS Chiara	PM25ParcoS Chiara	NO2ParcoSC hiara	O3ParcoSChi ara	SO2ParcoSC hiara
PM10ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	1	,950**	,530**	-,349**	,567**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	366	363	366	363	366
PM25ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,950**	1	,546**	-,375**	,557**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	363	363	363	360	363
NO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,530**	,546**	1	-,794**	,819**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	366	363	366	363	366
O3ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	-,349**	-,375**	-,794**	1	-,618**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	363	360	363	363	363
SO2ParcoSChiara	Correlazione di Pearson	,567**	,557**	,819**	-,618**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	366	363	366	363	366

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 71: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Trento

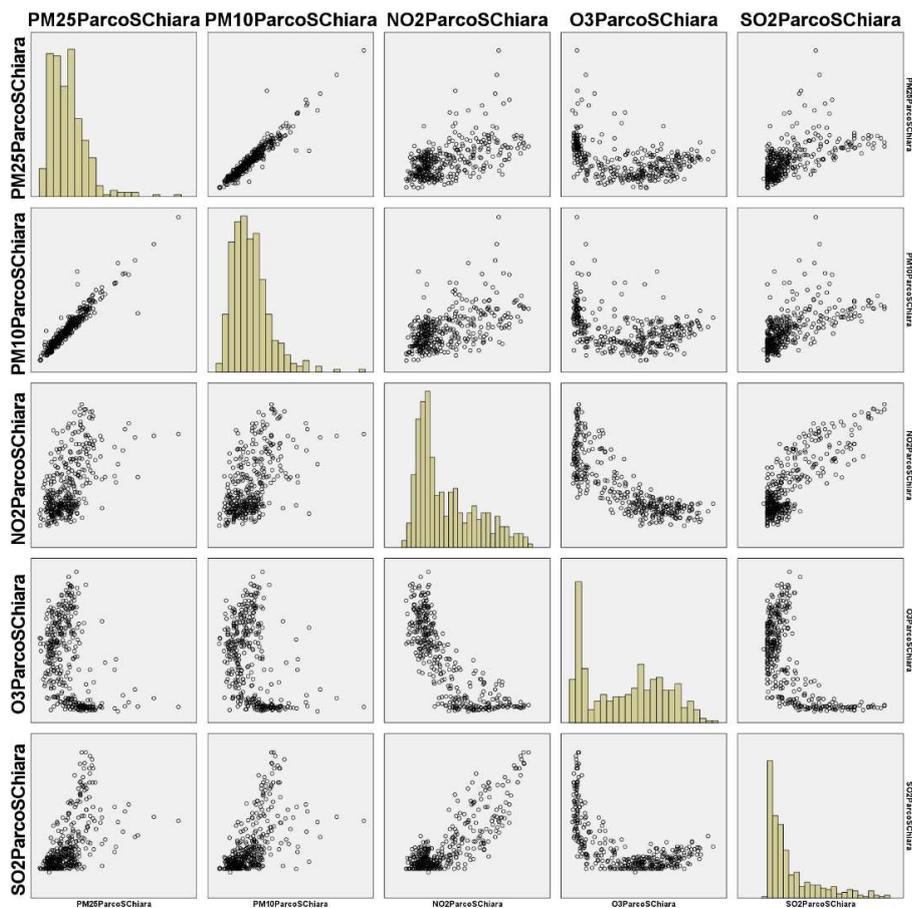


Grafico 26: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Trento

Dalla tabella e dal grafico si può notare come si abbia una correlazione positiva e significativa tra le due tipologie di particolato; inoltre, anche il biossido di azoto risulta correlato positivamente e significativamente con le polveri e con il biossido di zolfo.

L'ozono risulta avere, rispetto agli altri contaminanti, una correlazione negativa, in quanto il suo andamento è opposto rispetto al resto dei composti.

6.2.14. UMBRIA

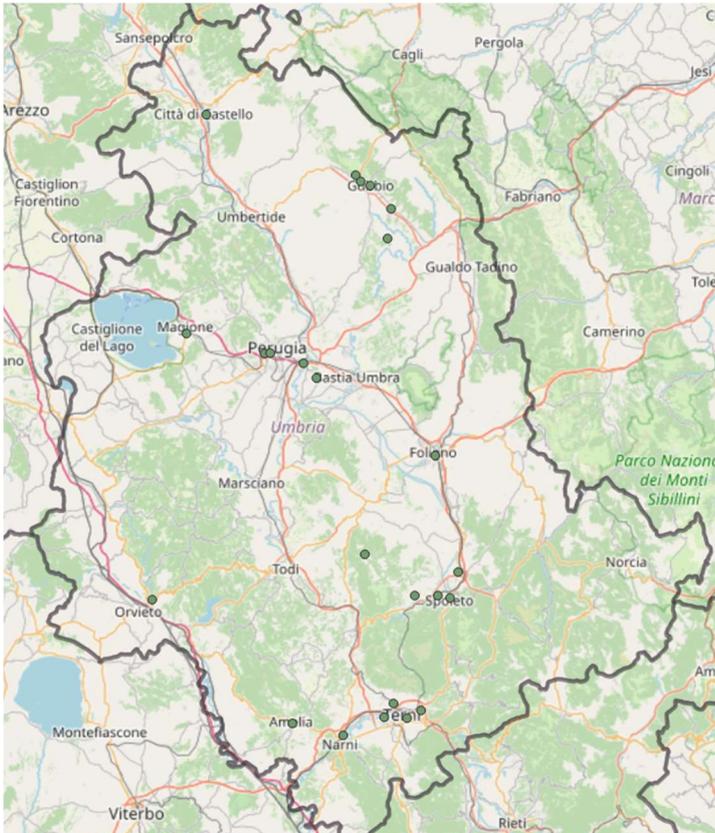


Figura 20: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Umbria

Nella figura a fianco si notano diverse centraline da cui sono stati scaricati i dati (Arpa Umbria) relativamente all'inquinamento atmosferico. L'analisi dei dati è stata effettuata solamente per le stazioni presenti nelle città di Terni (presso la zona Maratta), Gubbio (in piazza 40 Martiri) e Perugia (presso il quartiere Fontivegge). Gli andamenti e gli output presenti nelle pagine seguenti fanno riferimento alla stazione collocata nella città di Perugia, scelta come la più rappresentativa.

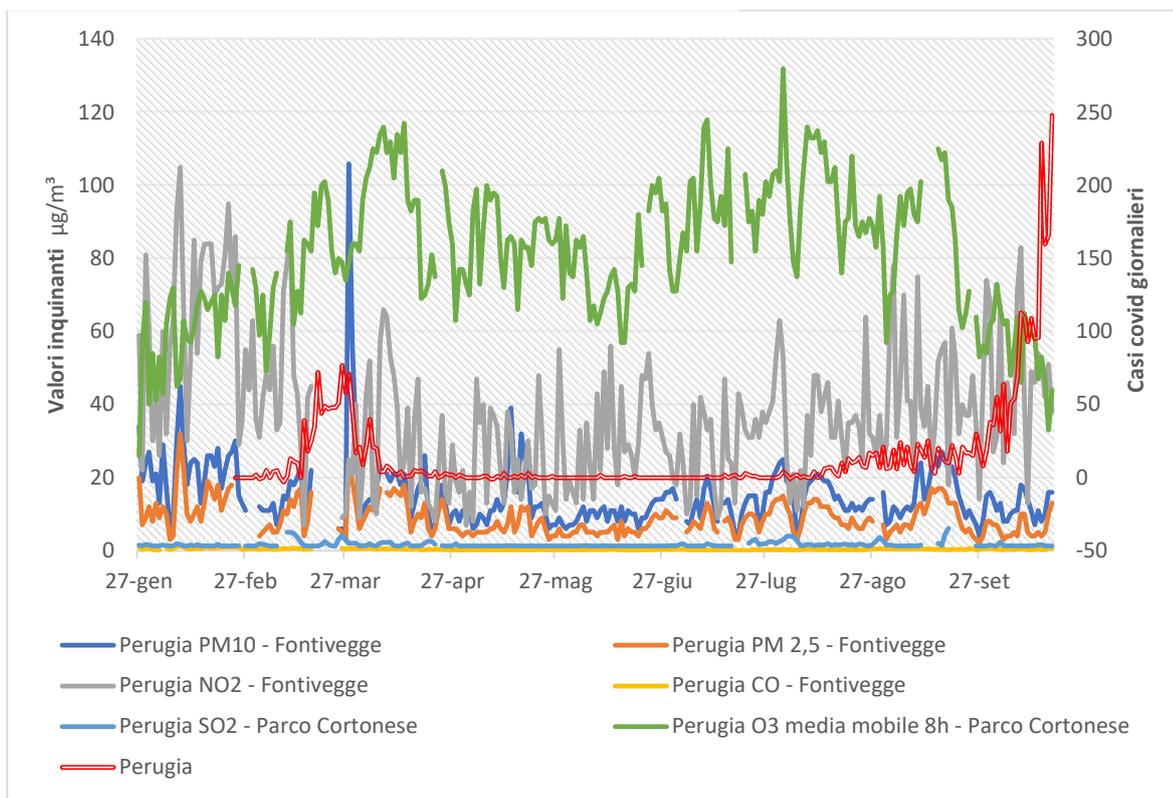


Grafico 27: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Perugia

Gli andamenti rappresentati vanno dal 27 gennaio fino al 18 ottobre del 2020. Per questo motivo non verrà effettuata la distinzione in base ai colori. La curva rossa dei contagi della provincia di Perugia mostra un andamento caratterizzato da due massimi che si verificano nei periodi corrispondenti alle ondate di contagi. Si nota come, verso la fine dell'intervallo temporale utilizzato per l'analisi, la curva dei contagi tenda ad aumentare e raggiunga il suo massimo nel punto finale. Questo sottolinea come tale andamento sia crescente e raggiungerà il suo massimo nel periodo tra ottobre e novembre. Analizzando i dati della stazione possiamo osservare:

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_cont			PerugiaPM10 Fontivegge	PerugiaPM25 Fontivegge	PerugiaNO2F ontivegge	PerugiaCOFo ntivegge	PerugiaSO2P arcoCortones e	PerugiaO3me diamobile8hP arcoCortones e	Perugia	
No Restrizioni	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,897**	,627**	,705**	,303	-,439**	-,315	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,065	,007	,319	
		N	40	35	40	39	38	37	12	
	PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,897**	1	,648**	,829**	,179	-,316	-,079	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,312	,068	,867	
		N	35	35	35	34	34	34	7	
	PerugiaNO2Fontivegge	Correlazione di Pearson	,627**	,648**	1	,697**	,168	,062	-,030	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,301	,711	,918	
		N	40	35	42	41	40	38	14	
	PerugiaCOFontivegge	Correlazione di Pearson	,705**	,829**	,697**	1	,166	,041	-,179	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,312	,810	,540	
		N	39	34	41	41	39	37	14	
	PerugiaSO2ParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,303	,179	,168	,166	1	-,385*	-,259	
		Sign. (a due code)	,065	,312	,301	,312		,017	,417	
		N	38	34	40	39	40	38	12	
	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Correlazione di Pearson	-,439**	-,316	,062	,041	-,385*	1	-,104	
		Sign. (a due code)	,007	,068	,711	,810	,017		,775	
		N	37	34	38	37	38	38	10	
	Perugia	Correlazione di Pearson	-,315	-,079	-,030	-,179	-,259	-,104	1	
		Sign. (a due code)	,319	,867	,918	,540	,417	,775		
		N	12	7	14	14	12	10	14	
	Lockdown	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,979**	,159	,590	,206	-,476	-,386
			Sign. (a due code)		<.001	,683	,095	,625	,233	,305
			N	9	9	9	9	8	8	9
		PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,979**	1	,246	,609	,229	-,431	-,476
			Sign. (a due code)	<.001		,524	,082	,586	,286	,196
			N	9	9	9	9	8	8	9
PerugiaNO2Fontivegge		Correlazione di Pearson	,159	,246	1	,580	,770*	,294	-,593	
		Sign. (a due code)	,683	,524		,101	,026	,479	,092	
		N	9	9	9	9	8	8	9	
PerugiaCOFontivegge		Correlazione di Pearson	,590	,609	,580	1	,741*	-,522	-,618	
		Sign. (a due code)	,095	,082	,101		,035	,185	,076	
		N	9	9	9	9	8	8	9	
PerugiaSO2ParcoCortonese		Correlazione di Pearson	,206	,229	,770*	,741*	1	-,387	-,612*	
		Sign. (a due code)	,625	,586	,026	,035		,214	,034	
		N	8	8	8	8	12	12	12	
PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese		Correlazione di Pearson	-,476	-,431	,294	-,522	-,387	1	,665*	
		Sign. (a due code)	,233	,286	,479	,185	,214		,018	
		N	8	8	8	8	12	12	12	
Perugia		Correlazione di Pearson	-,386	-,476	-,593	-,618	-,612*	,665*	1	
		Sign. (a due code)	,305	,196	,092	,076	,034	,018		
		N	9	9	9	9	12	12	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 72: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo invernale

Il periodo invernale, considerando come partenza il 27 gennaio e avendo il 24 febbraio come prima data della misura dei contagi, mostra una numerosità esigua dei giorni da analizzare. La correlazione risulta poco significativa per il periodo iniziale senza restrizioni (tra fine febbraio ed inizio marzo), dove la crescita dei contagi si svolge contemporaneamente ad una leggera diminuzione delle concentrazioni dei contaminanti. Durante il lockdown si può osservare come il coefficiente di Pearson risulti negativo e di conseguenza l'andamento dell'inquinamento tende a diminuire al crescere dei casi, andando a supportare la tesi iniziale. Le uniche correlazioni che risultano significative però sono quelle dell'ossido di zolfo e dell'ozono; quest'ultimo è l'unico ad avere una correlazione positiva con i casi, dovuto all'aumento delle concentrazioni nell'avvicinamento alle stagioni più calde.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_cont			PerugiaPM10 Fontivegge	PerugiaPM25 Fontivegge	PerugiaNO2F ontivegge	PerugiaCOFo ntivegge	PerugiaSO2P arcoCortone se	PerugiaO3me diamobile8hP arcoCortone se	Perugia	
No Restrizioni	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,780**	,350*	,205	,205	-,130	,096	
		Sign. (a due code)		<.001	,049	,269	,259	,479	,603	
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,780**	1	,409*	,327	,080	,205	-,136	
		Sign. (a due code)	<.001		,020	,073	,663	,260	,458	
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	PerugiaNO2Fontivegge	Correlazione di Pearson	,350*	,409*	1	,375*	,123	-,162	-,218	
		Sign. (a due code)	,049	,020		,037	,504	,375	,230	
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	PerugiaCOFontivegge	Correlazione di Pearson	,205	,327	,375*	1	-,073	-,013	-,377*	
		Sign. (a due code)	,269	,073	,037		,696	,943	,037	
		N	31	31	31	31	31	31	31	
	PerugiaSO2ParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,205	,080	,123	-,073	1	-,002	-,130	
		Sign. (a due code)	,259	,663	,504	,696		,992	,478	
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Correlazione di Pearson	-,130	,205	-,162	-,013	-,002	1	-,199	
		Sign. (a due code)	,479	,260	,375	,943	,992		,276	
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	Perugia	Correlazione di Pearson	,096	-,136	-,218	-,377*	-,130	-,199	1	
		Sign. (a due code)	,603	,458	,230	,037	,478	,276		
		N	32	32	32	31	32	32	32	
	Lockdown	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,751**	,142	,251	,035	,000	,379**
			Sign. (a due code)		<.001	,302	,064	,799	,998	,004
			N	56	56	55	55	55	55	56
PerugiaPM25Fontivegge		Correlazione di Pearson	,751**	1	,426**	,492**	,076	,490**	,225	
		Sign. (a due code)	<.001		,001	<.001	,579	<.001	,096	
		N	56	56	55	55	55	55	56	
PerugiaNO2Fontivegge		Correlazione di Pearson	,142	,426**	1	,291*	,030	,556**	-,113	
		Sign. (a due code)	,302	,001		,030	,828	<.001	,409	
		N	55	55	56	56	55	55	56	
PerugiaCOFontivegge		Correlazione di Pearson	,251	,492**	,291*	1	,484**	,422**	,649**	
		Sign. (a due code)	,064	<.001	,030		<.001	,001	<.001	
		N	55	55	56	56	55	55	56	
PerugiaSO2ParcoCortonese		Correlazione di Pearson	,035	,076	,030	,484**	1	-,070	,556**	
		Sign. (a due code)	,799	,579	,828	<.001		,597	<.001	
		N	55	55	55	55	59	59	59	
PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese		Correlazione di Pearson	,000	,490**	,556**	,422**	-,070	1	-,111	
		Sign. (a due code)	,998	<.001	<.001	,001	,597		,404	
		N	55	55	55	55	59	59	59	
Perugia		Correlazione di Pearson	,379**	,225	-,113	,649**	,556**	-,111	1	
		Sign. (a due code)	,004	,096	,409	<.001	<.001	,404		
		N	56	56	56	56	59	59	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 73: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo primaverile

La stagione primaverile mostra una correlazione abbastanza significativa nel periodo di lockdown (ad eccezione di NO₂, O₃ e PM_{2,5}); per gli altri contaminanti l'andamento in questo periodo raggiunge il massimo e tende a decrescere nel resto del mese di aprile e maggio. Il valore positivo del coefficiente consente di supportare la tesi di partenza con la diminuzione delle emissioni rilevate. Nel periodo finale della primavera ossia quello non restrittivo si nota una correlazione scarsamente significativa tra casi e contaminanti (dove solamente il CO risulta avere una certa rilevanza).

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_cont			PerugiaPM10 Fontivegge	PerugiaPM25 Fontivegge	PerugiaNO2F ontivegge	PerugiaCOFo ntivegge	PerugiaSO2P arcoCortones e	PerugiaO3me diamobile8hP arcoCortones e	Perugia
No Restrizioni	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,944**	,334**	,132	,386**	,515**	,215*
		Sign. (a due code)		<.001	,002	,231	<.001	<.001	,045
		N	87	87	87	84	76	79	87
PerugiaPM25Fontivegge	PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,944**	1	,314**	,093	,287*	,636**	,135
		Sign. (a due code)	<.001		,003	,398	,012	<.001	,212
		N	87	87	87	84	76	79	87
PerugiaNO2Fontivegge	PerugiaNO2Fontivegge	Correlazione di Pearson	,334**	,314**	1	,252*	-,104	,179	,404**
		Sign. (a due code)	,002	,003		,017	,356	,103	<.001
		N	87	87	92	89	81	84	92
PerugiaCOFontivegge	PerugiaCOFontivegge	Correlazione di Pearson	,132	,093	,252*	1	-,097	-,258*	,613**
		Sign. (a due code)	,231	,398	,017		,393	,019	<.001
		N	84	84	89	89	80	82	89
PerugiaSO2ParcoCortonese	PerugiaSO2ParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,386**	,287*	-,104	-,097	1	,066	,042
		Sign. (a due code)	<.001	,012	,356	,393		,558	,709
		N	76	76	81	80	81	80	81
PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,515**	,636**	,179	-,258*	,066	1	-,092
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,103	,019	,558		,403
		N	79	79	84	82	80	84	84
Perugia	Perugia	Correlazione di Pearson	,215*	,135	,404**	,613**	,042	-,092	1
		Sign. (a due code)	,045	,212	<.001	<.001	,709	,403	
		N	87	87	92	89	81	84	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 74: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo estivo

Durante il periodo estivo, dalla tabella risulta come l'ozono abbia giustamente un valore del coefficiente negativo come spiegato per le regioni precedenti, mentre per i restanti contaminanti l'andamento decrescente delle loro concentrazioni avviene in contemporanea alla diminuzione dei casi. La correlazione risulta essere significativa solo per PM₁₀, NO₂ e CO.

La stagione autunnale, come indicato nella parte precedente presenta una scarsa numerosità. A livello di significatività solo l'ozono (e in parte il PM_{2,5}) mostra una correlazione forte; tale inquinante infatti tende ad avere un andamento delle concentrazioni decrescente rispetto all'aumento dei casi dovuti alla seconda ondata. I particolati invece dimostrano avere concentrazioni più alte nel periodo autunnale in quanto le fonti antropiche di particolato sono

essenzialmente le attività industriali ed il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento, le industrie (inclusa la produzione di energia elettrica), che riprendono a pieno regime in autunno.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_cont			PerugiaPM10 Fontivegge	PerugiaPM25 Fontivegge	PerugiaNO2Fontivegge	PerugiaCOFontivegge	PerugiaSO2ParcoCortonese	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Perugia
No Restrizioni	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,873**	,434*	,642**	-,107	-,219	,303
		Sign. (a due code)		<.001	,024	<.001	,618	,282	,124
		N	27	27	27	27	24	26	27
PerugiaPM25Fontivegge	PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,873**	1	,306	,739**	-,082	-,322	,457*
		Sign. (a due code)	<.001		,120	<.001	,703	,108	,017
		N	27	27	27	27	24	26	27
PerugiaNO2Fontivegge	PerugiaNO2Fontivegge	Correlazione di Pearson	,434*	,306	1	,413*	,011	-,189	,082
		Sign. (a due code)	,024	,120		,032	,960	,355	,685
		N	27	27	27	27	24	26	27
PerugiaCOFontivegge	PerugiaCOFontivegge	Correlazione di Pearson	,642**	,739**	,413*	1	-,244	-,298	,123
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,032		,251	,139	,542
		N	27	27	27	27	24	26	27
PerugiaSO2ParcoCortonese	PerugiaSO2ParcoCortonese	Correlazione di Pearson	-,107	-,082	,011	-,244	1	,233	-,211
		Sign. (a due code)	,618	,703	,960	,251		,274	,323
		N	24	24	24	24	24	24	24
PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Correlazione di Pearson	-,219	-,322	-,189	-,298	,233	1	-,586**
		Sign. (a due code)	,282	,108	,355	,139	,274		,002
		N	26	26	26	26	24	26	26
Perugia	Perugia	Correlazione di Pearson	,303	,457*	,082	,123	-,211	-,586**	1
		Sign. (a due code)	,124	,017	,685	,542	,323	,002	
		N	27	27	27	27	24	26	27

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 75: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Perugia durante il periodo autunnale

Di seguito viene riportata l'analisi di correlazione pre-screening tra i contaminanti:

Correlazioni

			PerugiaPM10 Fontivegge	PerugiaPM25 Fontivegge	PerugiaNO2Fontivegge	PerugiaCOFontivegge	PerugiaSO2ParcoCortonese	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese
PerugiaPM10Fontivegge	PerugiaPM10Fontivegge	Correlazione di Pearson	1	,792**	,307**	,394**	,122	,001
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,062	,982
		N	251	246	250	245	233	237
PerugiaPM25Fontivegge	PerugiaPM25Fontivegge	Correlazione di Pearson	,792**	1	,441**	,553**	,188**	,176**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,004	,007
		N	246	246	245	240	229	234
PerugiaNO2Fontivegge	PerugiaNO2Fontivegge	Correlazione di Pearson	,307**	,441**	1	,598**	,040	-,194**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,534	,002
		N	250	245	258	253	240	243
PerugiaCOFontivegge	PerugiaCOFontivegge	Correlazione di Pearson	,394**	,553**	,598**	1	,049	-,310**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,457	<.001
		N	245	240	253	253	237	239
PerugiaSO2ParcoCortonese	PerugiaSO2ParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,122	,188**	,040	,049	1	,130*
		Sign. (a due code)	,062	,004	,534	,457		,041
		N	233	229	240	237	248	245
PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	PerugiaO3mediamobile8hParcoCortonese	Correlazione di Pearson	,001	,176**	-,194**	-,310**	,130*	1
		Sign. (a due code)	,982	,007	,002	<.001	,041	
		N	237	234	243	239	245	251

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 76: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Perugia

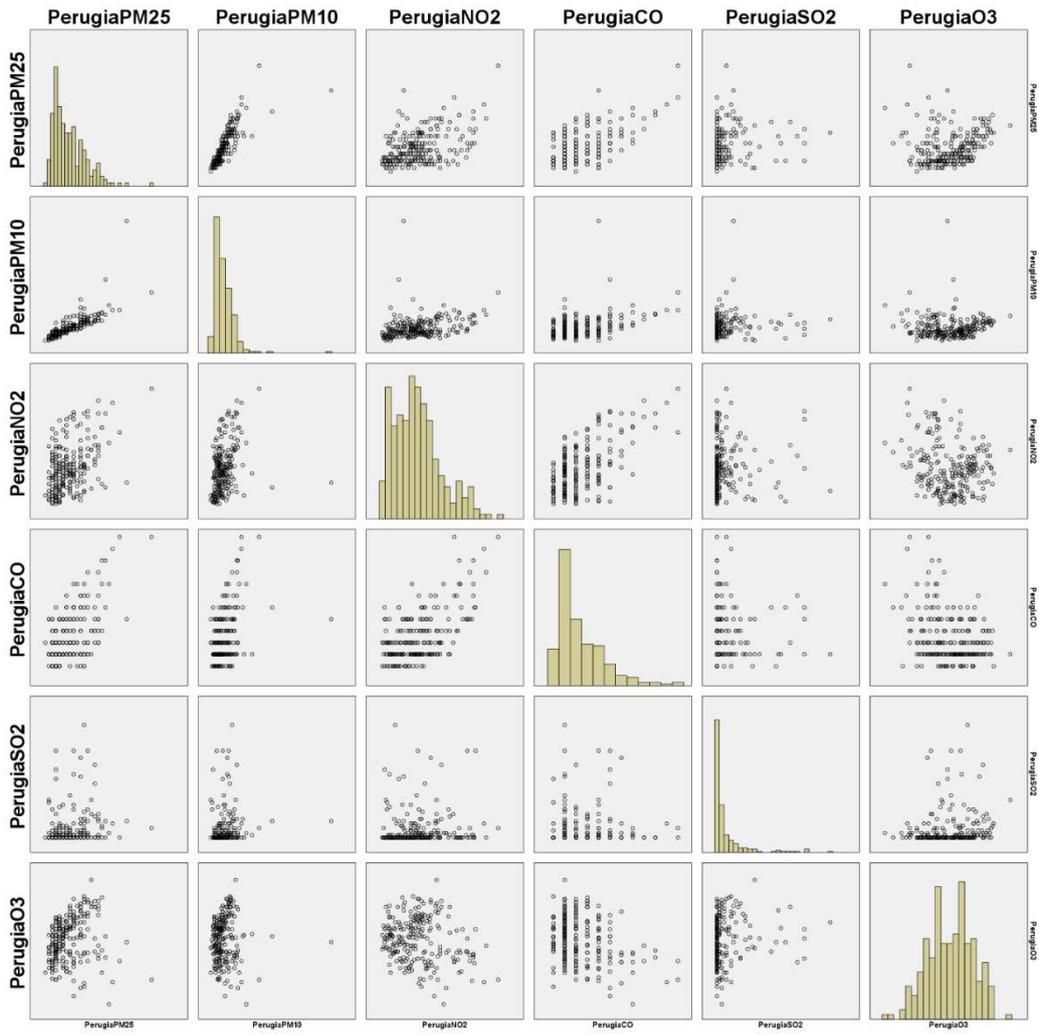


Gráfico 28: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Perugia

Dalla matrice dei grafici a dispersione si nota, ad eccezione dell'ottima relazione lineare tra le polveri sottili, una scarsa correlazione lineare tra i vari contaminanti analizzati,

6.2.15. VALLE D'AOSTA



Figura 21: Inquadramento delle centraline ARPA analizzate nella regione Valle d'Aosta

Nella mappa a fianco si può notare come si sia scelto di analizzare la centralina installata nella città di Aosta (Arpa Valle d'Aosta), in via Linconi. Gli andamenti presenti nella figura sottostante fanno riferimento all'intero anno 2020. La curva rossa dei contagi della provincia di Aosta evidenzia la presenza delle due ondate di diffusione del virus covid 19; la seconda a livello numerico risulta avere un'intensità superiore rispetto al periodo primaverile del 2020. Da sottolineare la presenza di un dato negativo nei contagi nel mese di dicembre dovuto ad un'errata compilazione nel sito Git Hub.

del 2020. Da sottolineare la presenza di un dato negativo nei contagi nel mese di dicembre dovuto ad un'errata compilazione nel sito Git Hub.

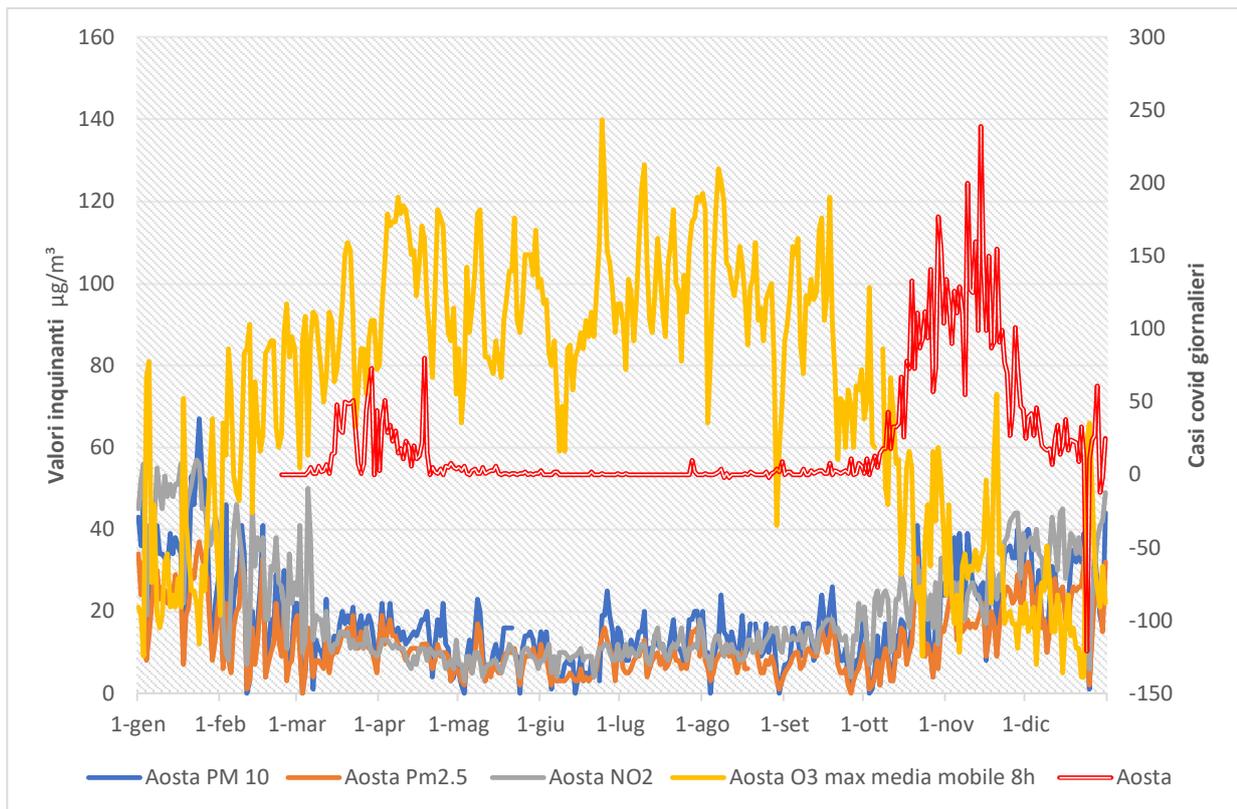


Grafico 29: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Aosta

Analizzando l'output ottenuto tramite SPSS, si nota nel periodo invernale, in cui non è prevista alcuna restrizione, un'assenza di correlazione significativa. Durante il lockdown, che tiene conto sia dei giorni presenti nel mese di marzo, che quelli della parte finale di dicembre (zona rossa e

arancione), si può notare una correlazione significativa tra i contagi e gli inquinanti PM_{2,5} e O₃. La tendenza di questi ultimi contaminanti è crescente così come il numero di contagi nel periodo di lockdown.

Correlazioni

VALORIGIORNALIERI (Raccolto): Inverno

mis_cont			AostaPM10	AostaPm2.5	AostaNO2	AostaO3max mediamobile 8h	Aosta
No restrizioni	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,964**	,716**	-,789**	,027
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,926
		N	68	68	68	68	14
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,964**	1	,750**	-,782**	,128
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,663
		N	68	68	68	68	14
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,716**	,750**	1	-,850**	,445
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,111
		N	68	68	68	68	14
	AostaO3maxmediamobile e8h	Correlazione di Pearson	-,789**	-,782**	-,850**	1	,019
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,950
		N	68	68	68	68	14
	Aosta	Correlazione di Pearson	,027	,128	,445	,019	1
		Sign. (a due code)	,926	,663	,111	,950	
		N	14	14	14	14	14
Lockdown	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,956**	,384	,364	,479
		Sign. (a due code)		<.001	,195	,222	,098
		N	13	13	13	13	13
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,956**	1	,251	,508	,657*
		Sign. (a due code)	<.001		,408	,076	,015
		N	13	13	13	13	13
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,384	,251	1	-,239	-,306
		Sign. (a due code)	,195	,408		,432	,309
		N	13	13	13	13	13
	AostaO3maxmediamobile e8h	Correlazione di Pearson	,364	,508	-,239	1	,677*
		Sign. (a due code)	,222	,076	,432		,011
		N	13	13	13	13	13
	Aosta	Correlazione di Pearson	,479	,657*	-,306	,677*	1
		Sign. (a due code)	,098	,015	,309	,011	
		N	13	13	13	13	13

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 77: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo invernale

La stagione primaverile presenta una correlazione significativa e positiva tra gli inquinanti e i contagi nel periodo di lockdown; questo risultato supporta l'ipotesi iniziale di diffusione del virus in contemporanea alla crescita dell'inquinamento atmosferico.

Nell'intervallo di tempo senza restrizioni, quindi verso la fine di maggio e l'inizio di giugno, si osserva una correlazione significativa e positiva solo per PM_{2,5} e O₃ con un numero di contagi ridotto a dei valori molto bassi.

Correlazioni

VALORIGIORNALIERI (Raccolto): Primavera

mis_cont			AostaPM10	AostaPm2.5	AostaNO2	AostaO3max mediamobile 8h	Aosta
No restrizioni	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,918**	,452*	,664**	,301
		Sign. (a due code)		<.001	,011	<.001	,100
		N	31	31	31	31	31
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,918**	1	,315	,794**	,367*
		Sign. (a due code)	<.001		,079	<.001	,039
		N	31	32	32	32	32
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,452*	,315	1	,124	-,143
		Sign. (a due code)	,011	,079		,500	,436
		N	31	32	32	32	32
	AostaO3maxmediamobil e8h	Correlazione di Pearson	,664**	,794**	,124	1	,351*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,500		,049
		N	31	32	32	32	32
Aosta	Correlazione di Pearson	,301	,367*	-,143	,351*	1	
	Sign. (a due code)	,100	,039	,436	,049		
	N	31	32	32	32	32	
Lockdown	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,883**	,600**	,509**	,350**
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,006
		N	60	60	60	60	60
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,883**	1	,674**	,462**	,437**
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001
		N	60	60	60	60	60
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,600**	,674**	1	,175	,481**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		,181	<.001
		N	60	60	60	60	60
	AostaO3maxmediamobil e8h	Correlazione di Pearson	,509**	,462**	,175	1	,118
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,181		,370
		N	60	60	60	60	60
	Aosta	Correlazione di Pearson	,350**	,437**	,481**	,118	1
		Sign. (a due code)	,006	<.001	<.001	,370	
		N	60	60	60	60	60

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 78: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo primaverile

Nel periodo estivo l'Ozono risulta avere un aumento dei valori di concentrazione e questo è visibile nella correlazione negativa con la diminuzione dei casi giornalieri. NO₂ seppur abbia un andamento simile alle polveri, è l'unico composto che presenta una correlazione significativa con la

diffusione dei contagi. In questo particolare caso sia le emissioni del biossido che la curva dei contagi si trovano in un intervallo caratterizzato da bassi valori.

Correlazioni

VALORIGIORNALIERI (Raccolto): Estate

mis_cont			AostaPM10	AostaPm2.5	AostaNO2	AostaO3max mediamobile 8h	Aosta
No restrizioni	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,853**	,338**	,530**	,117
		Sign. (a due code)		<.001	,001	<.001	,272
		N	90	89	90	90	90
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,853**	1	,333**	,619**	,106
		Sign. (a due code)	<.001		,001	<.001	,316
		N	89	91	91	91	91
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,338**	,333**	1	-,019	,212*
		Sign. (a due code)	,001	,001		,860	,043
		N	90	91	92	92	92
AostaO3maxmediamobil e8h	Correlazione di Pearson	,530**	,619**	-,019	1	-,097	
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	,860		,356	
	N	90	91	92	92	92	
Aosta	Correlazione di Pearson	,117	,106	,212*	-,097	1	
	Sign. (a due code)	,272	,316	,043	,356		
	N	90	91	92	92	92	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 79: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo estivo

Per il periodo autunnale è necessario andare a differenziare la situazione restrittiva in base al colore della regione:

- I giorni in cui la regione era stata definita con i colori arancioni (dal 6/12 al 23/12 e dal 28/12 al 30/12) e rossi (dal 04/11 al 5/12, dal 24/12 al 27/12 e il 31/12) è stata etichettata nello studio come “lockdown”.

Si può notare dalla tabella presente di seguito una correlazione significativa tra tutti i contaminanti analizzati e la diffusione dei casi nel periodo di assenza di restrizioni. Gli inquinanti tendono ad aumentare in questo periodo autunnale, in contemporanea all'aumento dei contagi riferiti alla seconda ondata. Solamente l'ozono ha un andamento decrescente in questo intervallo temporale, in quanto viene indicato come inquinante del “bel tempo”, quindi presente in maggior concentrazione durante l'estate.

Non essendosi verificate situazioni di zone gialle per questa regione, tutto il periodo che va da inizio novembre fino al 21 dicembre è stato definito come lockdown. L'andamento dei casi di

contagiati nella parte finale della stagione autunnale risulta decrescente; al contrario i contaminanti come NO₂ e il PM_{2,5} mostrano dei valori crescenti e una correlazione significativa ma negativa.

Correlazioni

VALORIGIORNALIERI (Raccolto): Autunno

mis_cont			AostaPM10	AostaPm2.5	AostaNO2	AostaO3max mediamobile 8h	Aosta
No restrizioni	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,979**	,837**	-,792**	,339*
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,020
		N	47	47	47	45	47
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,979**	1	,837**	-,846**	,348*
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,017
		N	47	47	47	45	47
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,837**	,837**	1	-,814**	,347*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,017
		N	47	47	47	45	47
	AostaO3maxmediamobile e8h	Correlazione di Pearson	-,792**	-,846**	-,814**	1	-,394**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,007
		N	45	45	45	45	45
Aosta	Correlazione di Pearson	,339*	,348*	,347*	-,394**	1	
	Sign. (a due code)	,020	,017	,017	,007		
	N	47	47	47	45	47	
Lockdown	AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,850**	,555**	-,638**	,212
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	,132
		N	52	52	52	52	52
	AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,850**	1	,714**	-,730**	-,124
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	,371
		N	52	54	54	54	54
	AostaNO2	Correlazione di Pearson	,555**	,714**	1	-,704**	-,302*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	,026
		N	52	54	54	54	54
	AostaO3maxmediamobile e8h	Correlazione di Pearson	-,638**	-,730**	-,704**	1	,101
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		,468
		N	52	54	54	54	54
	Aosta	Correlazione di Pearson	,212	-,124	-,302*	,101	1
		Sign. (a due code)	,132	,371	,026	,468	
		N	52	54	54	54	54

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 80: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Aosta durante il periodo autunnale

Nella parte seguente viene effettuata un'analisi di correlazione per osservare la relazione tra i diversi inquinanti, senza considerare la suddivisione in base alle stagioni e al lockdown. Tra di loro risultano tutti fortemente correlati; in particolare la relazione risulta positiva tra entrambe le

tipologie di particolato e il biossido di zolfo. L'ozono, per contro, mostra un andamento opposto ed una relazione negativa rispetto agli altri contaminanti.

Correlazioni

		AostaPM10	AostaPm2.5	AostaNO2	AostaO3max mediamobile 8h
AostaPM10	Correlazione di Pearson	1	,955**	,765**	-,596**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001
	N	361	360	361	359
AostaPm2.5	Correlazione di Pearson	,955**	1	,796**	-,634**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001
	N	360	365	365	363
AostaNO2	Correlazione di Pearson	,765**	,796**	1	-,780**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001
	N	361	365	366	364
AostaO3max mediamobil e8h	Correlazione di Pearson	-,596**	-,634**	-,780**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	
	N	359	363	364	364

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 81: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Aosta

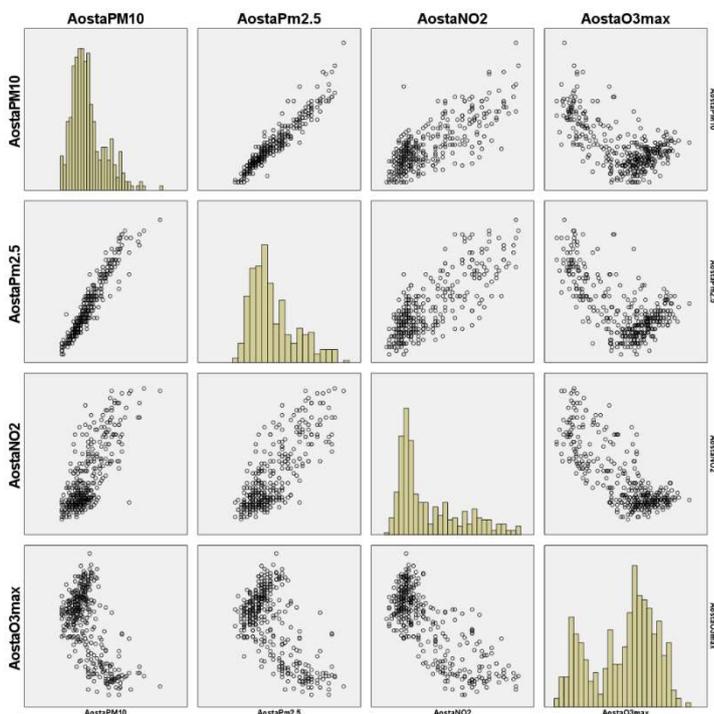
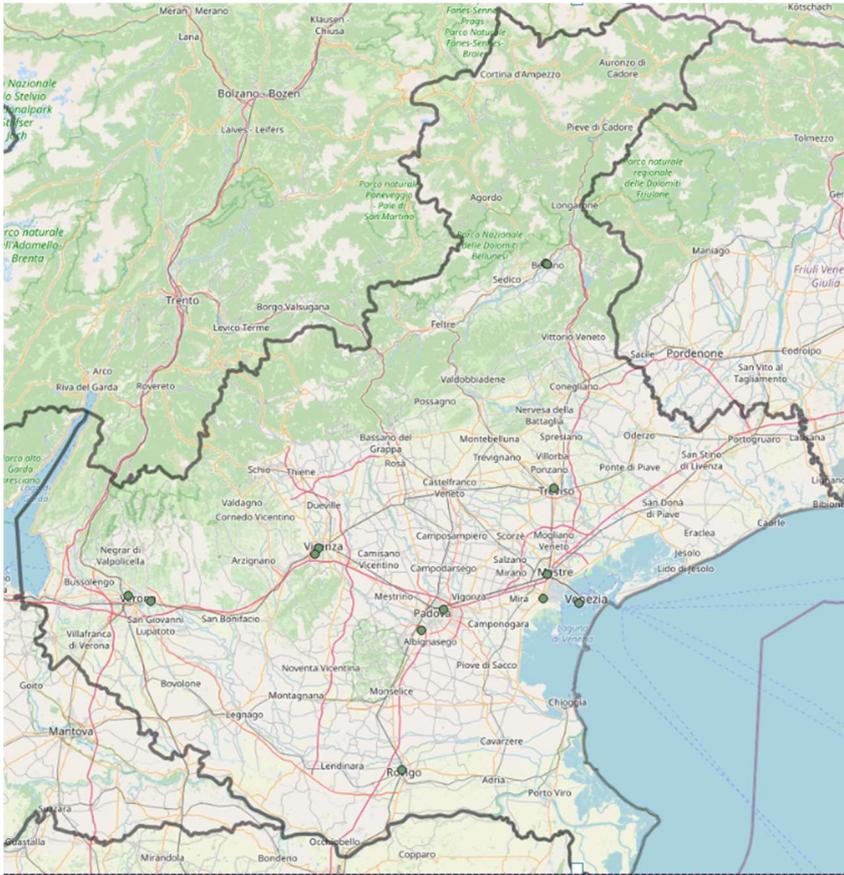


Grafico 30: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Aosta

La matrice dei grafici di dispersione evidenzia come per quasi tutte le regioni, la disposizione dei punti riferiti alle polveri sottili si attesti sulla retta di regressione lineare. Per gli altri parametri esistono delle buone correlazioni lineari tra i particolati e NO₂ (come già indicato in precedenza) e tra O₃-NO₂; in quest'ultimo caso i punti di dispersioni sono posizionati lungo la retta di regressione lineare con coefficiente angolare negativo.

6.2.16. VENETO



L'inquadratura territoriale a fianco mostra le diverse centraline da cui sono stati ricavati i dati per l'analisi. Le stazioni indicate sono ubicate nei diversi capoluoghi di provincia. Esse si trovano esattamente a: Belluno (presso Parco Città di Bologna), Padova (in via Carli), Rovigo (in Largo Martiri), Treviso (in via Lancieri), Venezia (in via Lago di Garda), Verona (via Belluno) e Vicenza (in via Baracca). Per l'analisi di dati si è scelto di raffigurare come esempio i

Figura 22: Inquadratura delle centraline ARPA analizzate nella regione Veneto

risultati ottenuto presso la stazione della città di Verona.

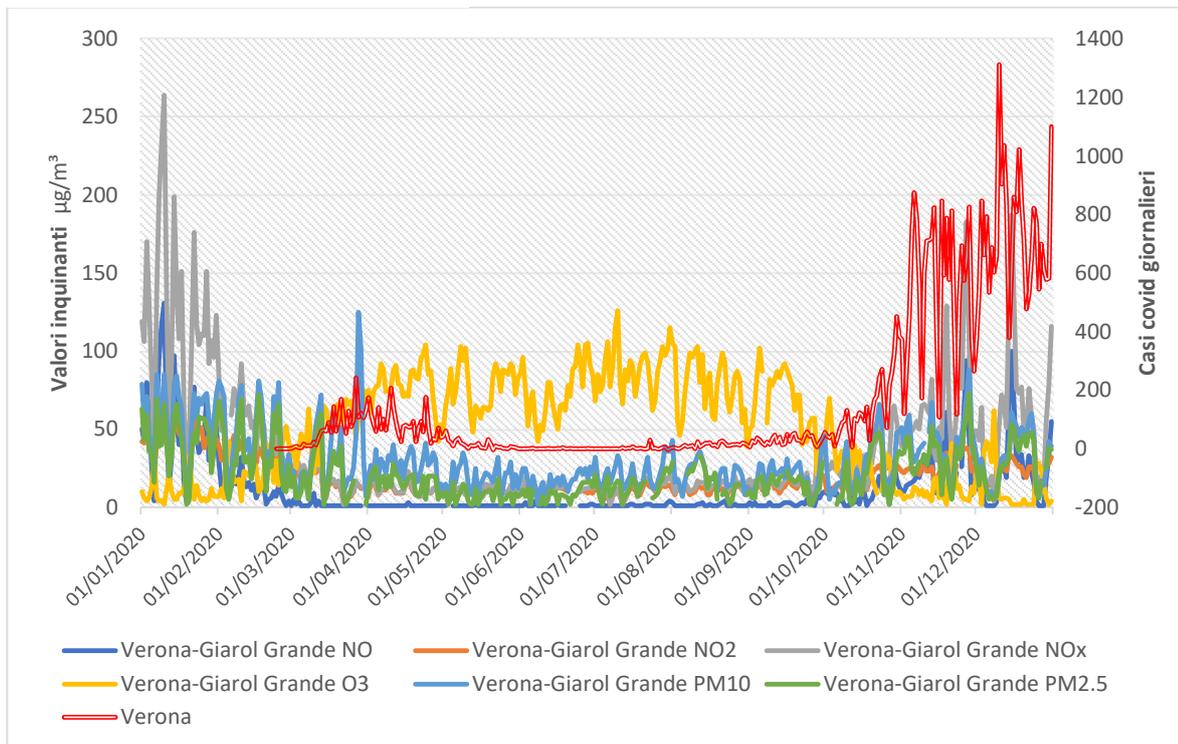


Grafico 31: Andamento delle concentrazioni di inquinanti e dei casi di contagio dovuti al virus Covid nella provincia di Verona

L'andamento dei casi covid indicato con la curva rossa mostra, come per le altre regioni, i periodi delle due ondate primaverile e autunnale. Quello che si nota è che, a differenza di altre regioni, il trend verso la fine dell'anno non è decrescente ma tende a risultare in aumento. Il periodo analizzato comprende tutto l'anno 2020 e di conseguenza bisognerà distinguere i periodi di zona gialla, rossa o arancione. A partire dal 6 novembre fino al 24 dicembre la regione è stata etichettata come "zona gialla", semplificata con "non restrittiva" per questo elaborato. Dal 24 dicembre al 27 è stata definita la zona rossa, come anche per il 31 dicembre, mentre dal 27 al 30 dicembre zona arancio: questi due periodi vanno sotto l'etichetta di "lockdown".

Correlazioni

Data (Raccolto): Inverno

mis_con			VeronaGiarol GrandePM10	VeronaGiarol GrandePM2.5	VeronaGiarol GrandeNO2	VeronaGiarol GrandeNO	VeronaGiarol GrandeNOx	VeronaGiarol GrandeO3	Verona
No Restrizioni	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,979**	,669**	,617**	,648**	-,806**	-,452
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,105
		N	68	68	67	67	67	68	14
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,979**	1	,609**	,536**	,569**	-,774**	-,335
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,242
		N	68	68	67	67	67	68	14
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,669**	,609**	1	,815**	,878**	-,862**	-,376
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	,185
		N	67	67	67	67	67	67	14
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,617**	,536**	,815**	1	,993**	-,704**	-,516
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	,059
		N	67	67	67	67	67	67	14
	VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,648**	,569**	,878**	,993**	1	-,759**	-,461
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	,097
		N	67	67	67	67	67	67	14
	VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	-,806**	-,774**	-,862**	-,704**	-,759**	1	,215
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		,461
		N	68	68	67	67	67	68	14
Verona	Correlazione di Pearson	-,452	-,335	-,376	-,516	-,461	,215	1	
	Sign. (a due code)	,105	,242	,185	,059	,097	,461		
	N	14	14	14	14	14	14	14	
Lockdown	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,956**	,586*	,066	,501	-,514	,140
		Sign. (a due code)		<.001	,045	,838	,097	,088	,665
		N	12	12	12	12	12	12	12
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,956**	1	,689**	,210	,614*	-,633*	-,014
		Sign. (a due code)	<.001		,009	,492	,025	,020	,965
		N	12	13	13	13	13	13	13
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,586*	,689**	1	,683*	,982**	-,894**	-,523
		Sign. (a due code)	,045	,009		,010	<.001	<.001	,066
		N	12	13	13	13	13	13	13
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,066	,210	,683*	1	,802**	-,752**	-,430
		Sign. (a due code)	,838	,492	,010		<.001	,003	,142
		N	12	13	13	13	13	13	13
	VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,501	,614*	,982**	,802**	1	-,906**	-,520
		Sign. (a due code)	,097	,025	<.001	<.001		<.001	,069
		N	12	13	13	13	13	13	13
	VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	-,514	-,633*	-,894**	-,752**	-,906**	1	,519
		Sign. (a due code)	,088	,020	<.001	,003	<.001		,069
		N	12	13	13	13	13	13	13
Verona	Correlazione di Pearson	,140	-,014	-,523	-,430	-,520	,519	1	
	Sign. (a due code)	,665	,965	,066	,142	,069	,069		
	N	12	13	13	13	13	13	13	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 82: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo invernale

La tabella della stagione invernale mostra un'assenza di significatività tra dati covid e inquinamento atmosferico. Nel periodo senza restrizioni i coefficienti risultano essere positivi (ad eccezione dell'ozono), di conseguenza, ad un andamento crescente dei contagi dovuto alla prima ondata, corrisponde un andamento oscillante dei contaminanti, mentre il trend delle concentrazioni di ozono risulta crescente. La situazione risulta simile per il lockdown invernale dove è presente un'assenza di significatività per tutti i contaminanti. Per quanto riguarda la correlazione risulta essere quasi assente per le polveri mentre più consistente per gli altri composti chimici. Il coefficiente di quest'ultimi risulta negativo, tranne che per l'ozono. L'andamento crescente dei contagi durante il lockdown si contrappone al trend decrescente delle concentrazioni, andando così ad avallare l'ipotesi iniziale.

Correlazioni

Data (Raccolto): Primavera

mis_con			VeronaGiarol GrandePM10	VeronaGiarol GrandePM2.5	VeronaGiarol GrandeNO2	VeronaGiarol GrandeNO	VeronaGiarol GrandeNOx	VeronaGiarol GrandeO3	Verona
No Restrizioni	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,707**	,356	,069	,346	,449**	,330
		Sign. (a due code)		<.001	,053	,718	,061	,010	,065
		N	32	30	30	30	30	32	32
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,707**	1	,190	-,128	,142	,208	,181
		Sign. (a due code)	<.001		,333	,515	,471	,270	,338
		N	30	30	28	28	28	30	30
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,356	,190	1	,042	,958**	-,173	,019
		Sign. (a due code)	,053	,333		,827	<.001	,360	,919
		N	30	28	30	30	30	30	30
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,069	-,128	,042	1	,204	-,249	-,242
		Sign. (a due code)	,718	,515	,827		,280	,184	,198
		N	30	28	30	30	30	30	30
VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,346	,142	,958**	,204	1	-,252	-,016	
	Sign. (a due code)	,061	,471	<.001	,280		,178	,933	
	N	30	28	30	30	30	30	30	
VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	,449**	,208	-,173	-,249	-,252	1	,391*	
	Sign. (a due code)	,010	,270	,360	,184	,178		,027	
	N	32	30	30	30	30	32	32	
Verona	Correlazione di Pearson	,330	,181	,019	-,242	-,016	,391*	1	
	Sign. (a due code)	,065	,338	,919	,198	,933	,027		
	N	32	30	30	30	30	32	32	
Lockdown	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,768**	,346**	,037	,270*	,049	,322*
		Sign. (a due code)		<.001	,009	,784	,044	,709	,012
		N	60	56	56	56	56	60	60
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,768**	1	,348*	,107	,333*	,319*	,236
		Sign. (a due code)	<.001		,011	,446	,015	,017	,079
		N	56	56	53	53	53	56	56
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,346**	,348*	1	,323*	,979**	-,103	,151
		Sign. (a due code)	,009	,011		,015	<.001	,450	,266
		N	56	53	56	56	56	56	56
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,037	,107	,323*	1	,410**	-,051	-,049
		Sign. (a due code)	,784	,446	,015		,002	,709	,720
		N	56	53	56	56	56	56	56
VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,270*	,333*	,979**	,410**	1	-,148	,153	
	Sign. (a due code)	,044	,015	<.001	,002		,277	,260	
	N	56	53	56	56	56	56	56	
VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	,049	,319*	-,103	-,051	-,148	1	,003	
	Sign. (a due code)	,709	,017	,450	,709	,277		,981	
	N	60	56	56	56	56	60	60	
Verona	Correlazione di Pearson	,322*	,236	,151	-,049	,153	,003	1	
	Sign. (a due code)	,012	,079	,266	,720	,260	,981		
	N	60	56	56	56	56	60	60	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 83: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo primaverile

Nell'intero periodo primaverile come per quello invernale la significatività tra i parametri considerati non appare evidente. Durante il lasso di tempo non restrittivo solamente l'ozono risulta avere una discreta correlazione positiva che si traduce in un trend decrescente nel periodo di tempo pre-estivo, che si sviluppa contemporaneamente a quello dei contagi. Nel lockdown primaverile invece solamente il particolato mostra una discreta significatività: l'andamento decrescente nella seconda metà del periodo considerato si sviluppa in contemporanea a quello delle polveri, mostrando così un trend in cui le concentrazioni risultano diminuire a seguito delle restrizioni imposte. Quanto detto potrebbe però essere in realtà dovuto maggiormente allo spegnimento dei riscaldamenti domestici, tra le principali sorgenti di emissione del particolato.

Correlazioni

Data (Raccolto): Estate

mis_con			VeronaGiarol GrandePM10	VeronaGiarol GrandePM2.5	VeronaGiarol GrandeNO2	VeronaGiarol GrandeNO	VeronaGiarol GrandeNOx	VeronaGiarol GrandeO3	Verona
No Restrizioni	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,836**	,384**	,358**	,423**	,577**	,074
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,486
		N	90	79	87	87	87	89	90
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,836**	1	,358**	,255*	,406**	,384**	,160
		Sign. (a due code)	<.001		,001	,024	<.001	<.001	,155
		N	79	81	78	78	78	80	81
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,384**	,358**	1	,424**	,946**	-,046	,393**
		Sign. (a due code)	<.001	,001		<.001	<.001	,671	<.001
		N	87	78	89	89	89	88	89
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,358**	,255*	,424**	1	,621**	,241*	,162
		Sign. (a due code)	<.001	,024	<.001		<.001	,024	,130
		N	87	78	89	89	89	88	89
	VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,423**	,406**	,946**	,621**	1	,050	,427**
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		,643	<.001
		N	87	78	89	89	89	88	89
	VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	,577**	,384**	-,046	,241*	,050	1	-,219*
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	,671	,024	,643		,037
		N	89	80	88	88	88	91	91
Verona		Correlazione di Pearson	,074	,160	,393**	,162	,427**	-,219*	1
		Sign. (a due code)	,486	,155	<.001	,130	<.001	,037	
		N	90	81	89	89	89	91	92

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).
* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

Tabella 84: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo estivo

In estate si può notare dalla tabella come vi siano contaminanti altamente significativi e correlati rispetto ad altri con scarsa correlazione e non significativi. Mentre le polveri non risultano avere una forte relazione con i dati covid, al contrario per NO₂ e NO_x il coefficiente è significativo e consente di dire che alla diminuzione estiva dei contagi, avviene in parallelo la diminuzione delle loro concentrazioni. Per l'ozono invece la correlazione è negativa in quanto essendo un contaminante che raggiunge i massimi valori in estate, si contrappone ai bassi contagi estivi.

Correlazioni

Data (Raccolto): Autunno

mis_con			VeronaGiarol GrandePM10	VeronaGiarol GrandePM2.5	VeronaGiarol GrandeNO2	VeronaGiarol GrandeNO	VeronaGiarol GrandeNOx	VeronaGiarol GrandeO3	Verona	
No Restrizioni	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,976**	,694**	,555**	,605**	-,715**	,309**	
		Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	,003	
		N	92	87	91	91	91	91	92	
	VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,976**	1	,698**	,598**	,639**	-,722**	,326**	
		Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	,002	
		N	87	88	87	87	87	87	88	
	VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,694**	,698**	1	,755**	,836**	-,819**	,539**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001	
		N	91	87	92	92	92	91	92	
	VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,555**	,598**	,755**	1	,991**	-,601**	,455**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001	
		N	91	87	92	92	92	91	92	
	VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,605**	,639**	,836**	,991**	1	-,668**	,489**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001	
		N	91	87	92	92	92	91	92	
	VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	-,715**	-,722**	-,819**	-,601**	-,668**	1	-,552**	
		Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001	
		N	91	87	91	91	91	92	92	
	Verona	Correlazione di Pearson	,309**	,326**	,539**	,455**	,489**	-,552**	1	
		Sign. (a due code)	,003	,002	<.001	<.001	<.001	<.001		
		N	92	88	92	92	92	92	93	
	Lockdown	VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,999**	,867**	,749*	,794*	-,917**	,447
			Sign. (a due code)		<.001	,005	,032	,019	,001	,267
			N	8	7	8	8	8	8	8
VeronaGiarolGrandePM2.5		Correlazione di Pearson	,999**	1	,869*	,733	,783*	-,953**	,425	
		Sign. (a due code)	<.001		,011	,061	,037	<.001	,341	
		N	7	7	7	7	7	7	7	
VeronaGiarolGrandeNO2		Correlazione di Pearson	,867**	,869*	1	,903**	,941**	-,895**	,448	
		Sign. (a due code)	,005	,011		,002	<.001	,003	,265	
		N	8	7	8	8	8	8	8	
VeronaGiarolGrandeNO		Correlazione di Pearson	,749*	,733	,903**	1	,995**	-,732*	,638	
		Sign. (a due code)	,032	,061	,002		<.001	,039	,089	
		N	8	7	8	8	8	8	8	
VeronaGiarolGrandeNOx		Correlazione di Pearson	,794*	,783*	,941**	,995**	1	-,782*	,614	
		Sign. (a due code)	,019	,037	<.001	<.001		,022	,105	
		N	8	7	8	8	8	8	8	
VeronaGiarolGrandeO3		Correlazione di Pearson	-,917**	-,953**	-,895**	-,732*	-,782*	1	-,277	
		Sign. (a due code)	,001	<.001	,003	,039	,022		,507	
		N	8	7	8	8	8	8	8	
Verona		Correlazione di Pearson	,447	,425	,448	,638	,614	-,277	1	
		Sign. (a due code)	,267	,341	,265	,089	,105	,507		
		N	8	7	8	8	8	8	8	

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

* La correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code).

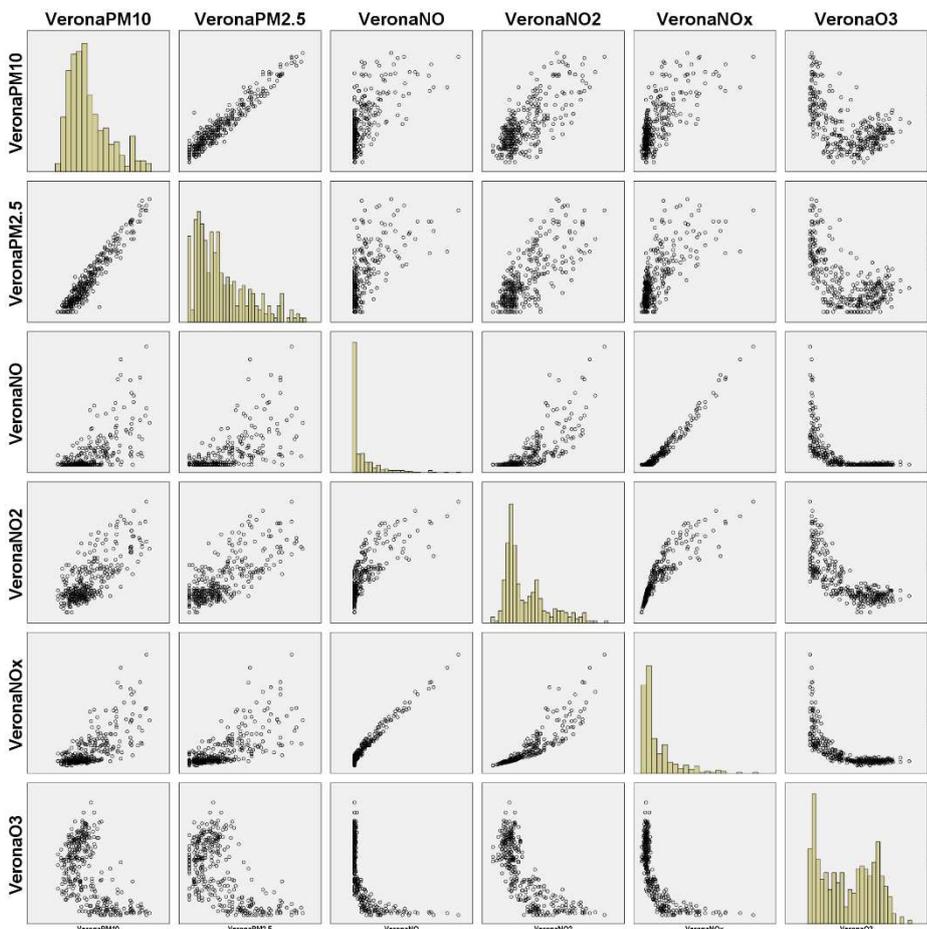
Tabella 85: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera e dati giornalieri dei contagi nella Provincia di Verona durante il periodo autunnale

Per quanto riguarda l'autunno a causa dell'esigua numerosità dei giorni di lockdown presenti in questa stagione si trascura perciò l'analisi di questo sottogruppo. Concentrandosi sul sottogruppo dei giorni "senza restrizioni", si noti come i contagi e gli inquinanti abbiano una correlazione significativa tra di loro. Essa risulta essere una buona correlazione positiva, ad eccezione dell'ozono, indicando perciò come all'aumentare dei casi totali di covid, avvenga una crescita delle concentrazioni dei contaminanti dovuta sia al funzionamento dei riscaldamenti che al funzionamento delle industrie. L'ozono invece segue la propria stagionalità diminuendo di concentrazione nelle stagioni più fredde e con meno luce.

		Correlazioni					
		VeronaGiarol GrandePM10	VeronaGiarol GrandePM2.5	VeronaGiarol GrandeNO	VeronaGiarol GrandeNO2	VeronaGiarol GrandeNOx	VeronaGiarol GrandeO3
VeronaGiarolGrandePM10	Correlazione di Pearson	1	,961**	,602**	,693**	,656**	-,493**
	Sign. (a due code)		<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	362	339	351	351	351	360
VeronaGiarolGrandePM2.5	Correlazione di Pearson	,961**	1	,648**	,739**	,706**	-,604**
	Sign. (a due code)	<.001		<.001	<.001	<.001	<.001
	N	339	343	333	333	333	341
VeronaGiarolGrandeNO	Correlazione di Pearson	,602**	,648**	1	,793**	,983**	-,622**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001		<.001	<.001	<.001
	N	351	333	355	355	355	353
VeronaGiarolGrandeNO2	Correlazione di Pearson	,693**	,739**	,793**	1	,890**	-,749**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001		<.001	<.001
	N	351	333	355	355	355	353
VeronaGiarolGrandeNOx	Correlazione di Pearson	,656**	,706**	,983**	,890**	1	-,688**
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001		<.001
	N	351	333	355	355	355	353
VeronaGiarolGrandeO3	Correlazione di Pearson	-,493**	-,604**	-,622**	-,749**	-,688**	1
	Sign. (a due code)	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	
	N	360	341	353	353	353	364

** La correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code).

Tabella 86: Output dell'analisi di correlazione tra inquinanti presenti in atmosfera nella Provincia di Verona



Come si può osservare nella matrice dei grafici a dispersione tutti i parametri presentano una buona correlazione lineare tra di loro. In particolare, i punti che risultano essere dispersi lungo la retta di regressione lineare, appartengono ai grafici delle polveri sottili e degli ossidi di azoto.

Grafico 32: Matrice dei grafici a dispersione e istogrammi degli inquinanti considerati per la provincia di Verona

6.3. APPROFONDIMENTO SULLA PIANURA PADANA

Nell'analisi dei dati svolta in precedenza si è notato come per alcune regioni si sia deciso di estendere l'intervallo a tutto l'anno 2020. Ciò è stato effettuato per poter osservare il comportamento dei contaminanti e dei contagi nel periodo autunnale, che risulta di particolare interesse. Come indicato in precedenza, su disposizione dello Stato italiano, si è optato per differenziare le regioni, a partire dal 6 novembre, in base al colore stabilito. Per semplificare questo provvedimento, nell'elaborato si è deciso così di raggruppare all'interno del sottogruppo "lockdown" tutte le misure ottenute durante le giornate in cui la regione è stata identificata come zona rossa e zona arancione; per contro, in situazioni di zona gialla, le misure sono state inserite nella categoria "no restrizioni".

Nel periodo autunno/inverno i valori di concentrazione delle polveri sottili risultano essere più elevati. I motivi di questo sono diversi ma i più rilevanti riguardano: l'aggiunta all'emissioni usuali (traffico, industrie etc...) di quelle legate al riscaldamento domestico e le condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli per la dispersione dei contaminanti. Andando verso la stagione invernale si verifica la presenza di una vasta area anticiclonica stabile sul nord Italia che favorisce la formazione di condizioni di inversione termica (la temperatura aumenta invece che diminuire con la quota), in particolare nelle ore notturne. In queste condizioni, che spesso persistono per l'intera giornata, lo strato di atmosfera nel quale si possono disperdere gli inquinanti è assai limitato; si ha così la formazione di aree inquinate, specie in prossimità dei centri urbani. Nei mesi estivi, grazie all'intensa radiazione solare e alla presenza di un campo anticiclonico consolidato, gli strati superficiali dell'atmosfera risultano interessati da fenomeni di rimescolamento turbolento: gli inquinanti immessi in prossimità del suolo sono diluiti su un volume molto maggiore rispetto a quello del periodo invernale, e ciò fa sì che le loro concentrazioni in aria siano generalmente basse.

Si vanno ora ad osservare le tabelle ottenute dall'analisi dei dati, per le regioni che costituiscono la pianura padana ossia Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto. Analizzando i risultati ottenuti negli output, riferiti alla stagione autunnale, essi mostrano un'ottima significatività nella relazione tra la diffusione dei contagi e l'inquinamento atmosferico. Nel periodo di assenza di restrizioni (contando quindi anche le zone gialle) si nota una buona correlazione lineare tra gli inquinanti prodotti dal traffico veicolare, dall'attività industriale e dal riscaldamento domestico. Essi tendono ad avere un andamento delle concentrazioni crescente a partire dalla fine dell'estate che si sviluppa in parallelo con la seconda ondata di contagi. L'unico inquinante che mostra la presenza di una correlazione ma con segno negativo è l'ozono, che come già indicato risulta avere

concentrazioni più alte durante i mesi estivi. Il motivo di quanto detto è che tale contaminante è un inquinante secondario che si forma a seguito di reazioni che avvengono in presenza di un'intensa radiazione solare ed elevate temperature.

Se si analizza invece il lockdown autunnale, i risultati appaiono meno evidenti. In molti casi quelli legati alla relazione covid-inquinamento non presentano significatività o presentano una scarsa correlazione (in particolar modo per la regione Emilia-Romagna). Si può comunque osservare una buona correlazione tra le polveri sottili e l'andamento dei contagi in questo periodo di chiusura; quanto detto si può interpretare definendo il particolato atmosferico come *carrier*, ossia il vettore di trasporto per molti contaminanti chimici e biologici, inclusi i virus. I virus si "attaccano" (con un processo di coagulazione) al particolato atmosferico, costituito da particelle solide e/o liquide in grado di rimanere in atmosfera anche per ore, giorni o settimane, i quali si possono diffondere ed essere trasportati anche per lunghe distanze. In contrapposizione a quanto indicato, i risultati mostrano però che la chiusura effettuata durante il periodo autunnale non abbia portato ad un trend decrescente consistente, andando a confutare l'ipotesi di miglioramento della qualità dell'aria durante il lockdown.

7. CONCLUSIONI

L'analisi dei dati, ricavati dalle centraline tramite i siti ARPA delle varie regioni, ha mostrato diversi risultati interessanti.

L'andamento dei contaminanti durante l'intero anno 2020, per la maggior parte dell'arco temporale, non ha subito delle grosse variazioni a seguito dei periodi di chiusura, andando a confutare parzialmente l'idea di partenza, che prevedeva una riduzione delle emissioni a seguito della chiusura imposta dal governo. Nello sviluppo dell'elaborato in molti casi si è riscontrata una correlazione non particolarmente significativa tra la diffusione dei contagi e le concentrazioni presenti in atmosfera. Quanto sottolineato induce ad ipotizzare che l'influenza principale sulle oscillazioni delle concentrazioni dei contaminanti nel corso dell'anno siano dovute principalmente ad altri fattori: la stagione in cui avvengono le misurazioni, i fenomeni meteorologici e le principali sorgenti. Le ultime, infatti tendono a variare a seconda della stagione; l'esempio più lampante è quello del riscaldamento domestico che risulta una delle principali fonti di emissione delle polveri sottili in atmosfera. Se si fa riferimento invece ai fenomeni meteorologici è doveroso indicare che l'ozono mostra un andamento che è influenzato dalla temperatura e dalla radiazione solare, essendo un contaminante secondario che si forma a seguito di reazioni in presenza di un'intensa luce solare ed un'alta temperatura.

Sul tema della velocità di incremento dei casi di contagio a seguito delle condizioni di inquinamento atmosferico, l'analisi di correlazione dei dati ha mostrato in molti casi una discreta relazione tra le polveri e i casi totali covid. Questa permette di ipotizzare la possibilità che il particolato atmosferico possa aver esercitato un'azione di *carrier e boost*.

In conclusione, nonostante la presenza di correlazioni abbastanza significative tra i dati covid e i contaminanti, la presenza di numerosi fattori che influenzano l'andamento dell'inquinamento atmosferico annuale induce a pensare che l'effetto dei lockdown 2020 sui contaminanti presenti in atmosfera sia stato inizialmente sovrastimato e che per rendere più respirabile l'aria presente nelle grandi città serva un approccio studiato e sistematico ed un piano a lungo termine.

Bibliografia

155, D.Lgs. n. «"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".» 13 agosto 2010.

Arpa Calabria. s.d. <http://2.228.94.230/web/guest/bollettino-generale2>.

Arpa Campania. s.d.

http://cemec.arpacampania.it/meteoambientecampania/php/pubblicazione_dati_centraline_validati.php.

Arpa Emilia-Romagna. s.d. <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/dati-qualita-aria/stazioni-fisse>.

Arpa Lazio. s.d. <https://qa.arpalazio.net/exportData.php#>.

Arpa Lombardia. s.d. <https://www.arpalombardia.it/Pages/Aria/Richiesta-Dati.aspx>.

Arpa Lombardia. s.d. <https://www.arpalombardia.it/Pages/Aria/Rete-di-rilevamento/Criteri-di-rilevamento/Tipologia-delle-stazioni.aspx?firstlevel=Ieri>.

Arpa Lombardia. s.d. [https://www.arpalombardia.it/Pages/Aria/Rete-di-rilevamento/Criteri-di-rilevamento.aspx#:~:text=Il%20personale%20tecnico%20di%20ARPA,di%20biossido%20di%20zolfo%20\(SO2\)](https://www.arpalombardia.it/Pages/Aria/Rete-di-rilevamento/Criteri-di-rilevamento.aspx#:~:text=Il%20personale%20tecnico%20di%20ARPA,di%20biossido%20di%20zolfo%20(SO2)).

Arpa Marche. s.d. <https://www.arpa.marche.it/qualita-dell-aria-oggi>.

Arpa Puglia. s.d. <http://old.arpa.puglia.it/web/guest/meta-aria>.

Arpa. «Rapporto annuale sulla qualità dell'aria nel comune di Monfalcone.» Friuli-Venezia-Giulia, 2014.

Arpa Toscana. s.d. <http://www.arpato.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/bollettini/index/regionale/18-05-2021>.

Arpa Trentino. s.d. <https://bollettino.appa.tn.it/aria/scarica>.

Arpa Umbria. s.d. <https://www.arpa.umbria.it/monitoraggi/aria/contenuto.aspx?idpagina=82>.

Arpa Valle d'Aosta. s.d. <https://www.arpa.vda.it/it/aria/la-qualit%C3%A0-dell-aria/stazioni-di-monitoraggio>.

Arpa Abruzzo. s.d. <https://sira.artaabruzzo.it/#/stazioni-fisse>.

Chiamamicittà.it. s.d. <https://www.chiamamicitta.it/rimini-qualita-dellaria-nel-mese-di-luglio-sforati-i-limiti-per-ozono/>.

Ispra. s.d. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/aria-1/qualita-dellaria>.

ISPRA. «Annuario dei dati ambientali.» *www.isprambiente.gov*. 2011.

https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/tematiche2011/03_Qualita_de llaria_2011.pdf.

Lombardia, Regione. 2018.

<https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/cittadini/salute-e-prevenzione/Sicurezza-negli-ambienti-di-vita-e-di-lavoro/inquinamento-atmosferico/inquinamento-atmosferico/>.

Meteo In Molise. s.d. <http://www.meteoinmolise.com/la-formazione-della-terra/12720/>.

Qualità dell'aria in Piemonte. s.d. <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa/consultadati.shtml>.

Regione Liguria. s.d.

<http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualAria/script/Pub2AccessoDatiAria.asp?Tipo=CinqueAnni>.

Sardegna Ambiente. s.d. <https://portal.sardegناسira.it/ricerca-centraline>.

A APPENDICE

A.1. Abruzzo

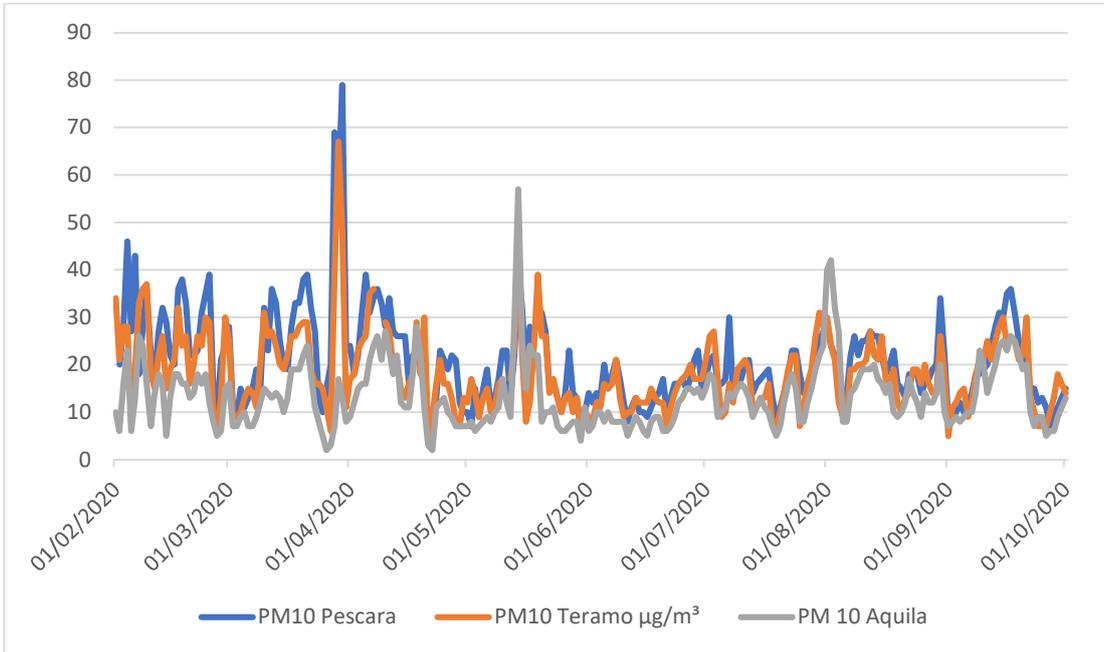


Grafico 33: Concentrazioni medie giornaliere di PM10 Abruzzo

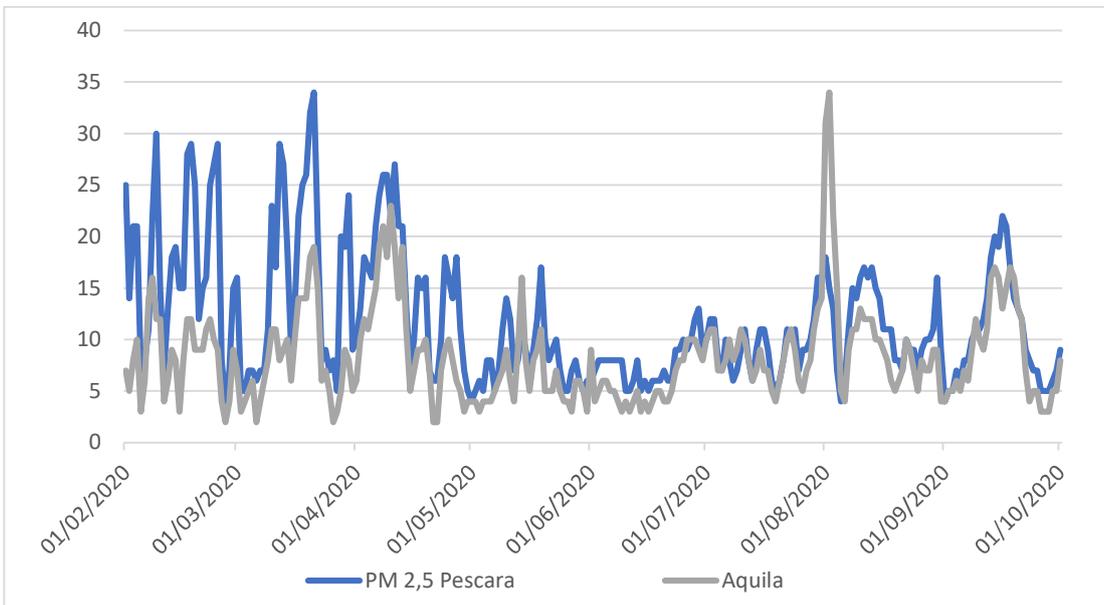


Grafico 34: Concentrazioni medie giornaliere PM 2.5 Abruzzo

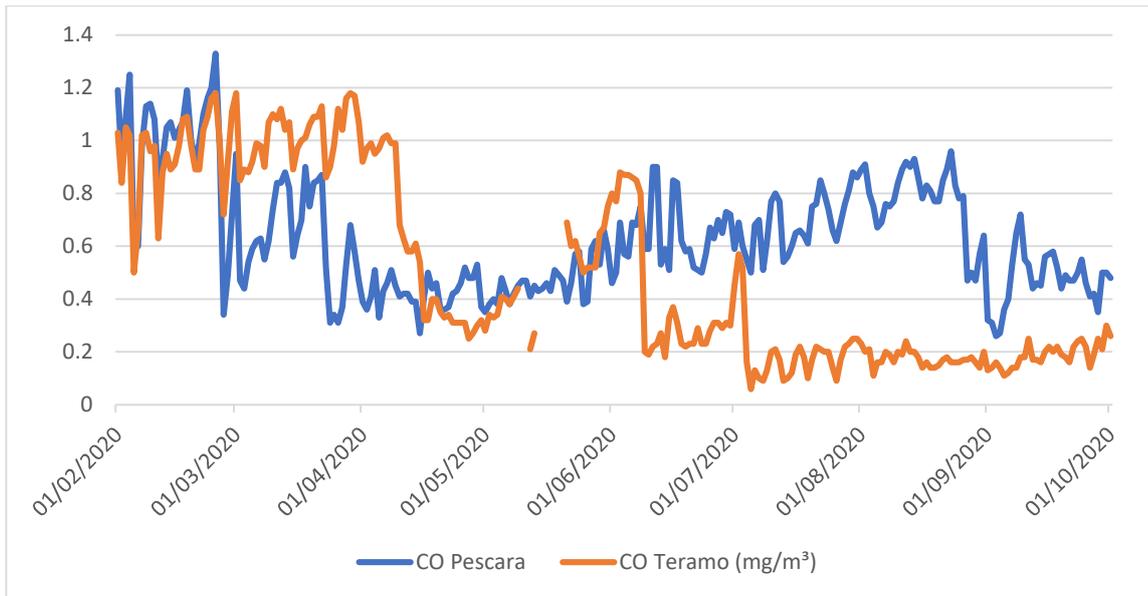


Grafico 35: Concentrazione media giornaliera CO Abruzzo

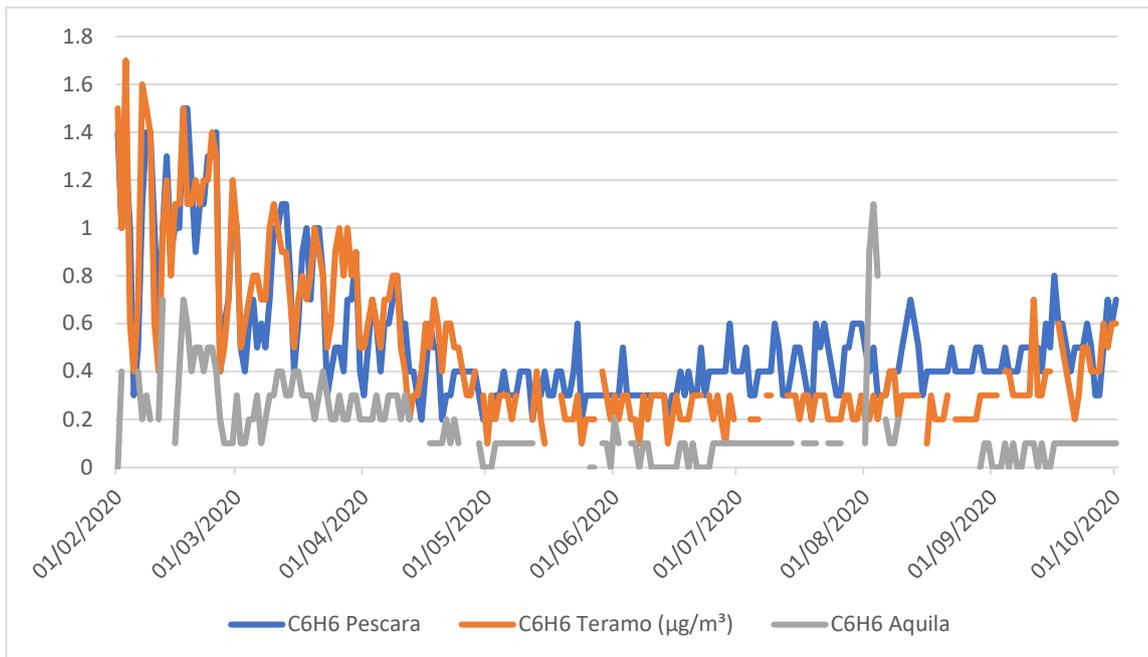


Grafico 36: Concentrazioni media giornaliera Benzene Abruzzo

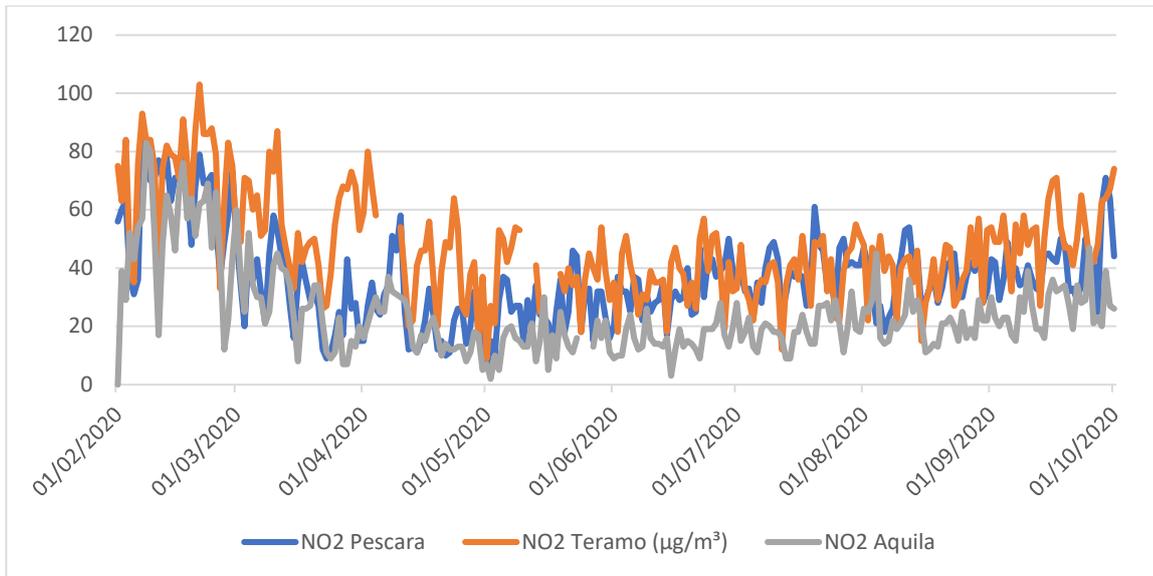


Grafico 37: Concentrazione media giornaliera NO₂ Abruzzo

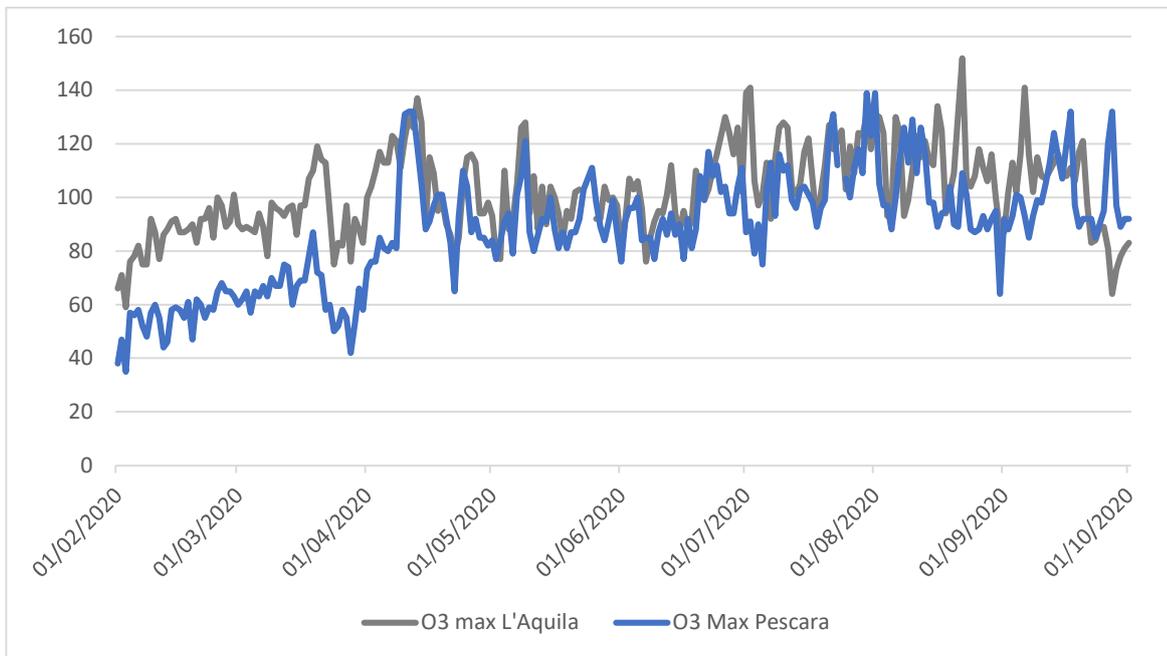


Grafico 38: Concentrazione massima giornaliera O₃ Abruzzo

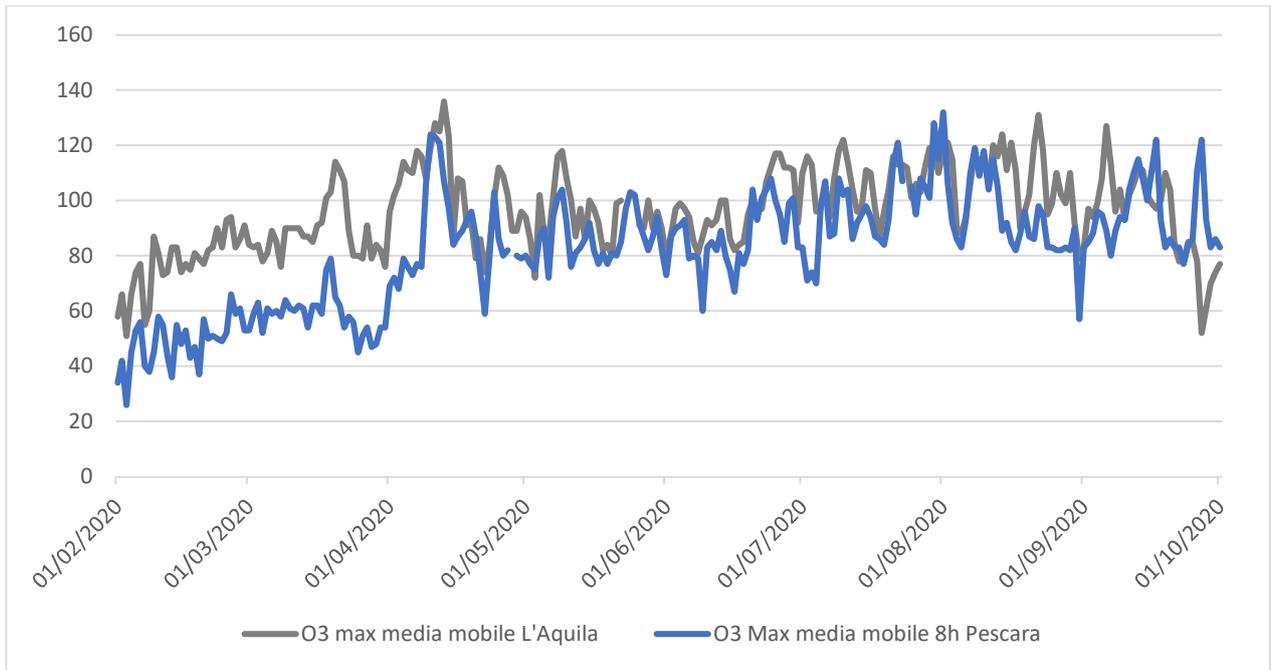


Grafico 39: Concentrazione massima della media mobile di O3 sulle 8h Abruzzo

A.2. Calabria

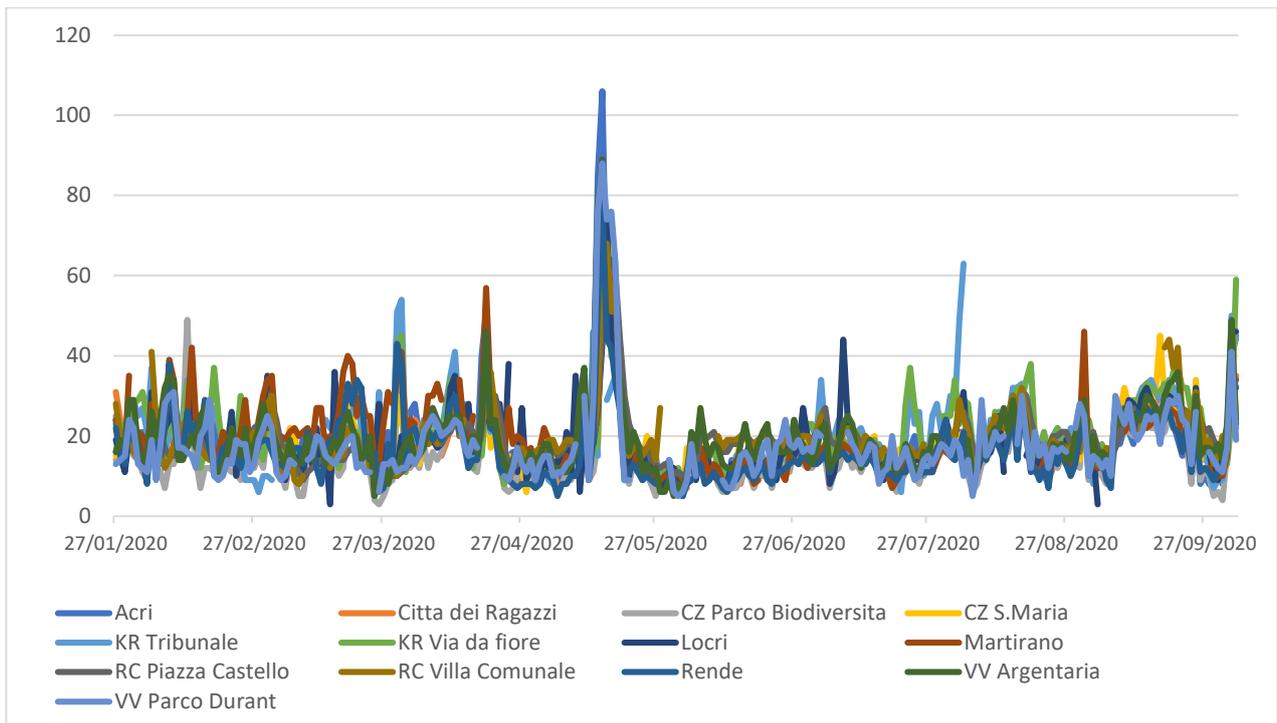


Grafico 40: Concentrazione media giornaliera PM10 Calabria

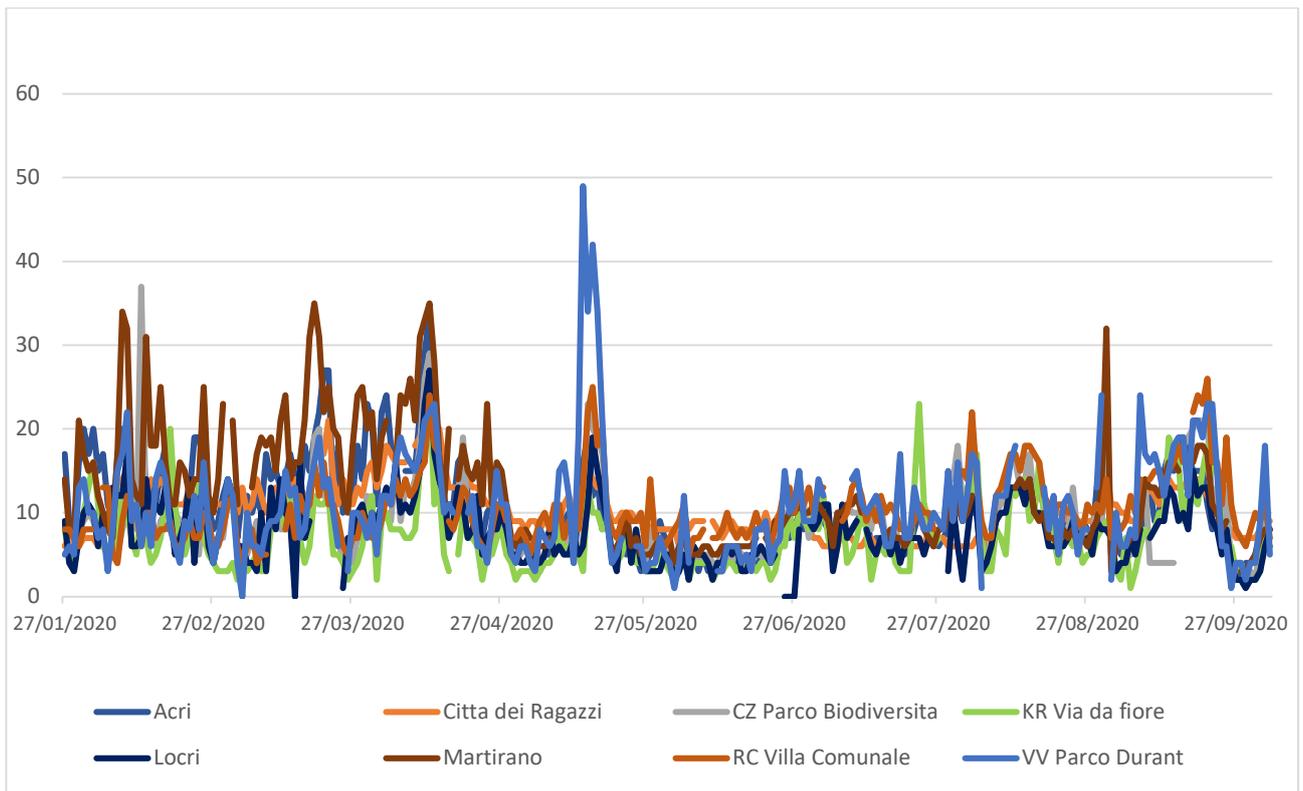


Grafico 41: Concentrazione media giornaliera PM 2,5

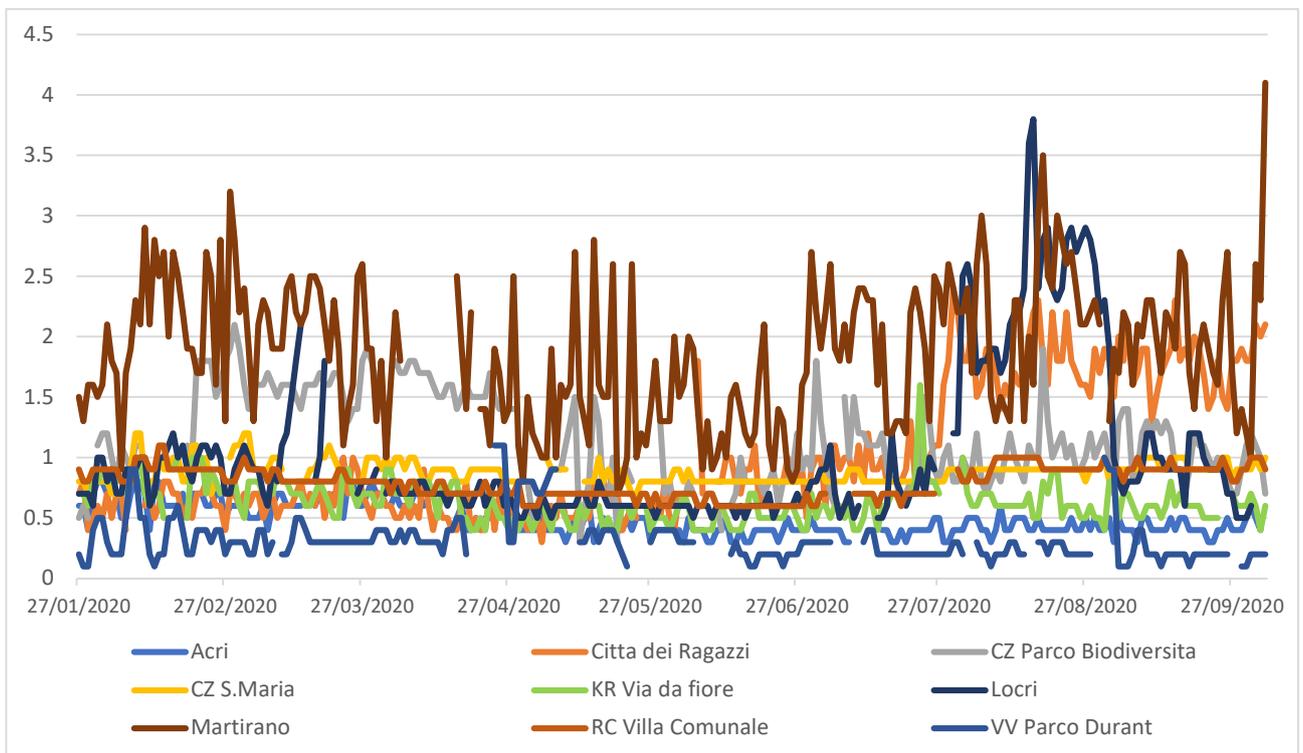


Grafico 42: Concentrazione media giornaliera CO Calabria

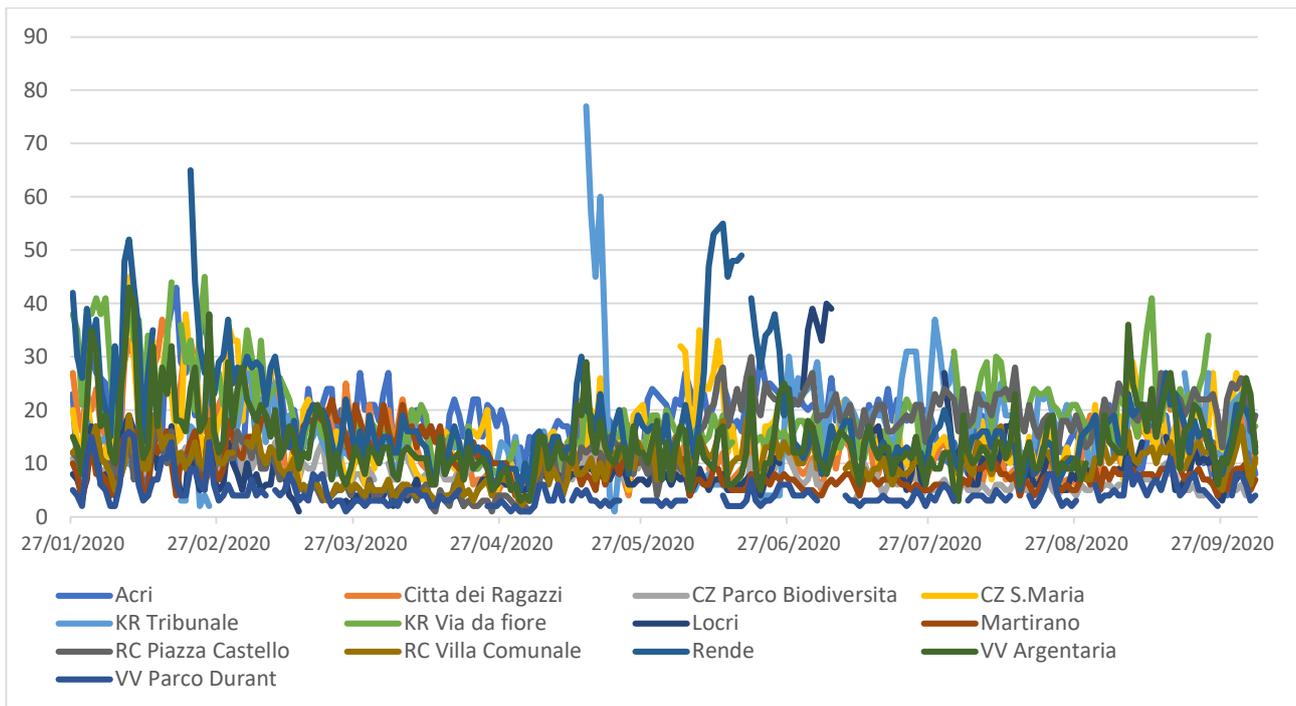


Grafico 43: Concentrazione media giornaliera NO2

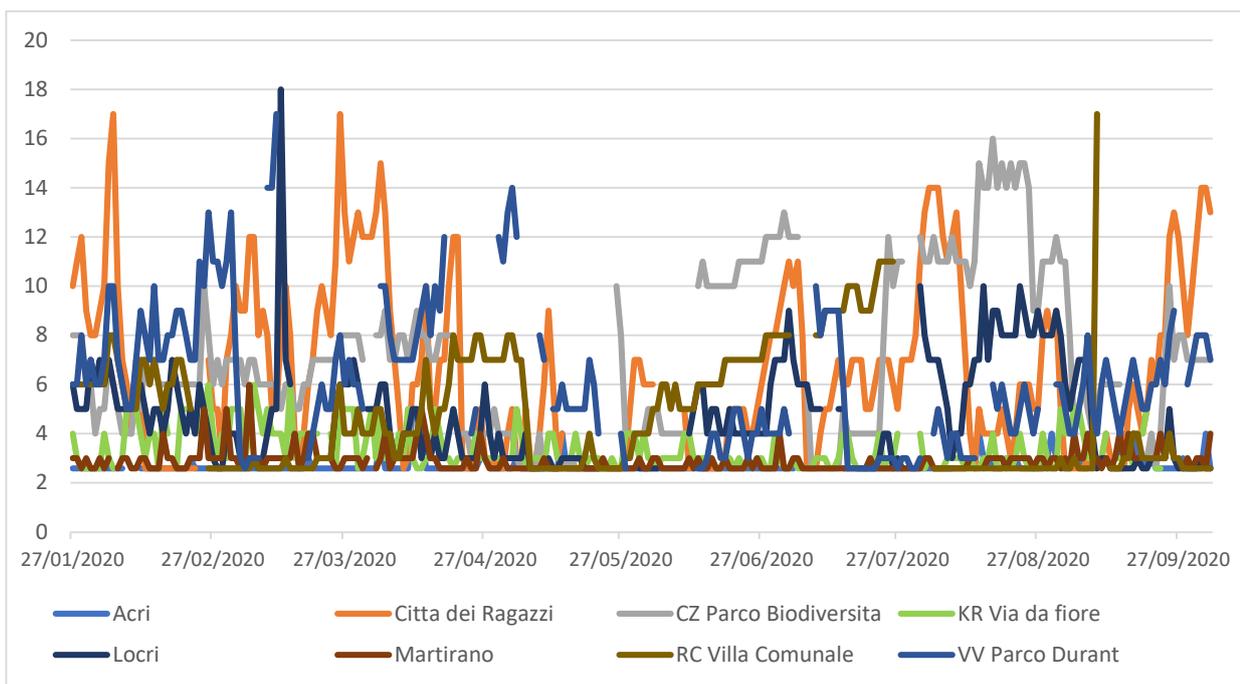


Grafico 44: Concentrazione media giornaliera SO2

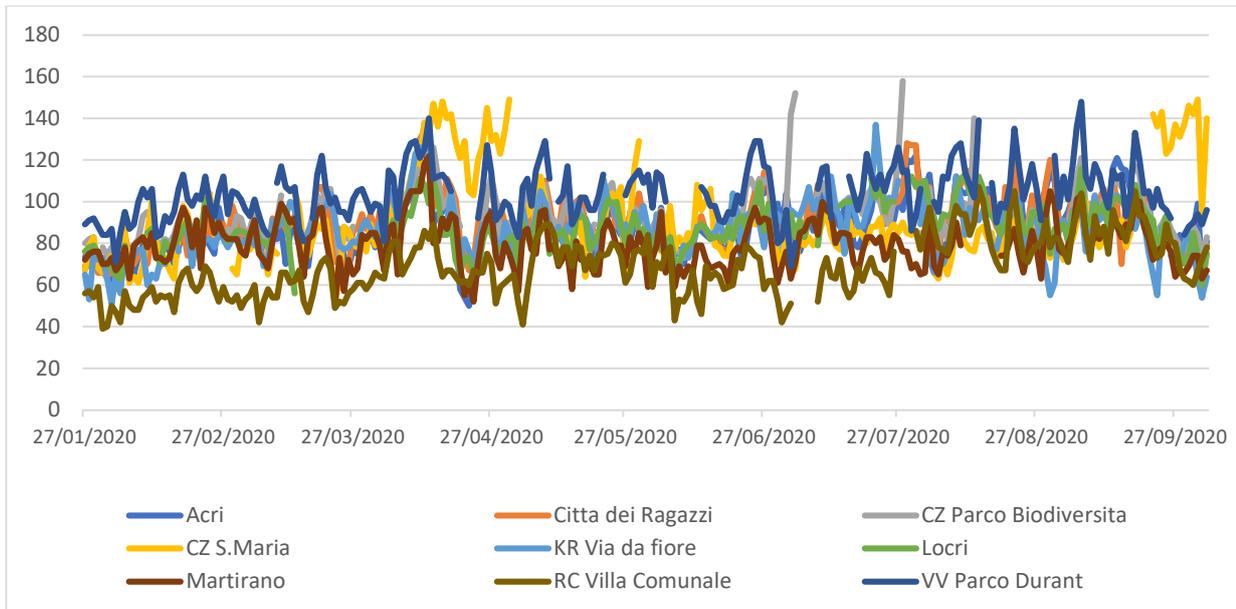


Grafico 45: Concentrazione media su 8 h O3 Calabria

A.3. Campania

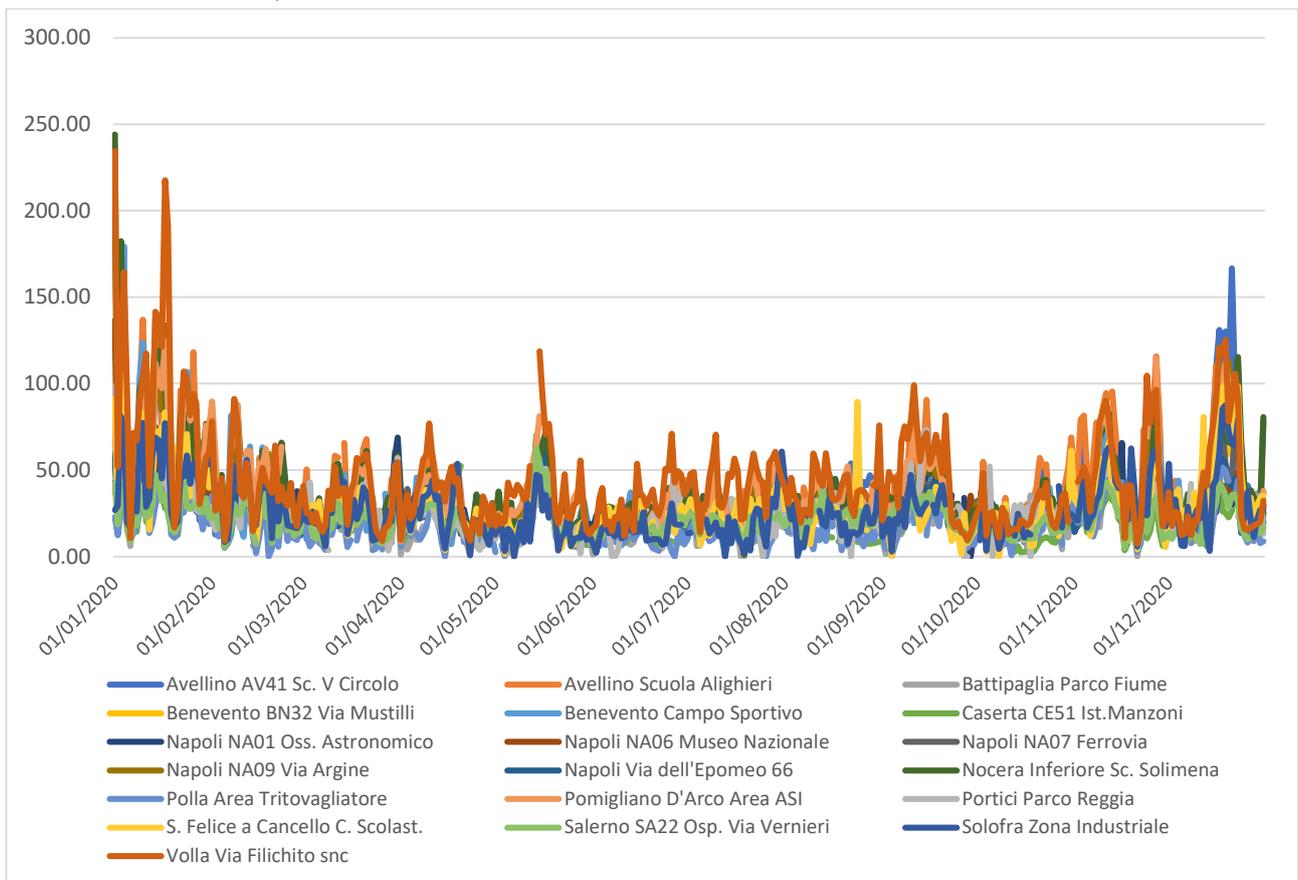


Grafico 46: Concentrazione media giornaliera PM10 Campania

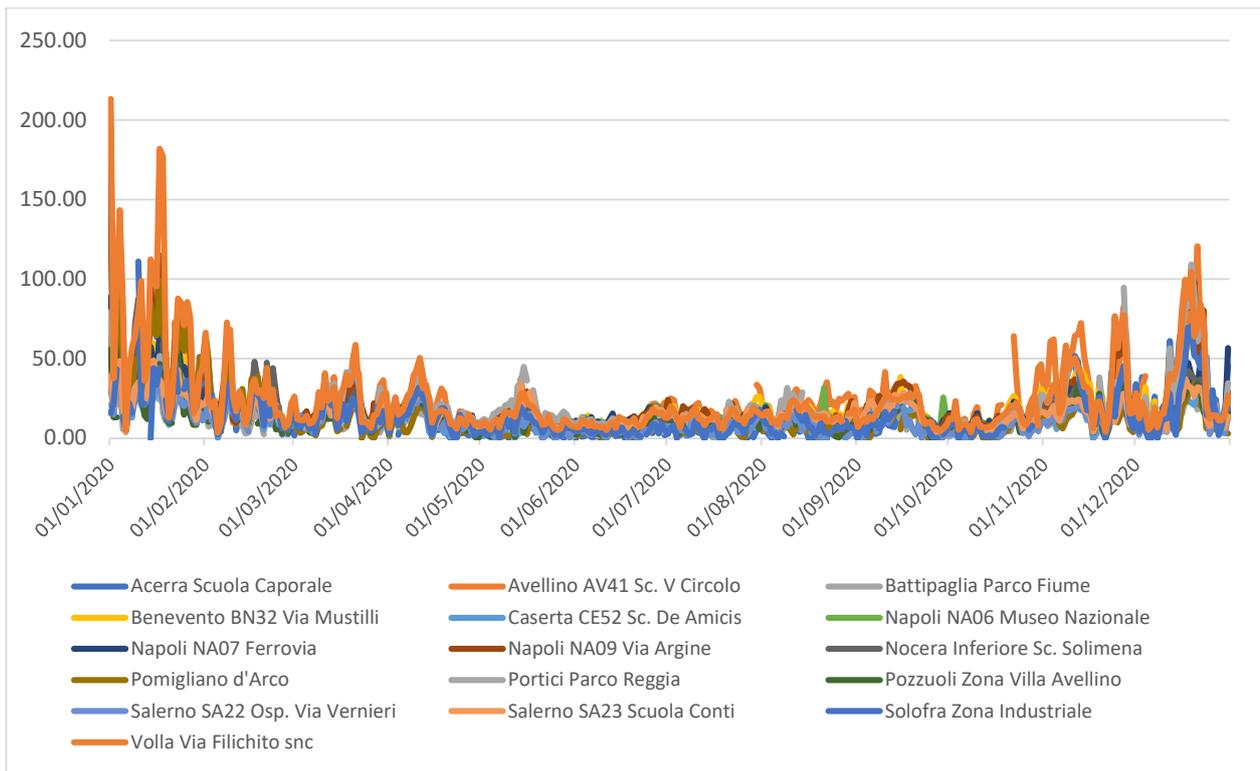


Grafico 47: Concentrazione media giornaliera PM2,5 Campania

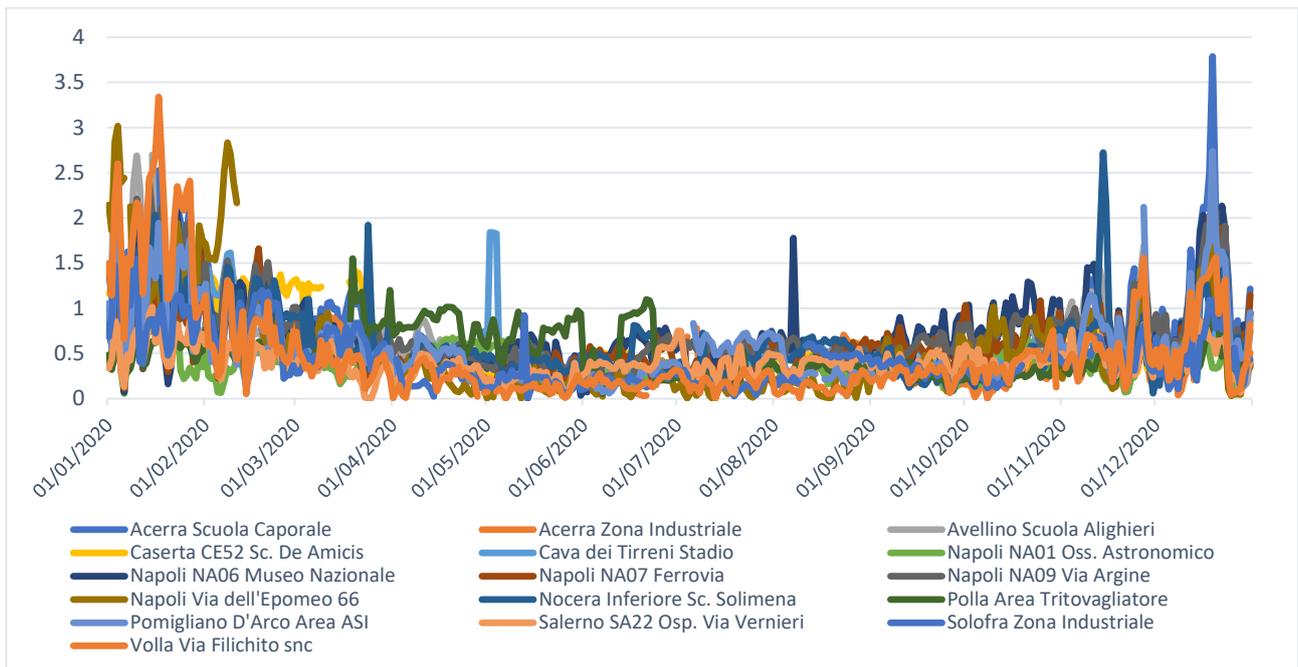


Grafico 48: Concentrazione media giornaliera CO Campania

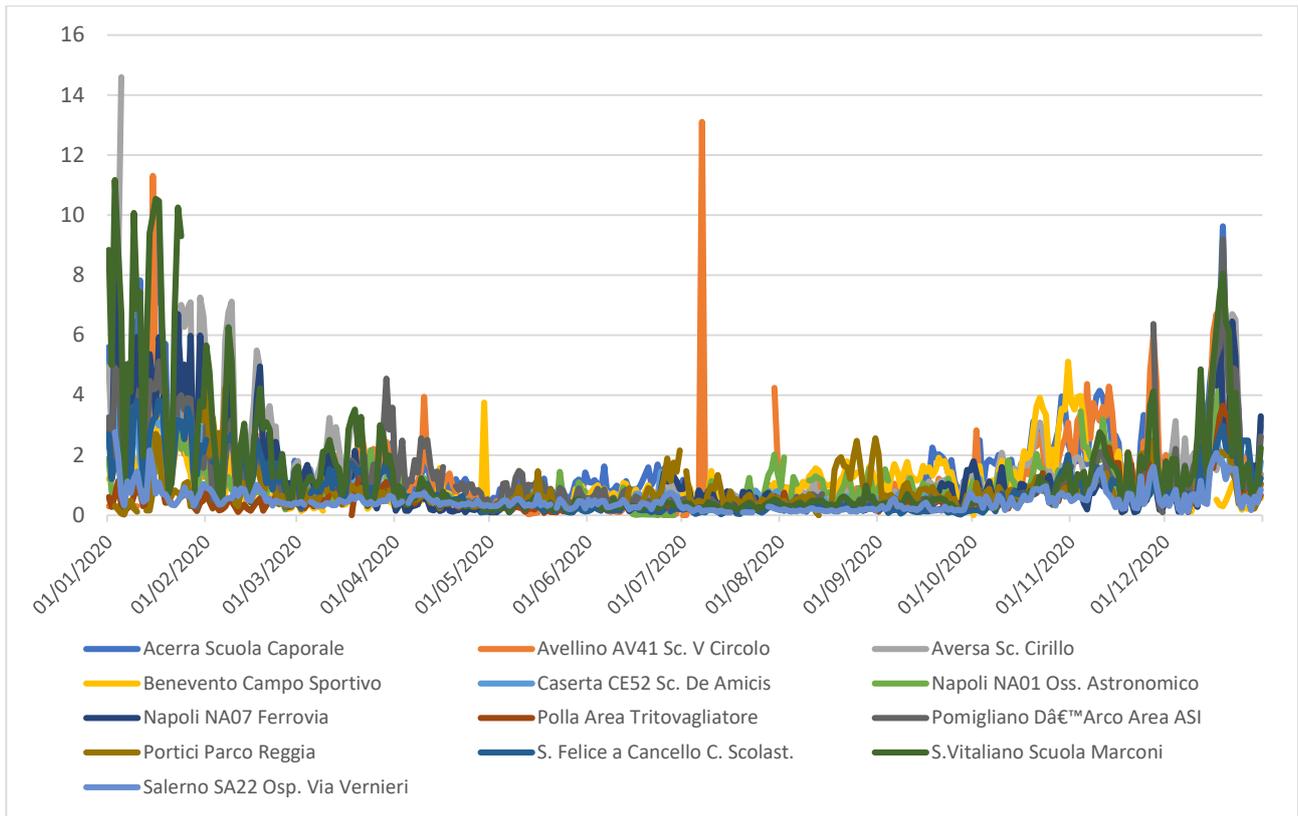


Grafico 49: Concentrazione media giornaliera Benzene Campania

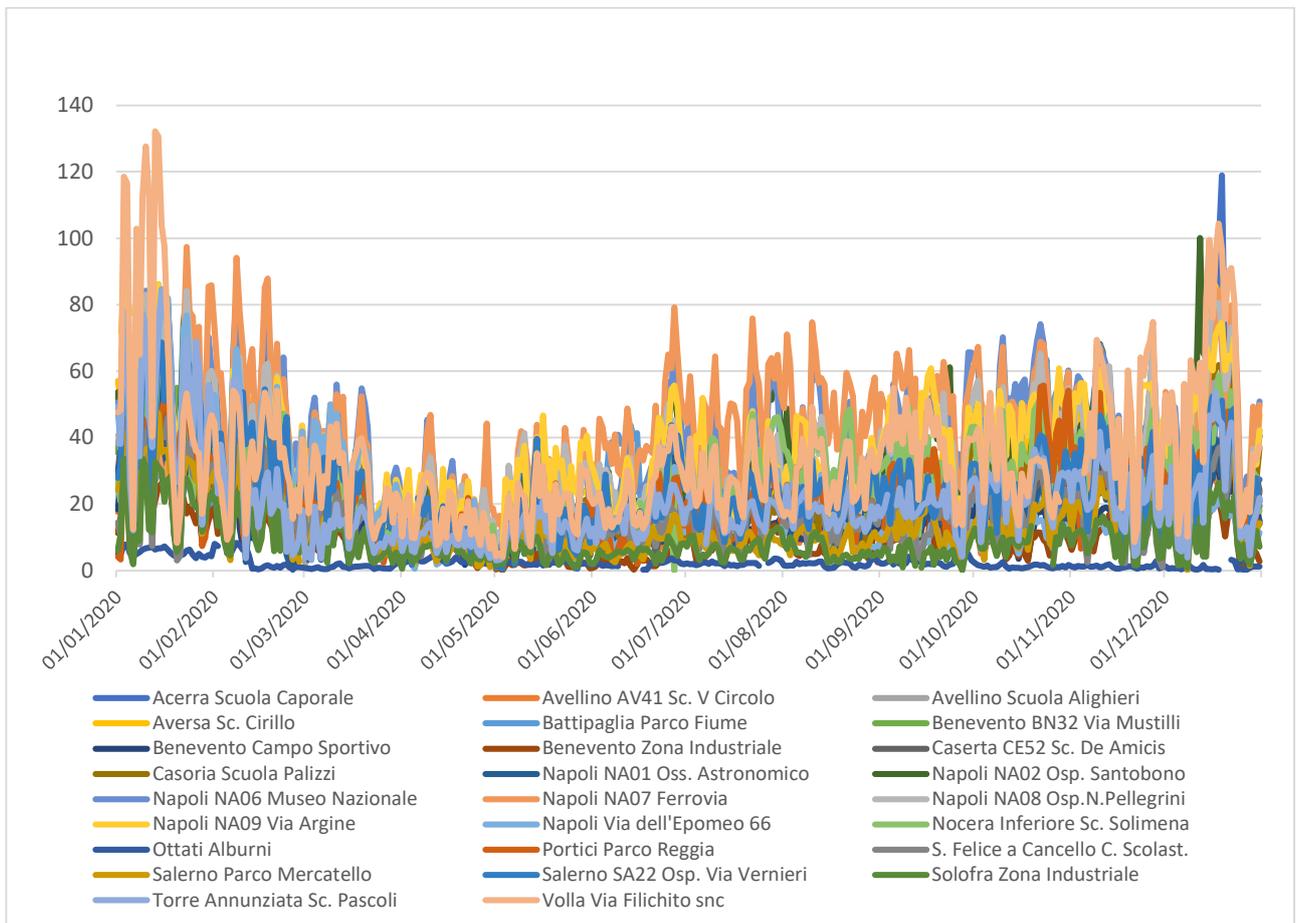


Grafico 50: Concentrazione media giornaliera NO2 Campania

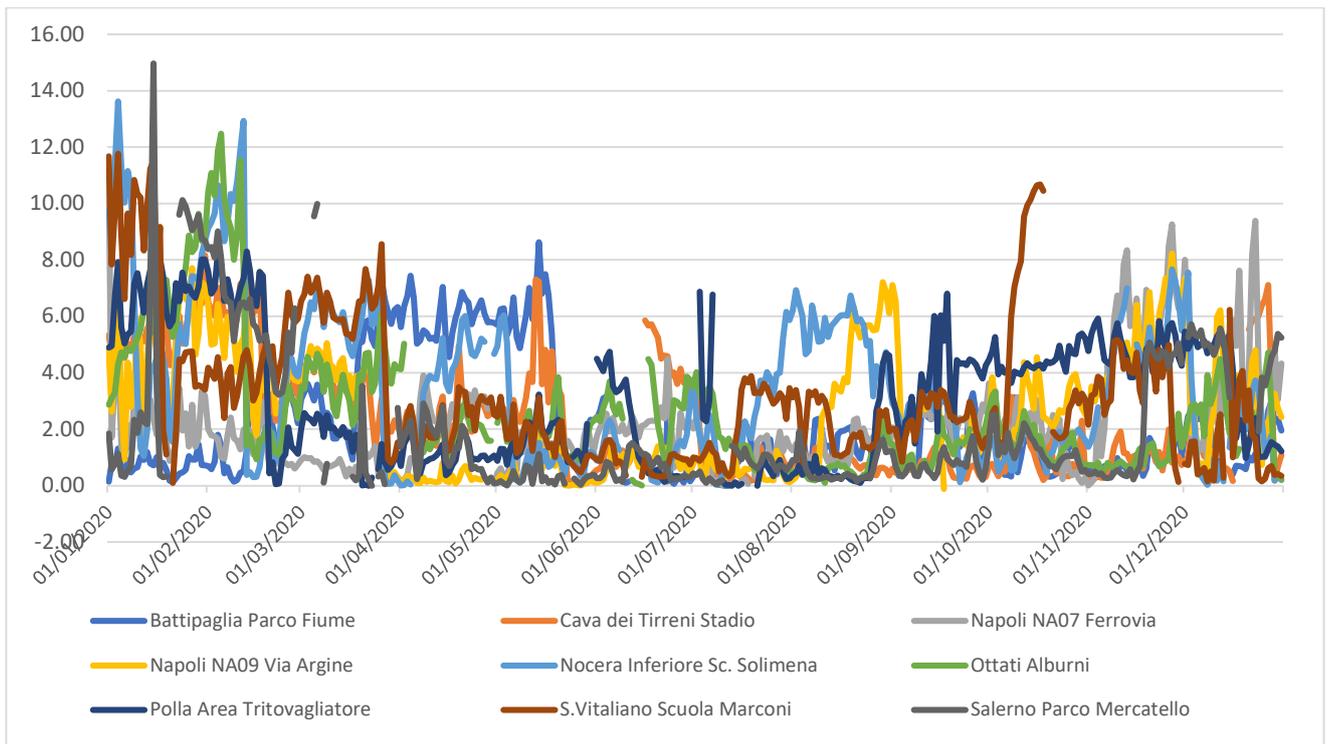


Grafico 51: Concentrazione media giornaliera SO2 Campania

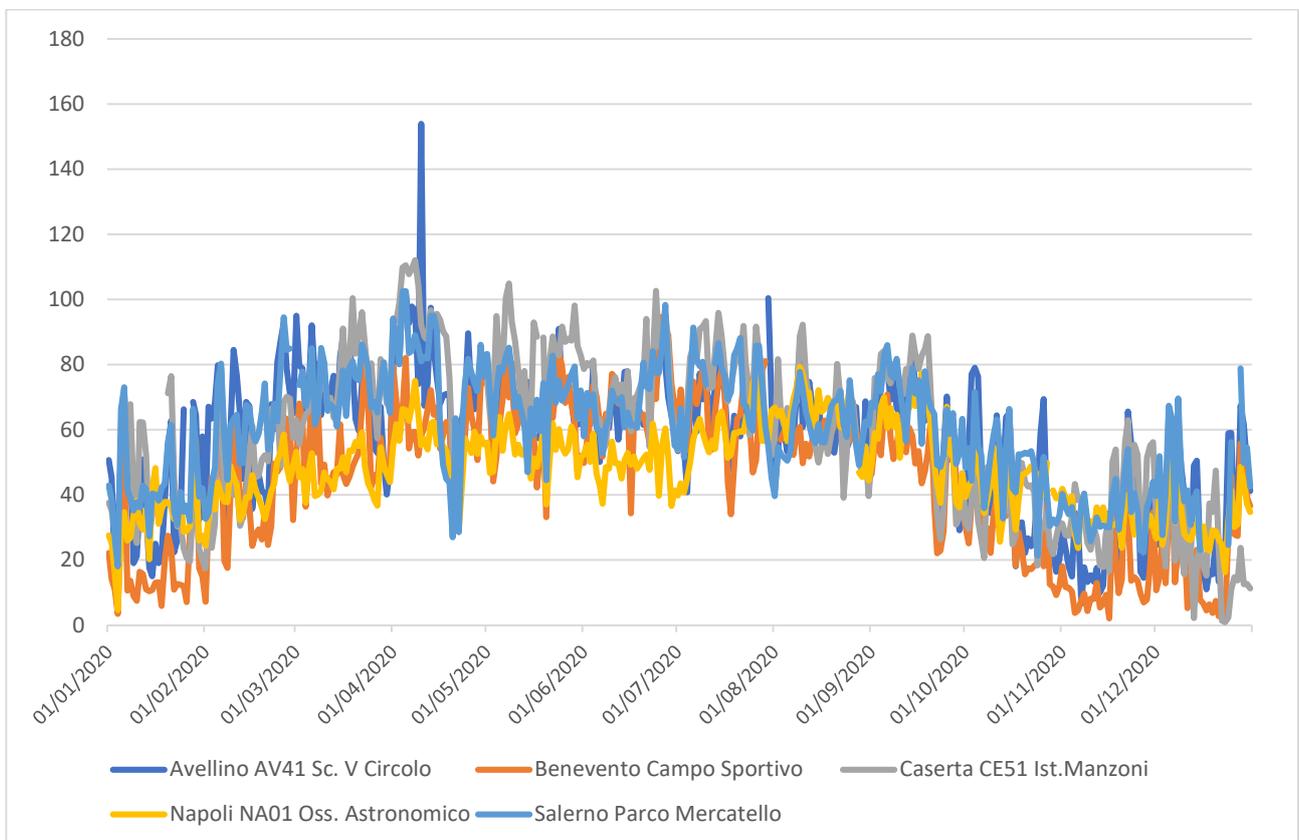


Grafico 52: Concentrazione media giornaliera O3 Campania

A.4. Emilia-Romagna

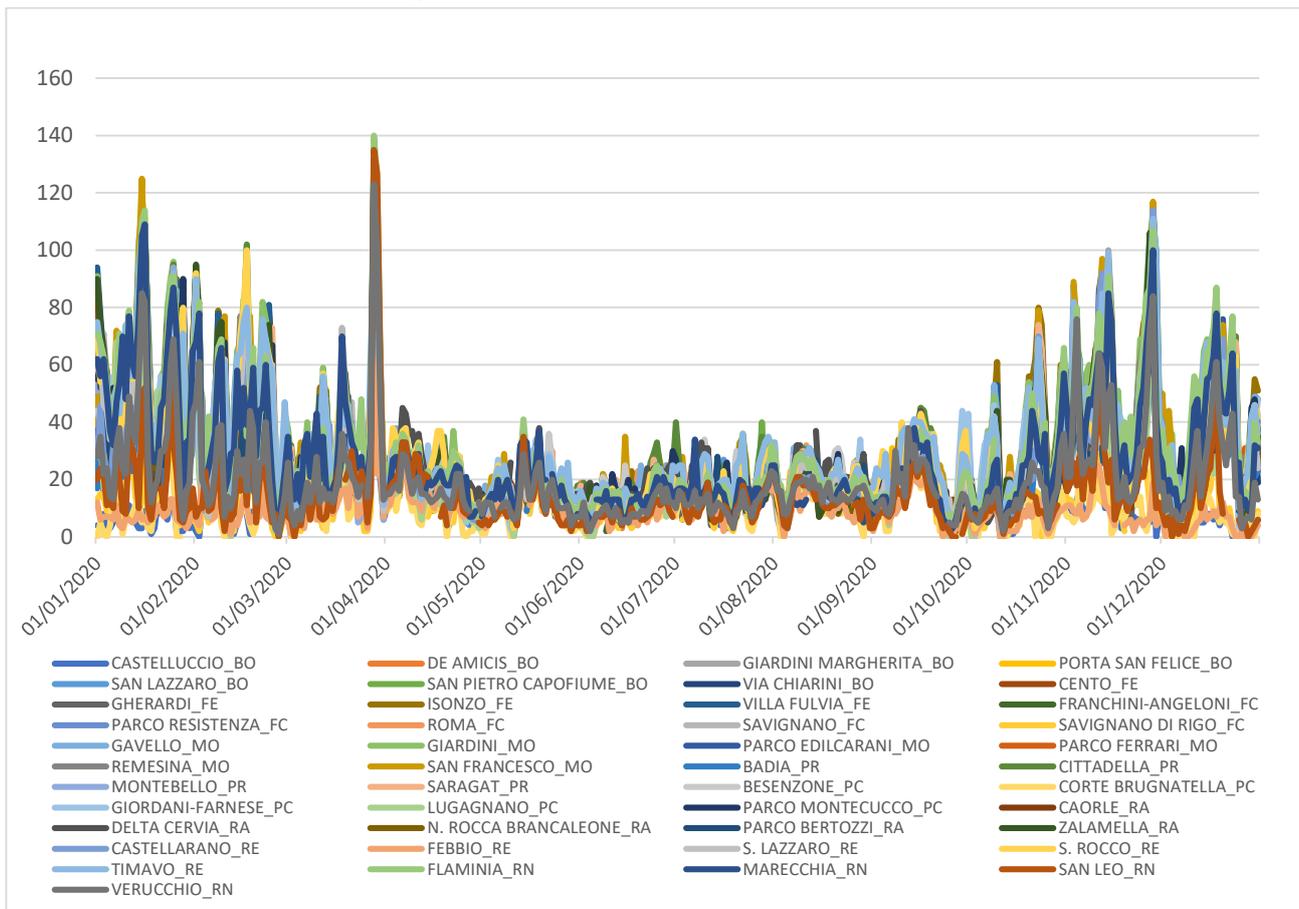


Grafico 53: Concentrazione media giornaliera PM10 Emilia-Romagna

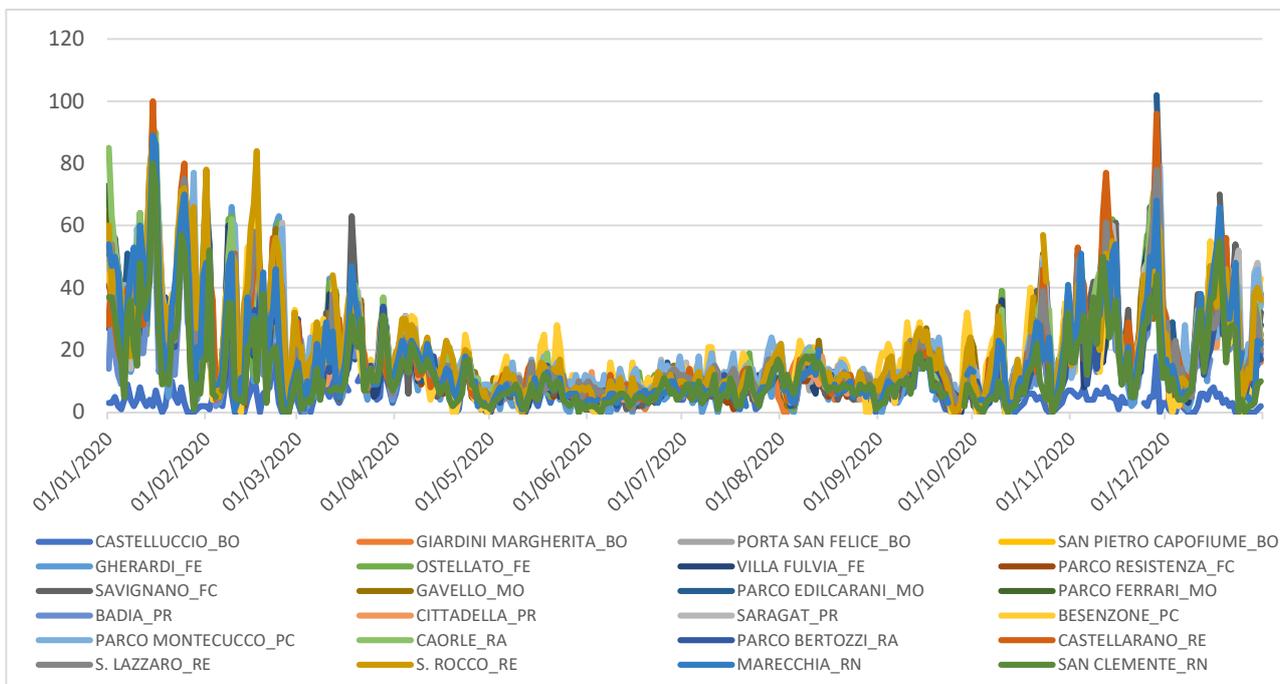


Grafico 54: Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Emilia-Romagna

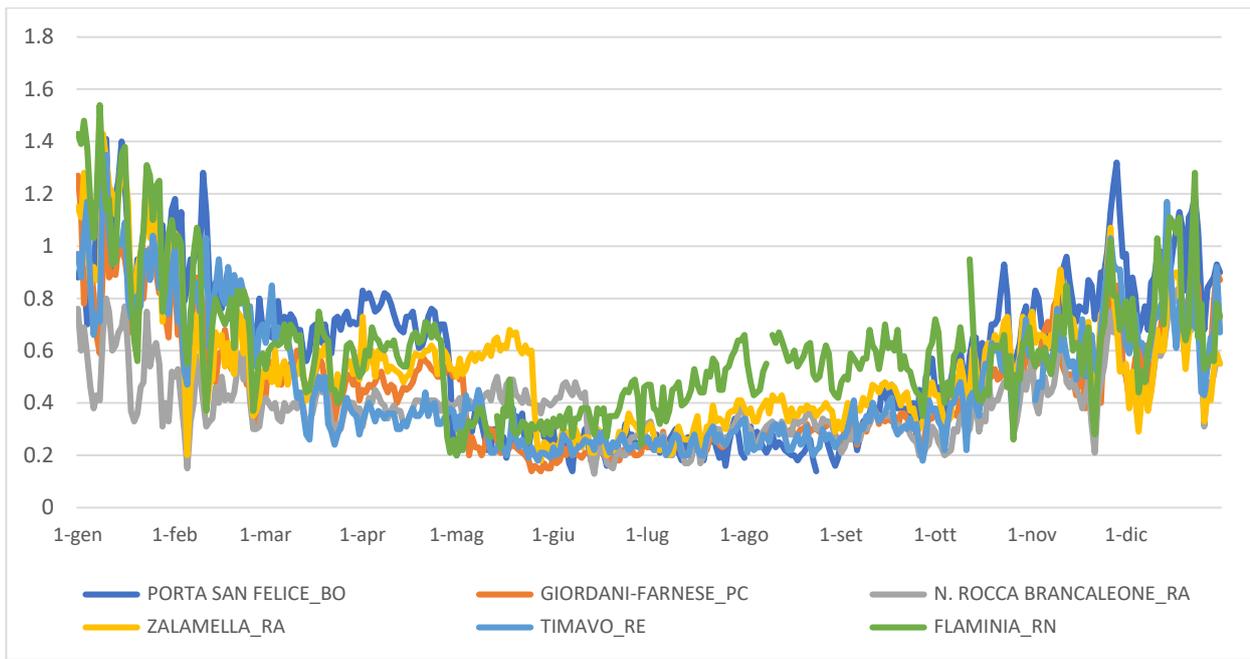


Grafico 55: Concentrazione media giornaliera CO Emilia-Romagna

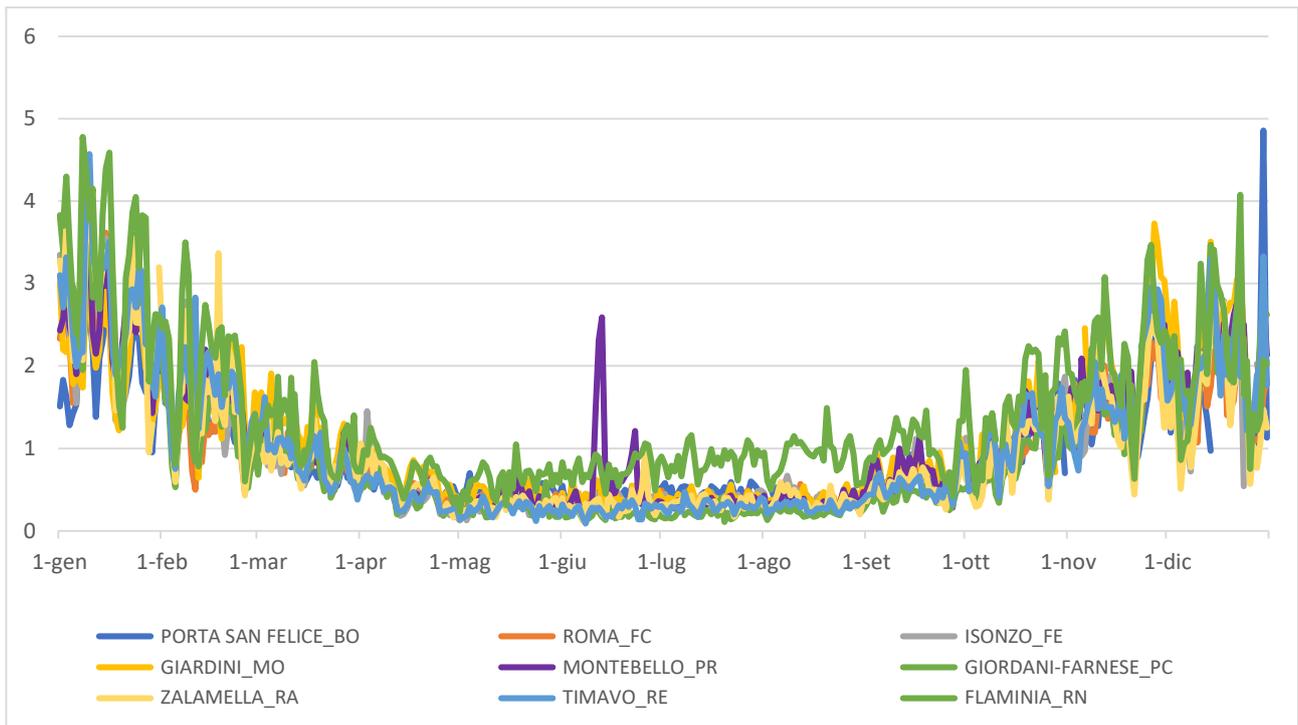


Grafico 56: Concentrazione media giornaliera Benzene Emilia-Romagna

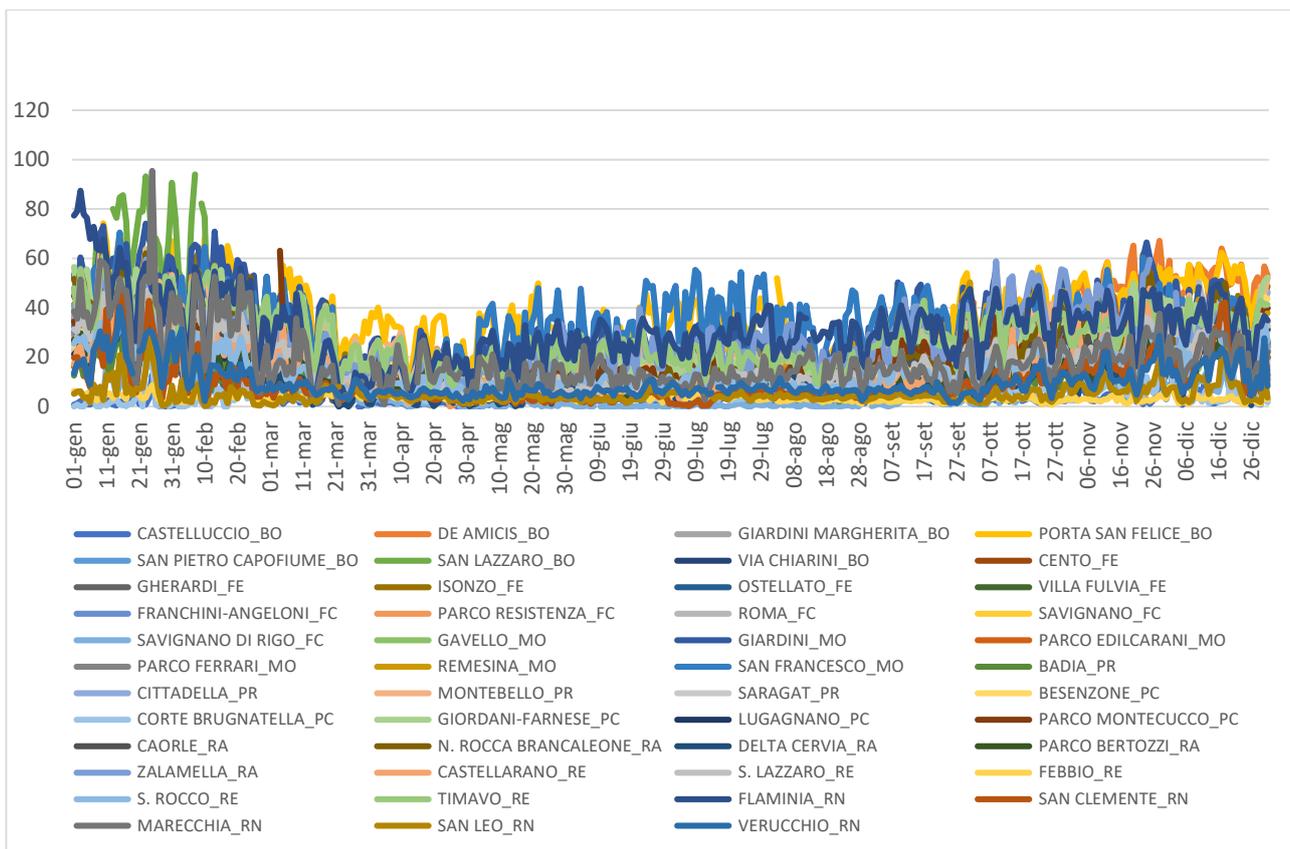


Grafico 57: Concentrazione media giornaliera NO2 Emilia-Romagna

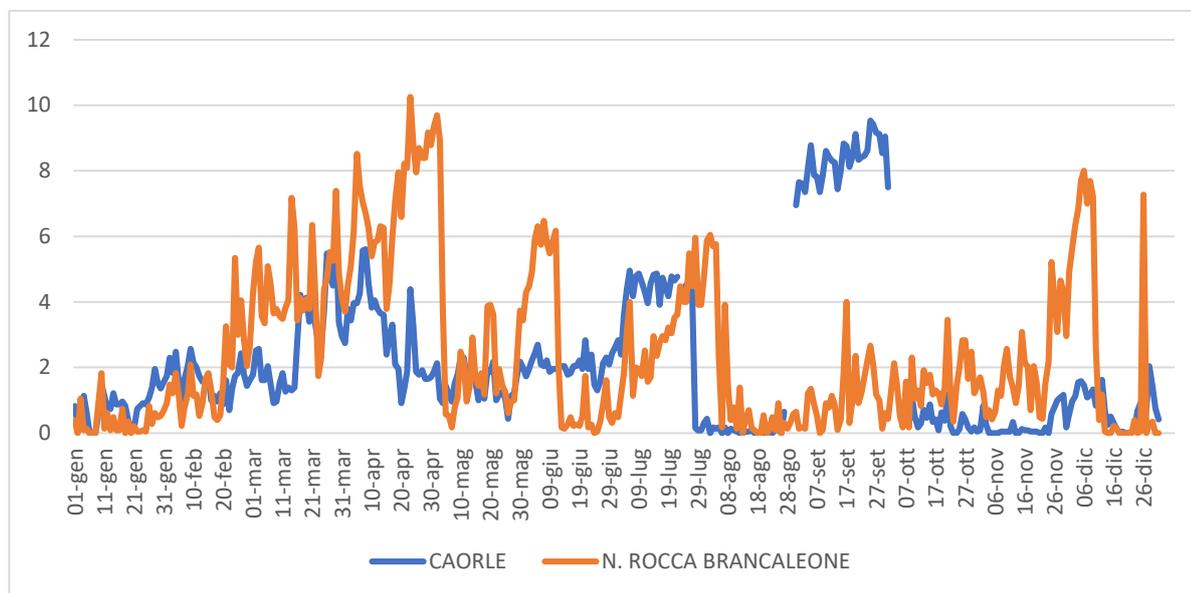


Grafico 58: Concentrazione media giornaliera SO2 Emilia-Romagna

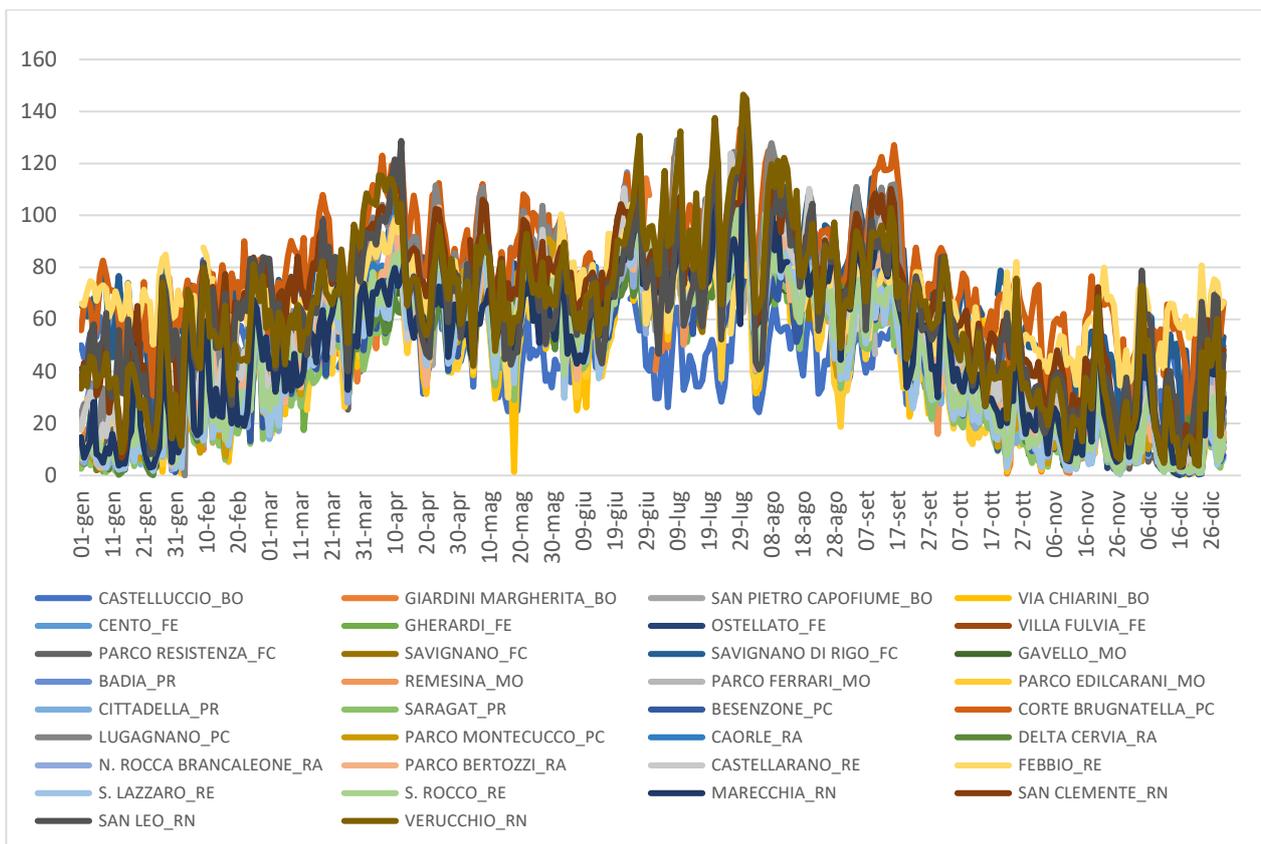


Grafico 59: Concentrazione media giornaliera O3 Emilia-Romagna

A.5. Lazio

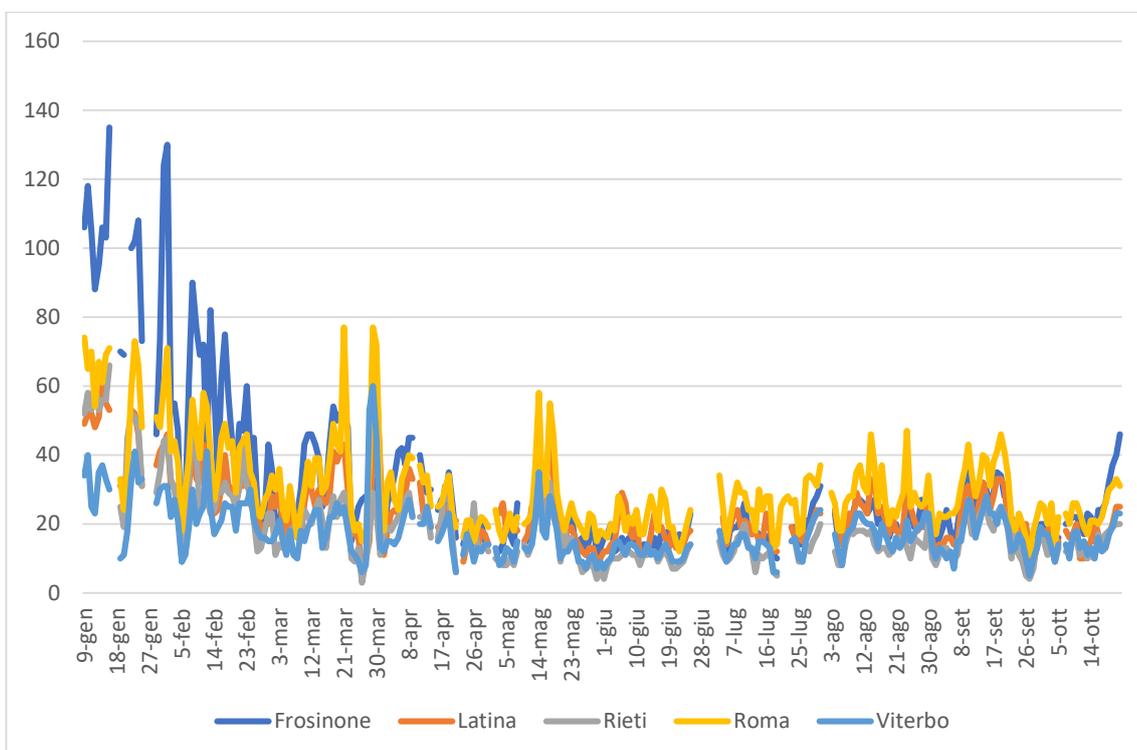


Grafico 60: Concentrazione media giornaliera PM10 Lazio

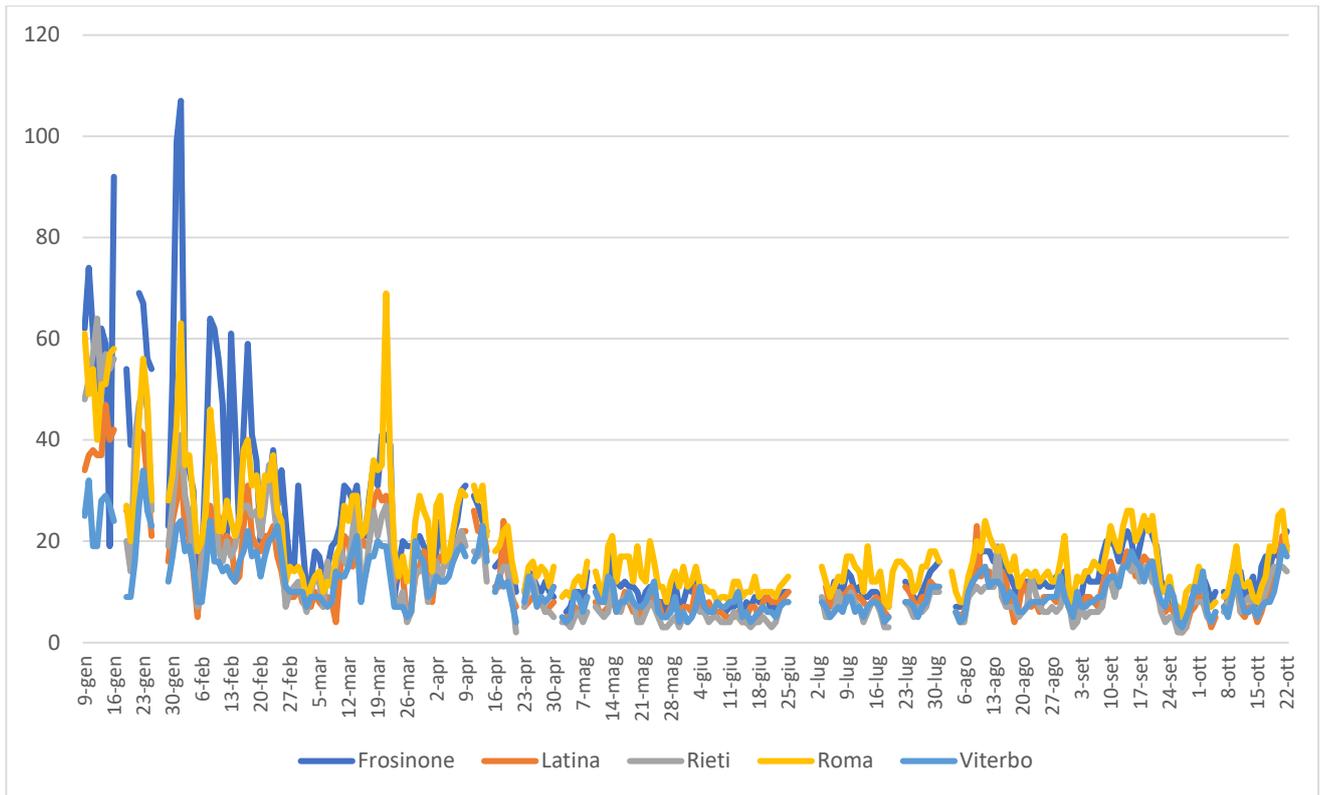


Grafico 61: Concentrazione media giornaliera PM2,5 Lazio

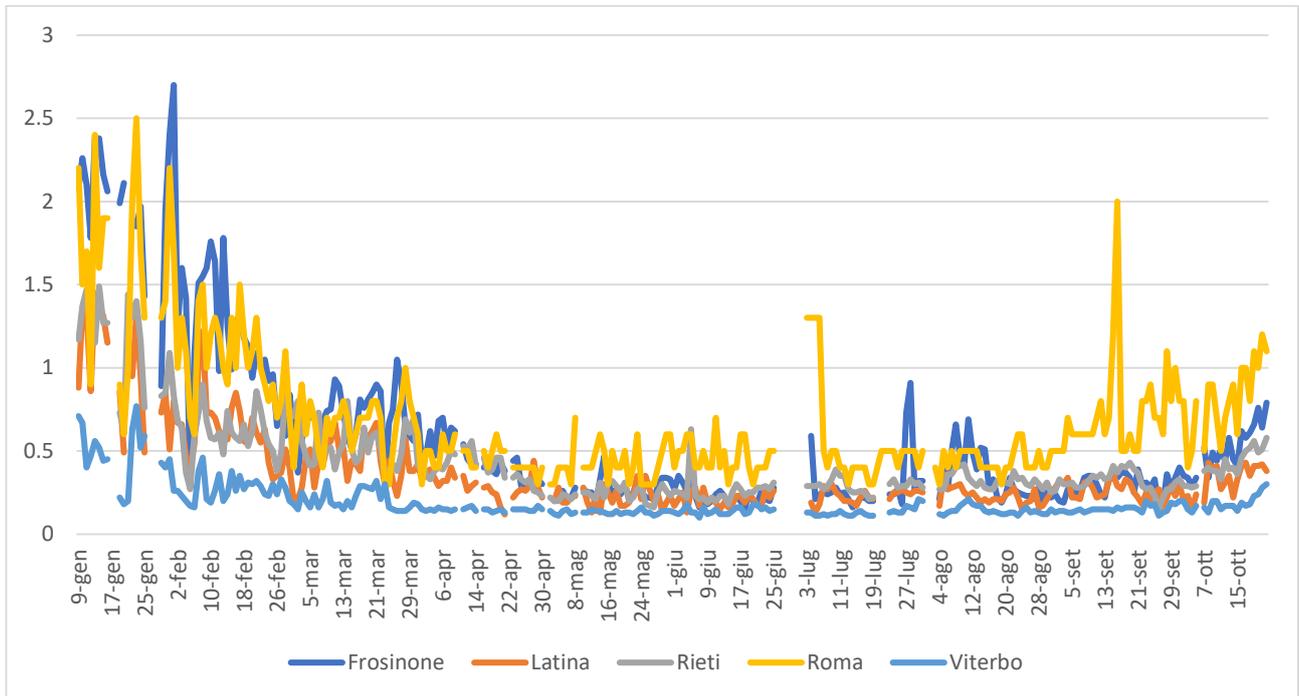


Grafico 62: Concentrazione media giornaliera CO Lazio

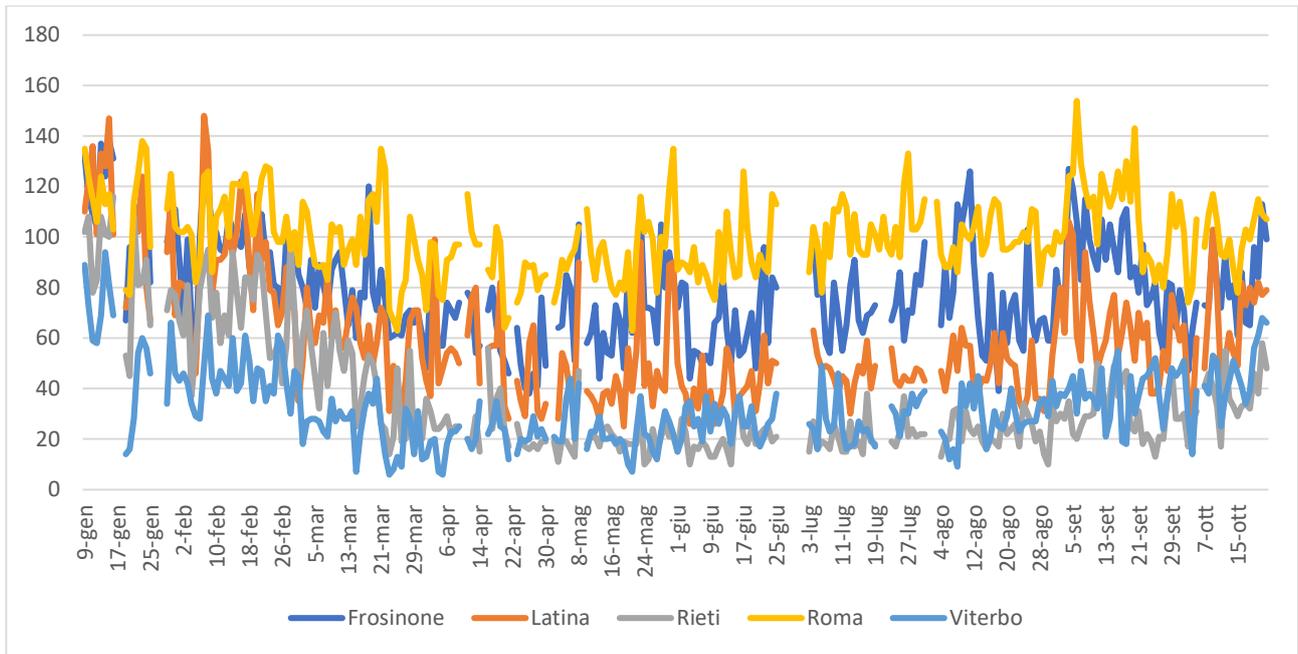


Grafico 63: Concentrazione media giornaliera NO2 Lazio

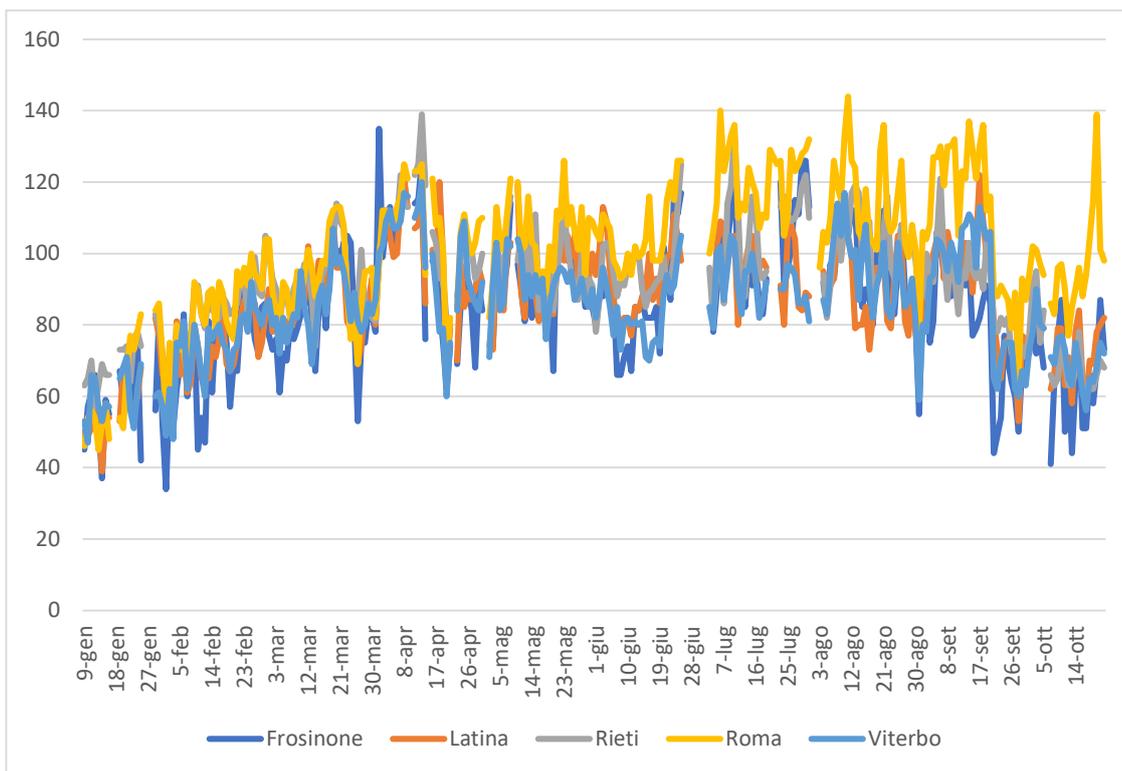


Grafico 64: Concentrazione media giornaliera O3 Lazio

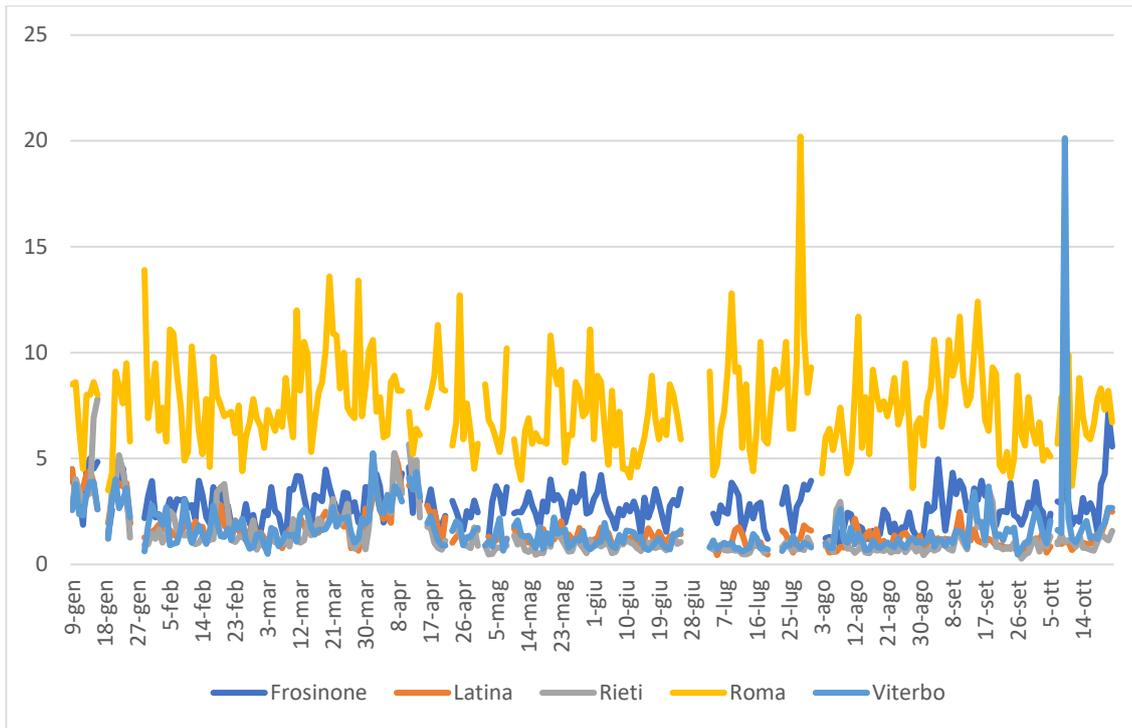


Grafico 65: Concentrazione media giornaliera SO2 Lazio

A.6. Liguria

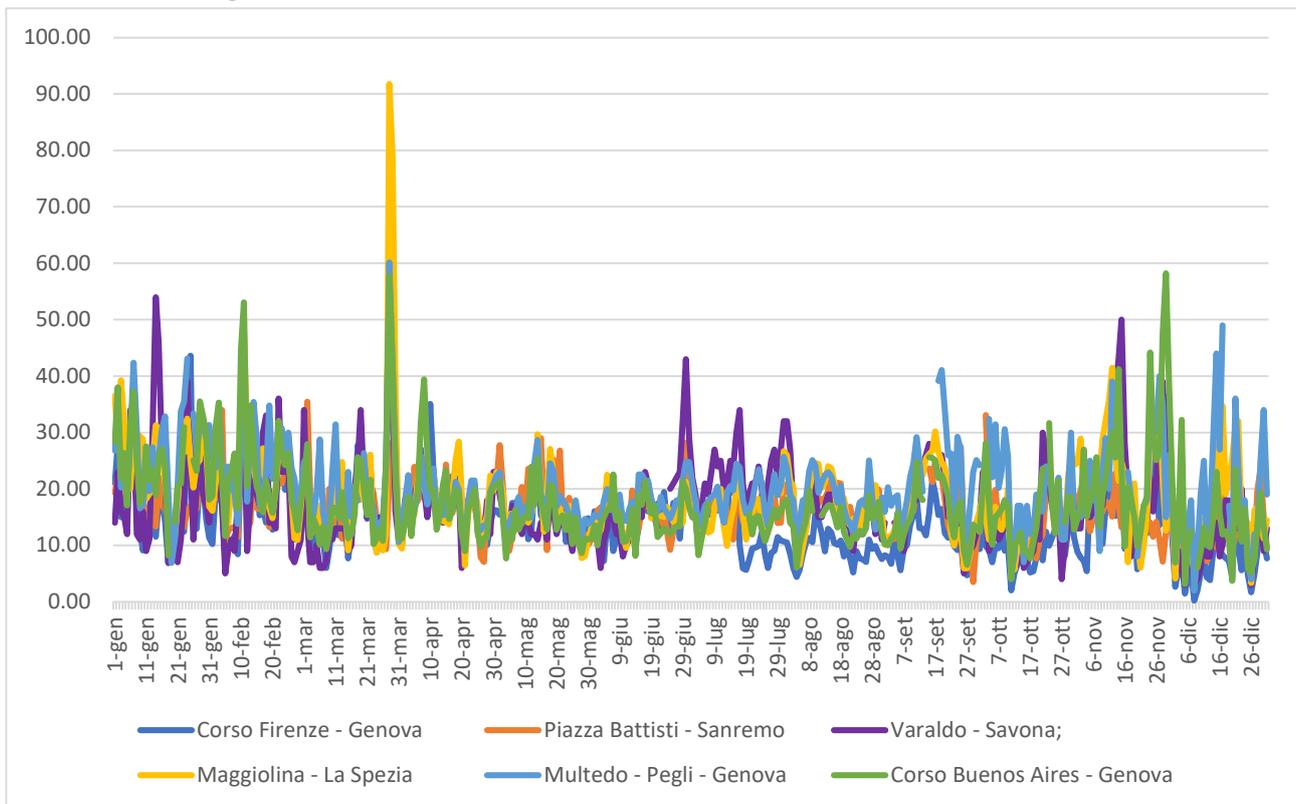


Grafico 66: Concentrazione media giornaliera PM10 Lazio

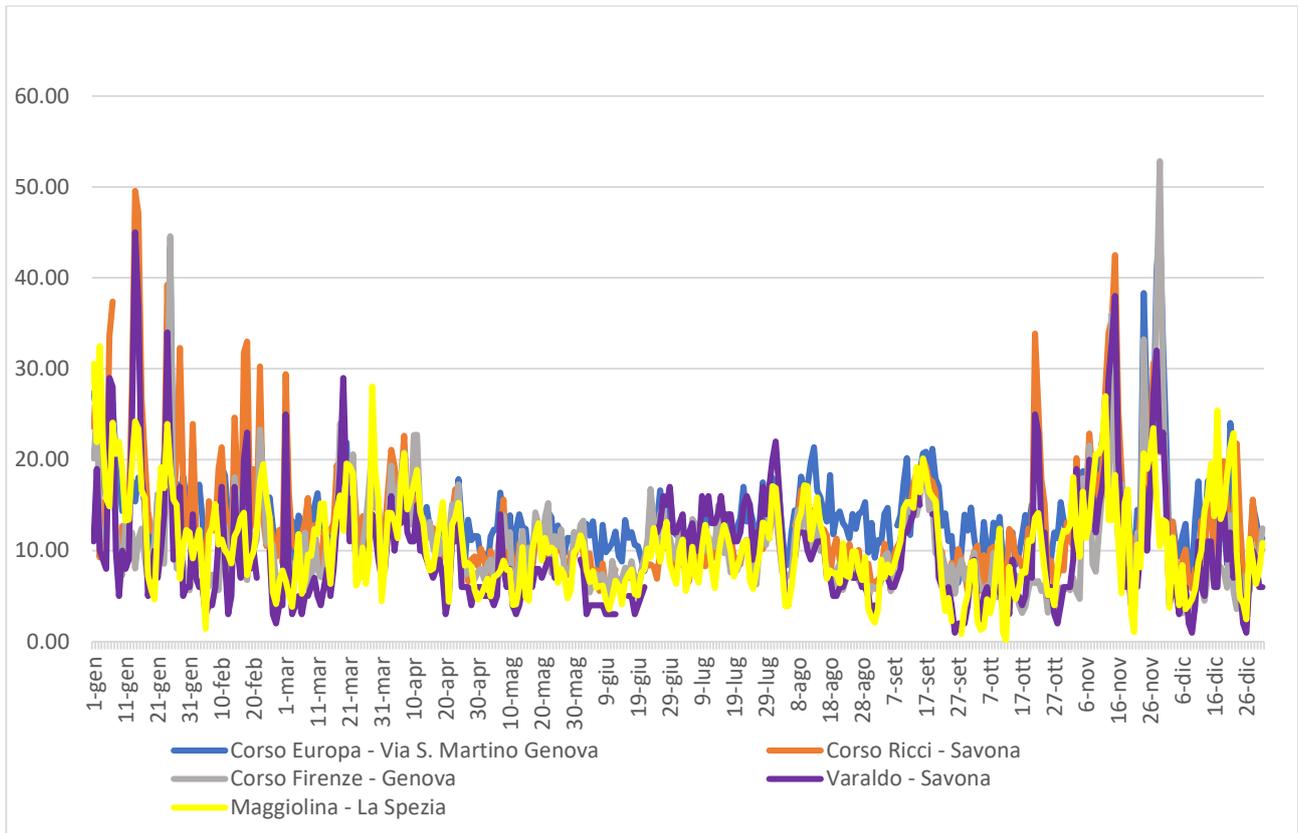


Grafico 67: Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Lazio

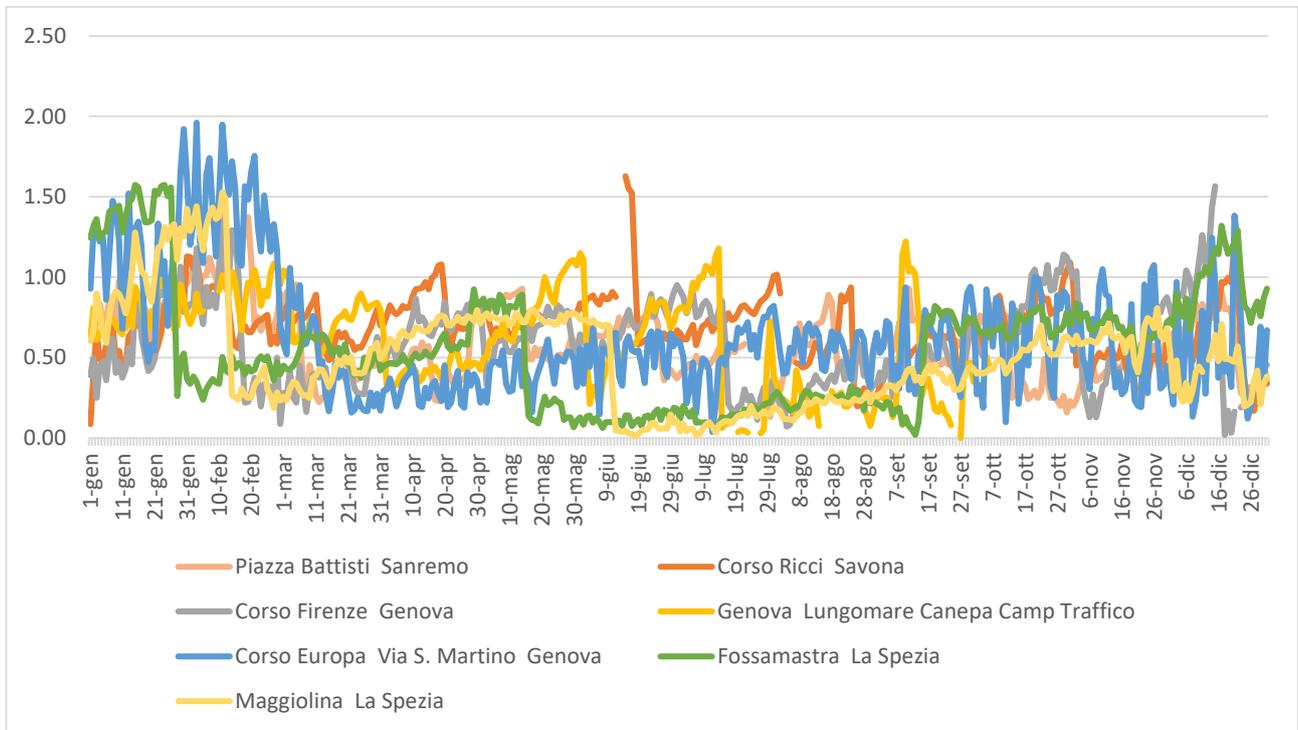


Grafico 68: Concentrazione media giornaliera CO Liguria

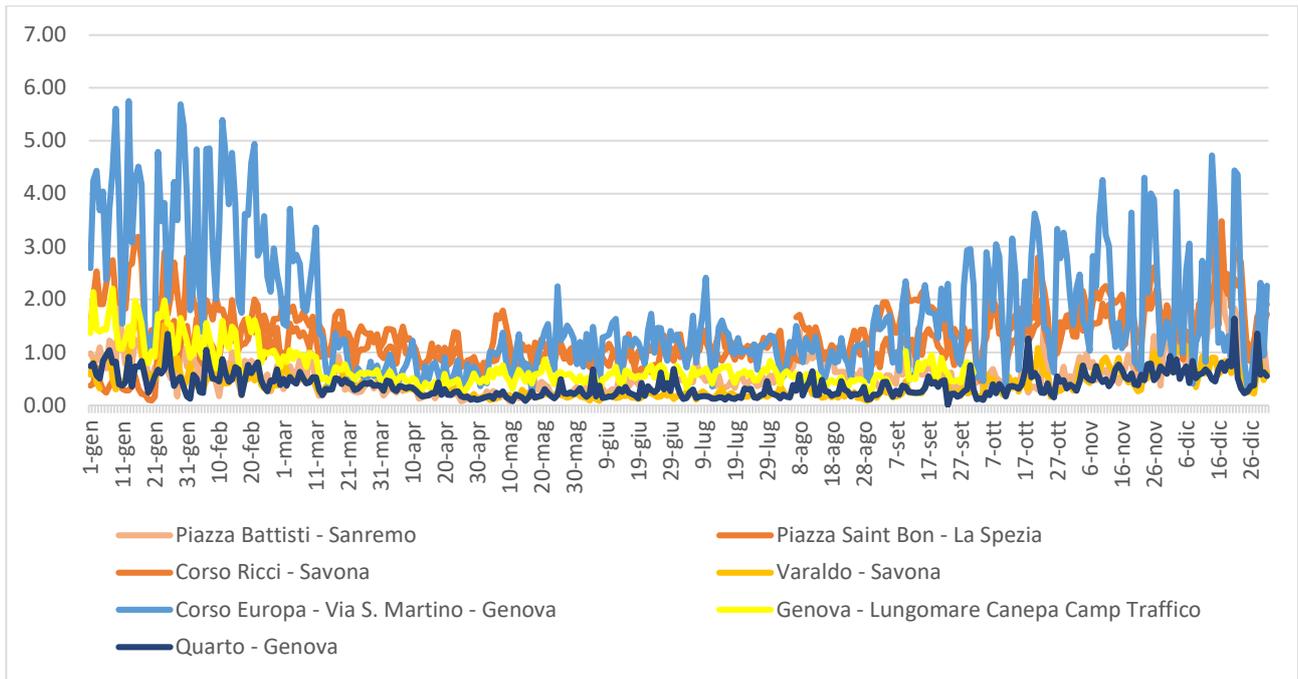


Grafico 69: Concentrazione media giornaliera Benzene Liguria

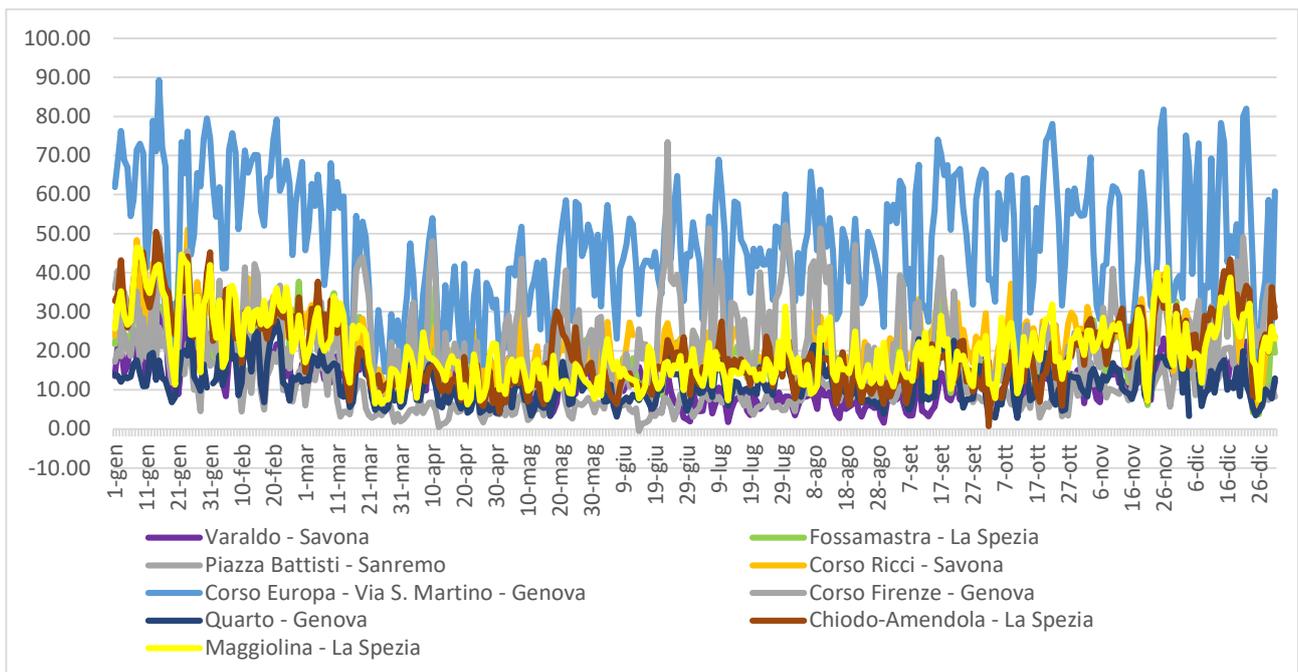


Grafico 70: Concentrazione media giornaliera NO2 Liguria

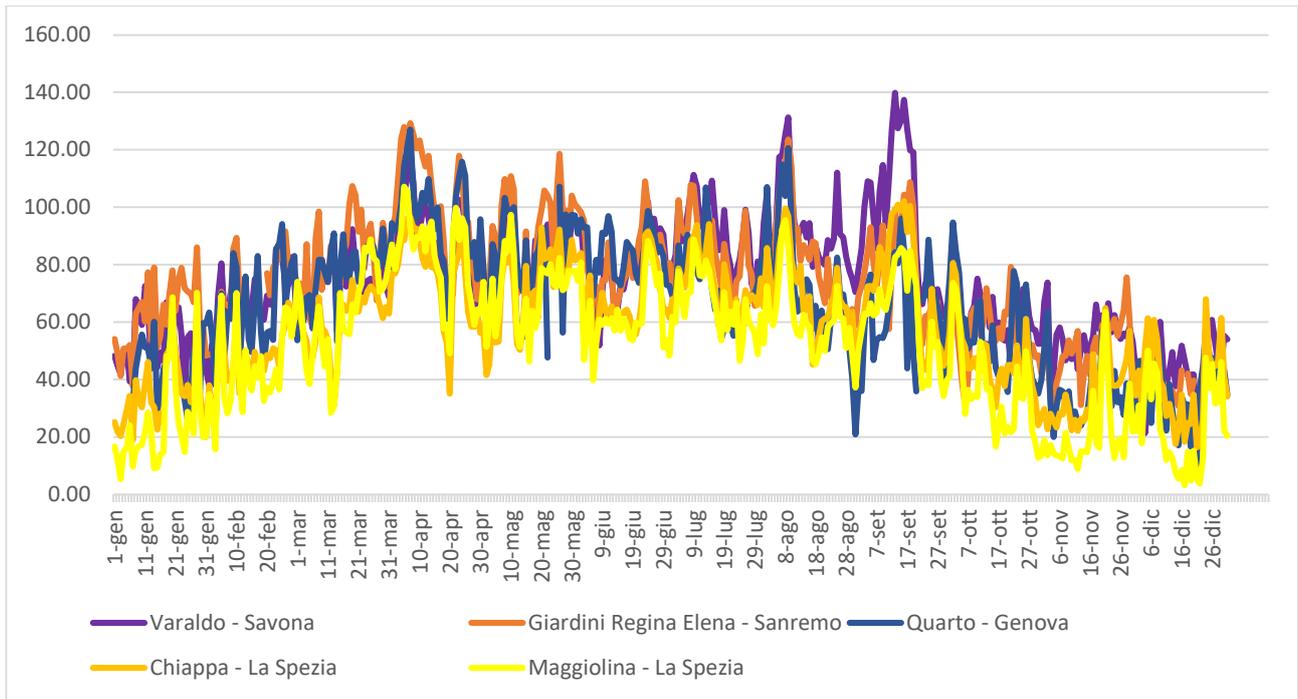


Grafico 71: Concentrazione media giornaliera O3 Liguria

A.7. Lombardia

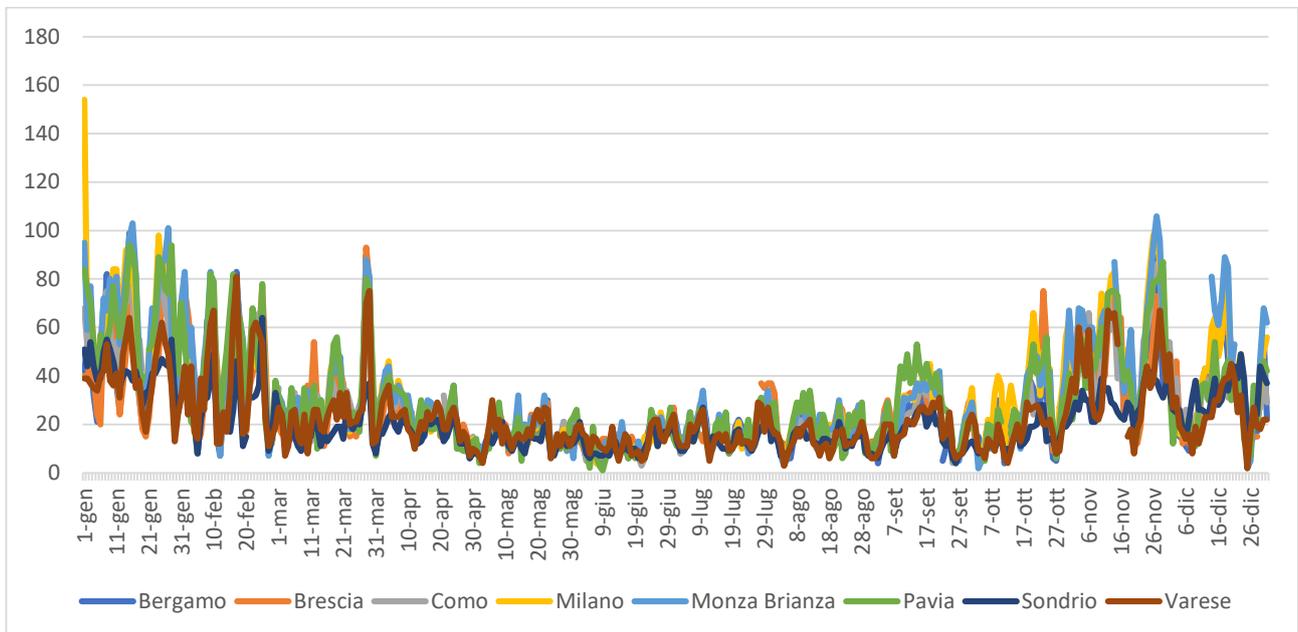


Grafico 72: Concentrazione media giornaliera PM 10 Lombardia

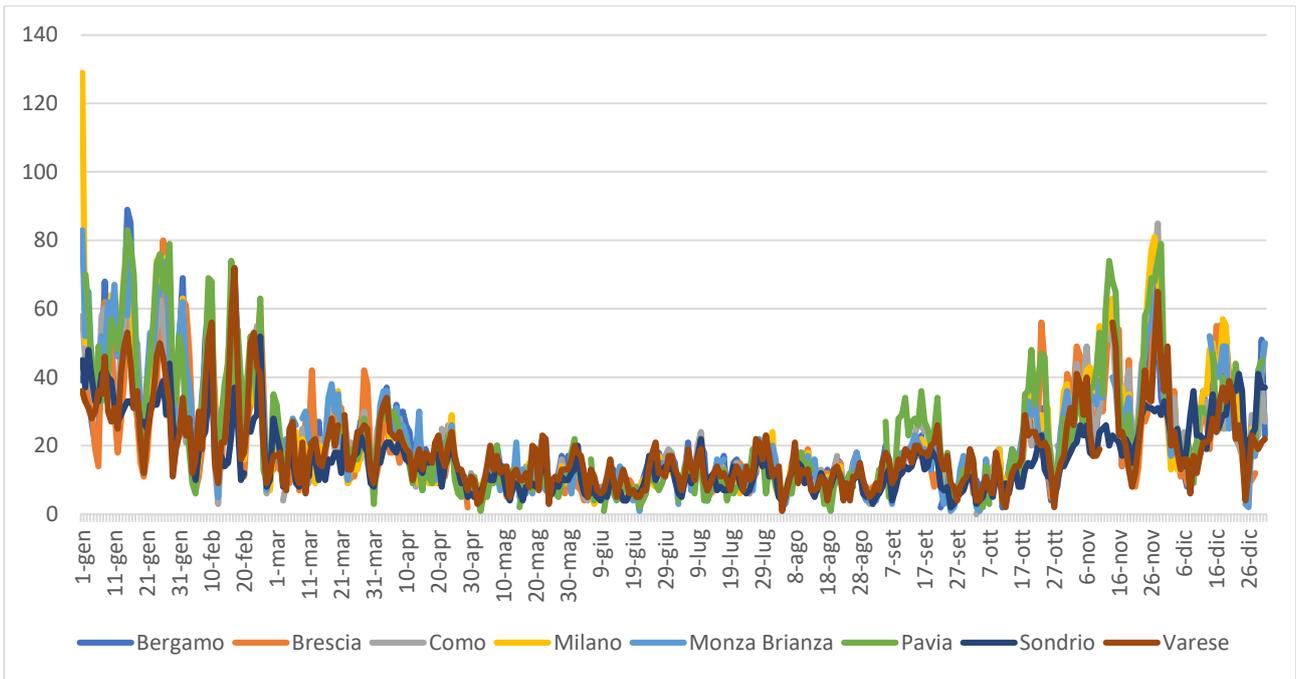


Grafico 73: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Lombardia

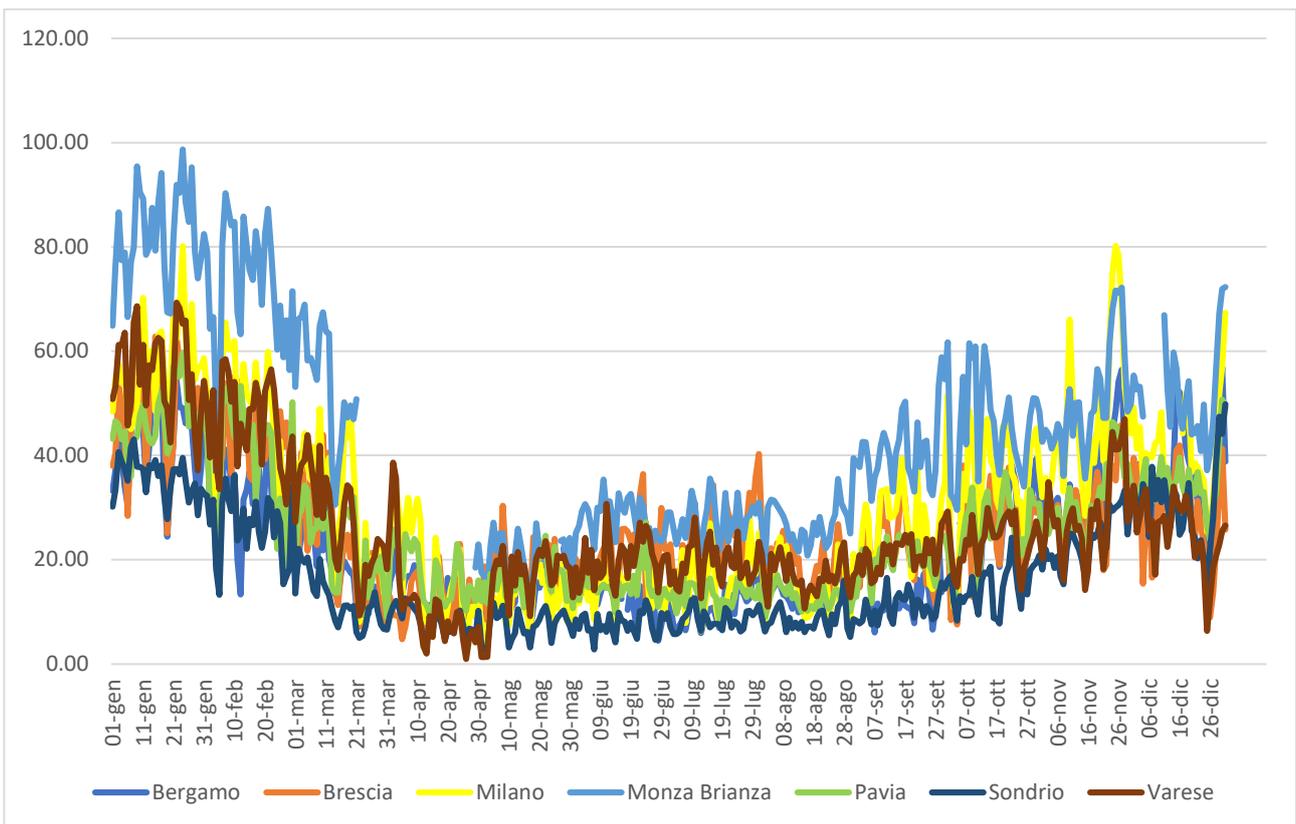


Grafico 74: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Lombardia

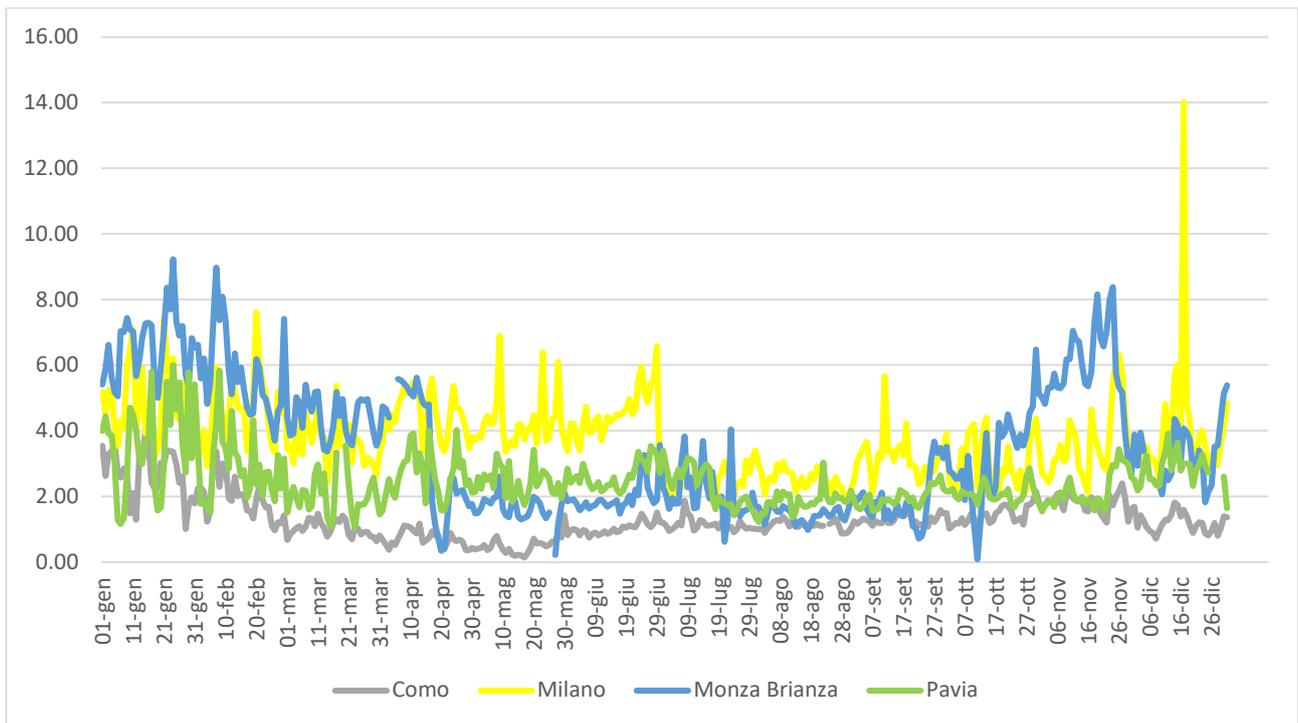


Grafico 75: : Concentrazioni medie giornaliere SO2 Lombardia

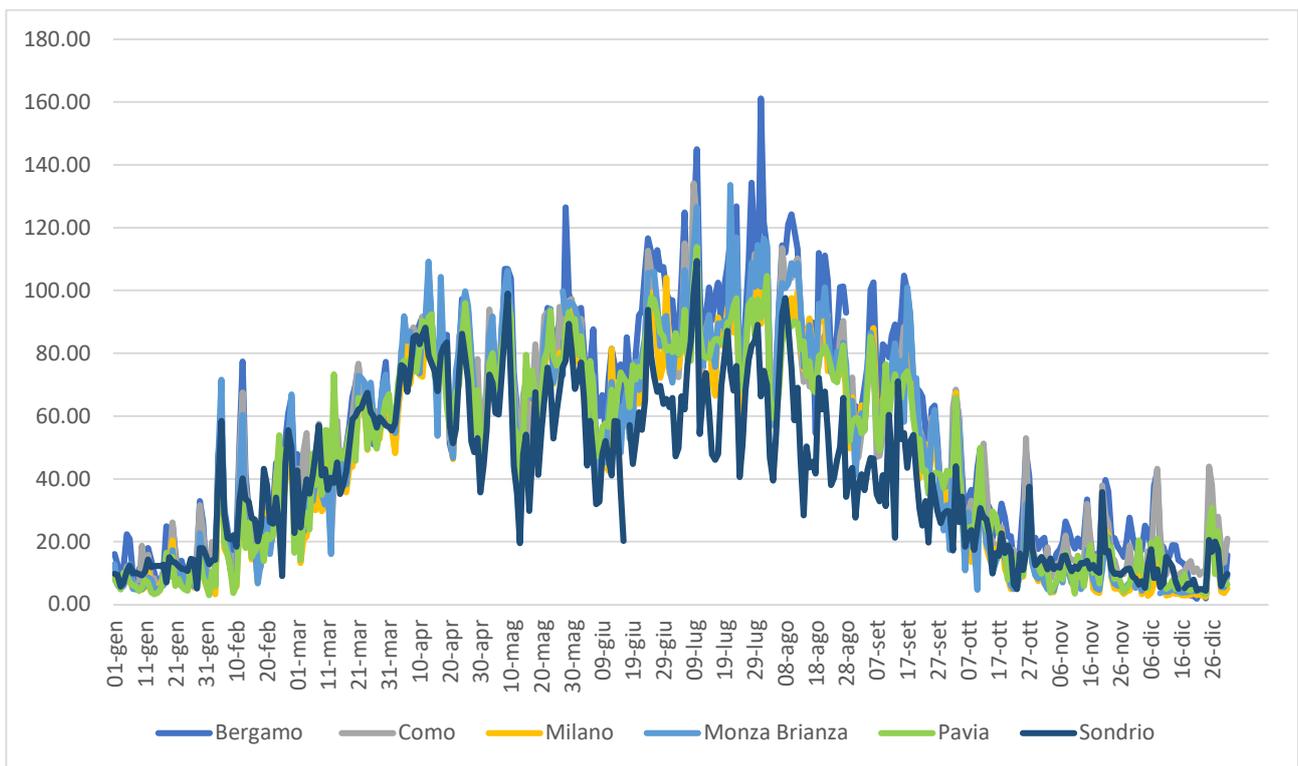


Grafico 76: Concentrazioni medie giornaliere O3 Lombardia

A.8. Marche

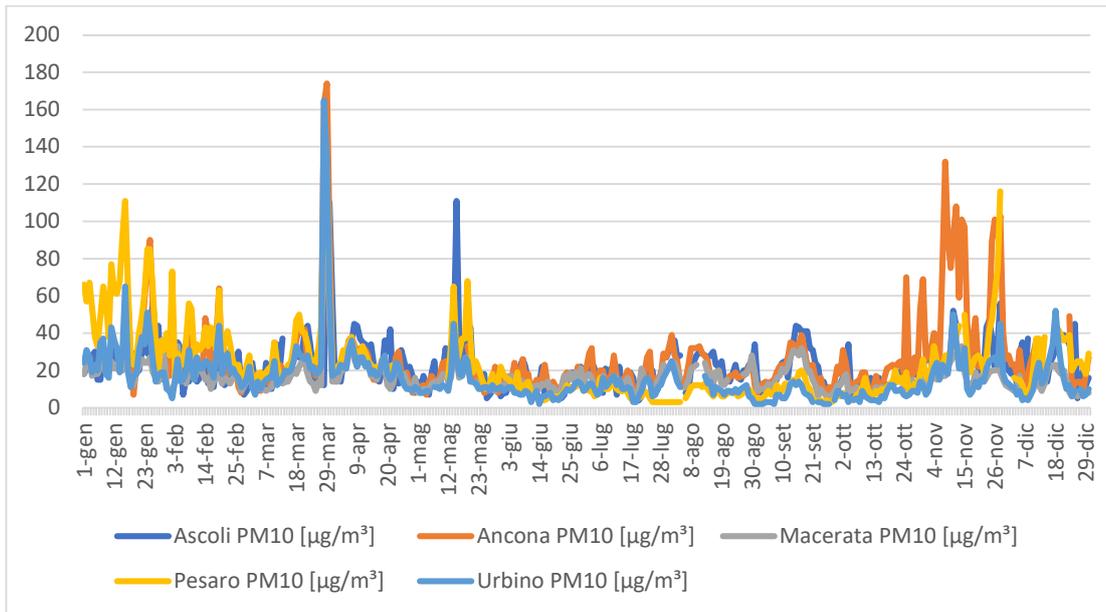


Grafico 77: Concentrazioni medie giornaliere PM 10 Marche

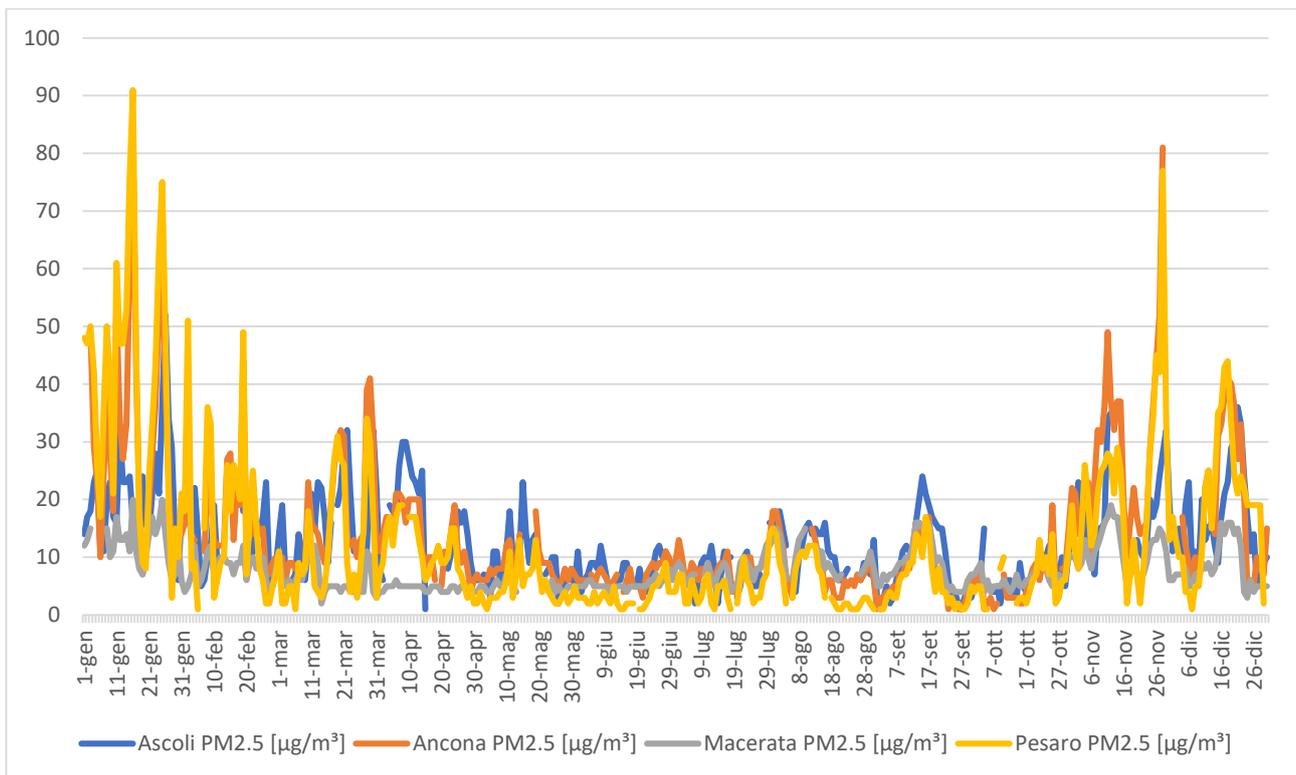


Grafico 78: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Marche

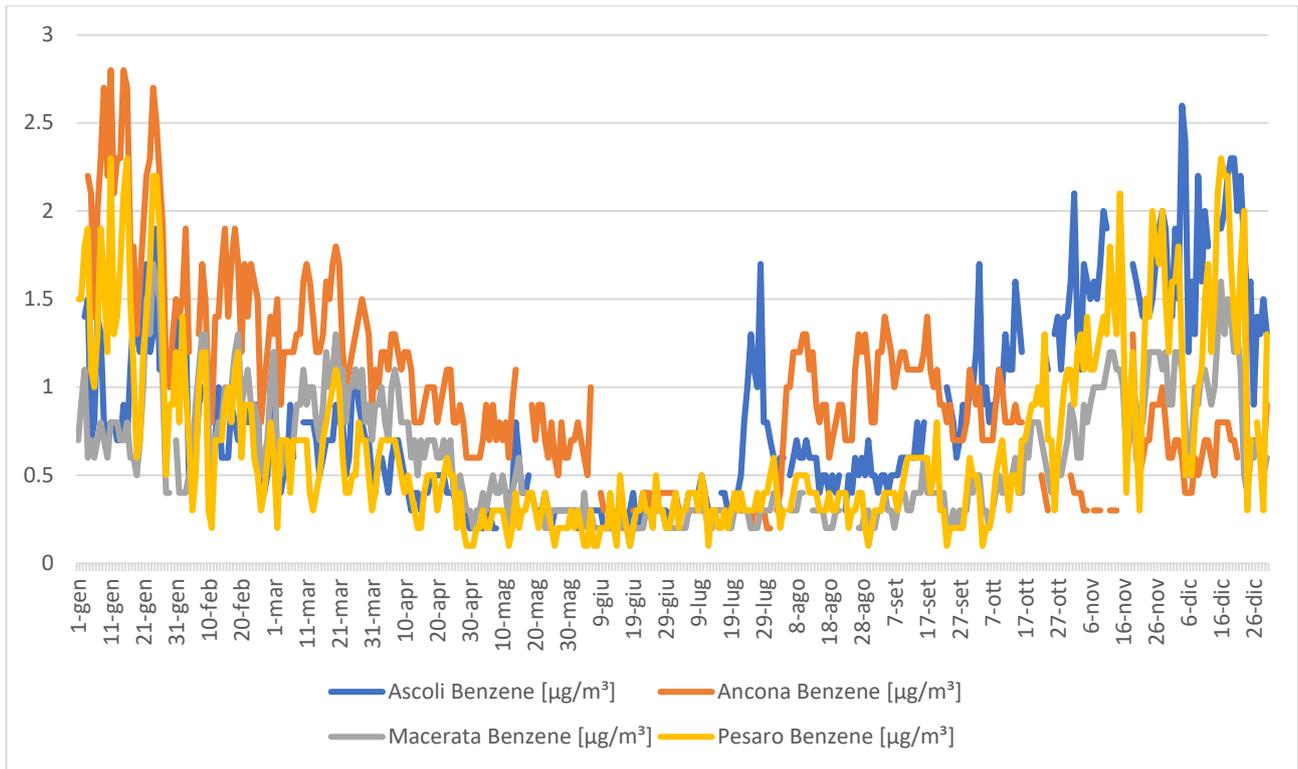


Grafico 79: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Marche

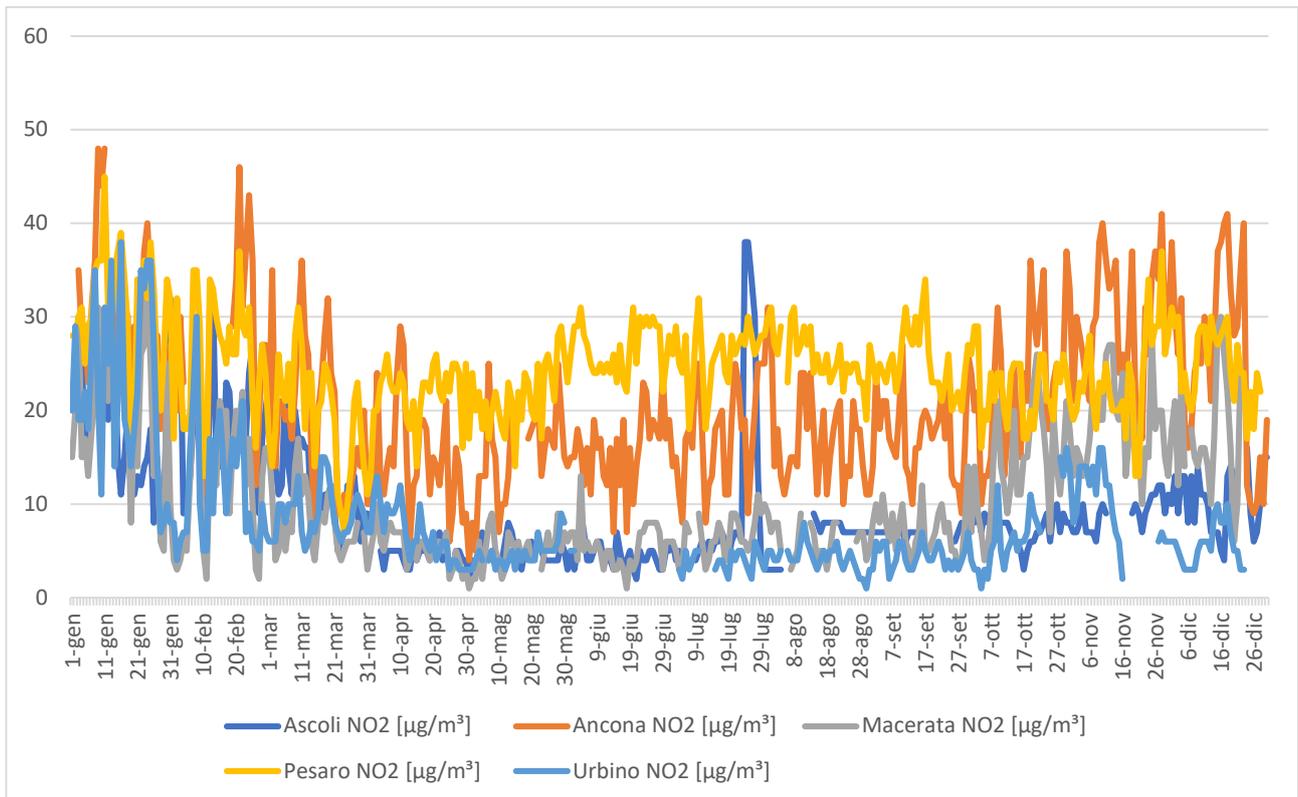


Grafico 80: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Lombardia

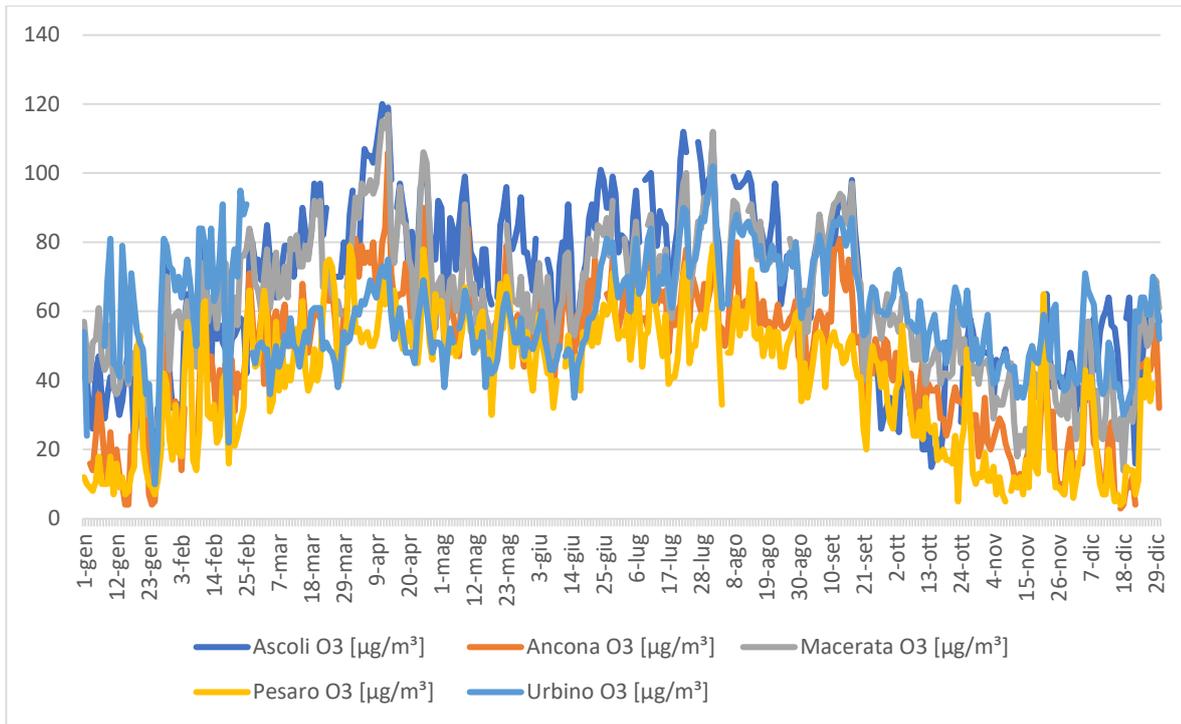


Grafico 81: Concentrazioni medie giornaliere O₃ Marche

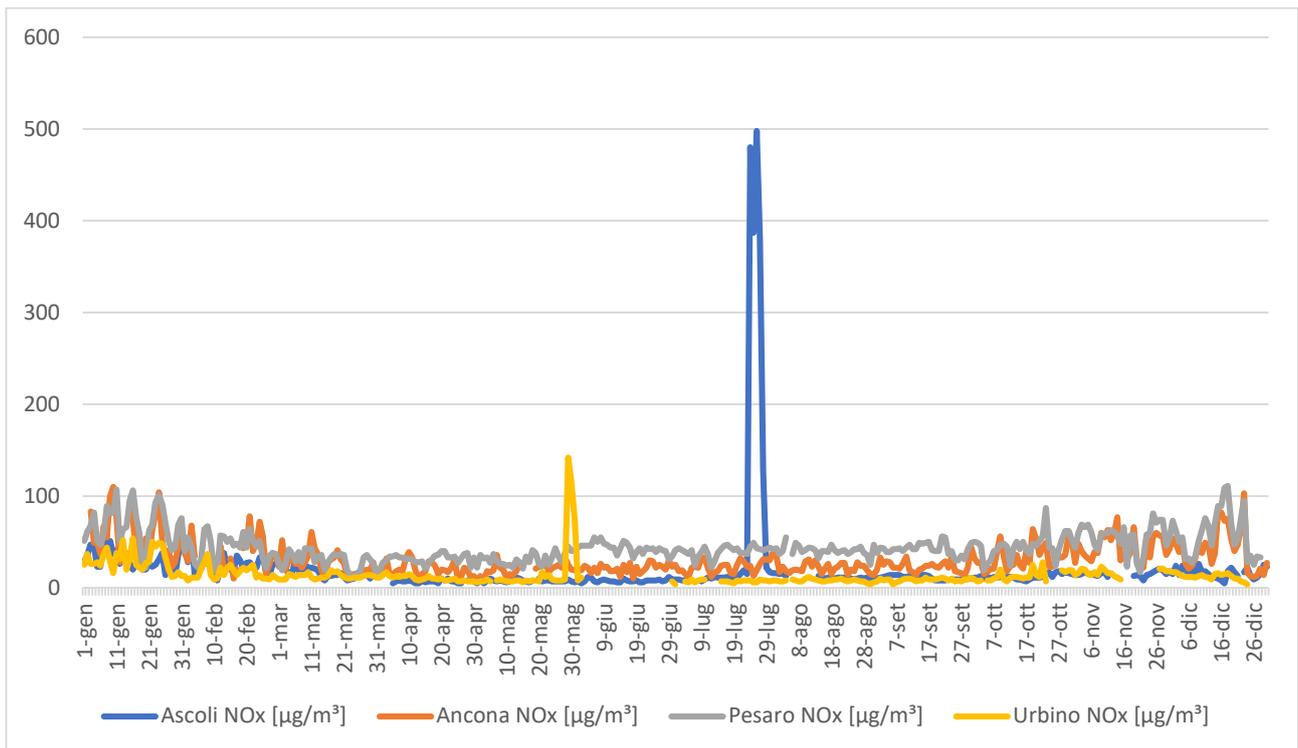


Grafico 82: Concentrazioni medie giornaliere NO_x Marche

A.9. Piemonte

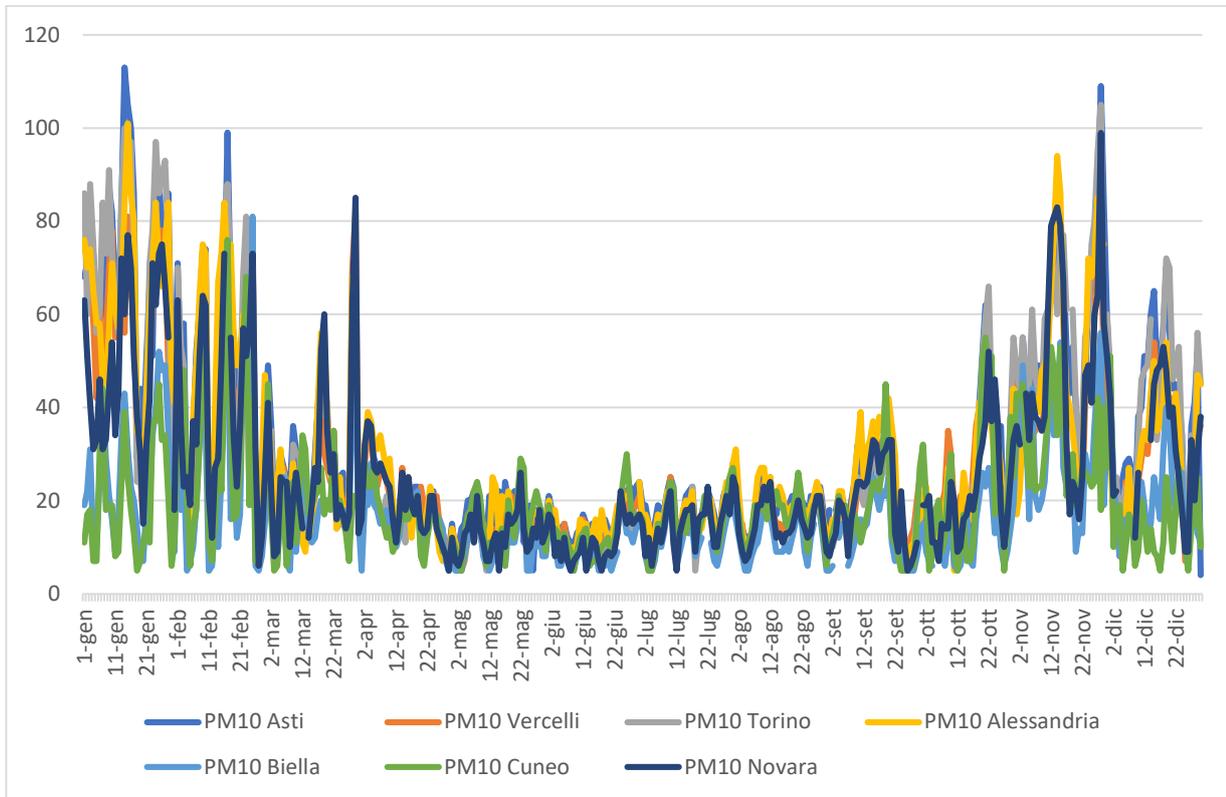


Grafico 83: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Piemonte

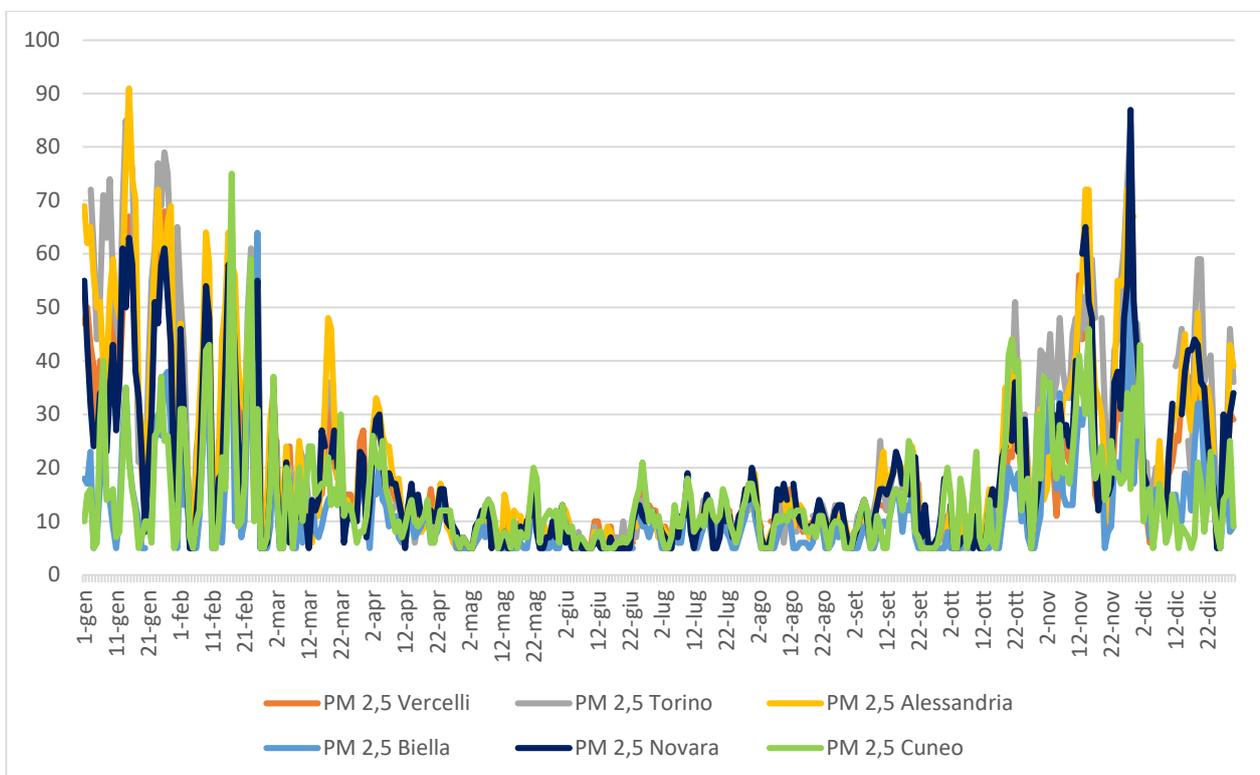


Grafico 84: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Piemonte

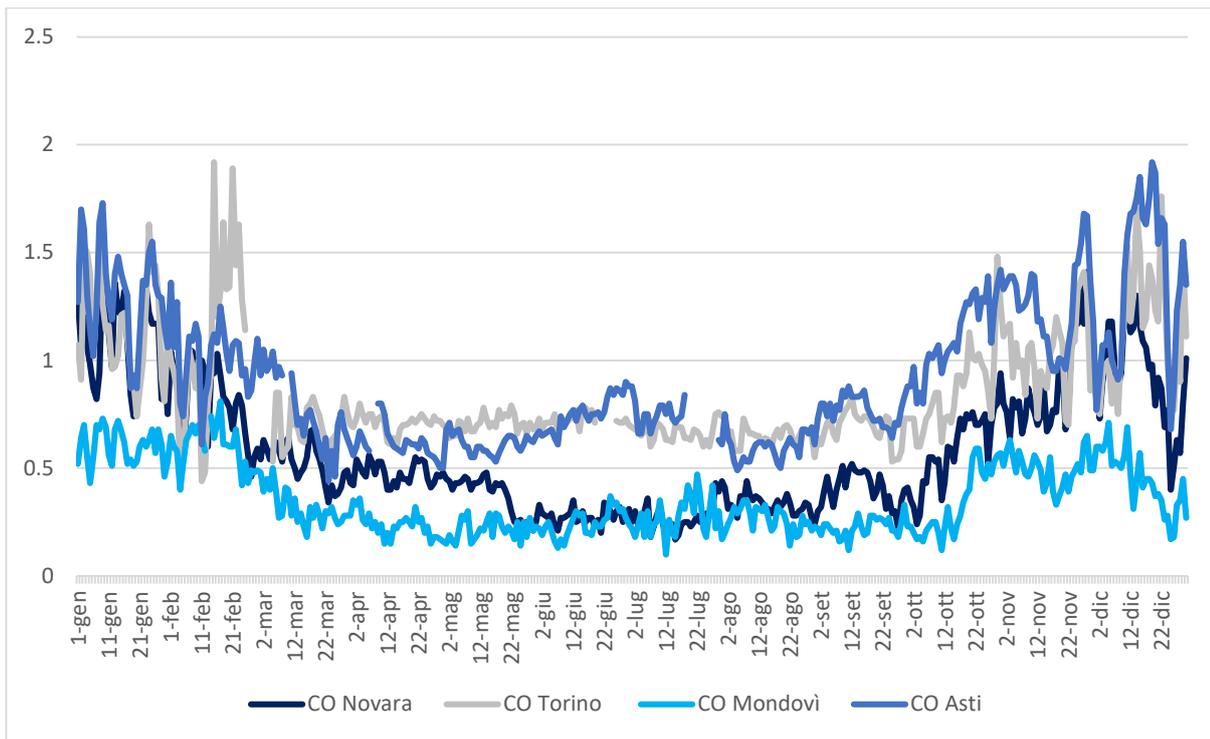


Grafico 85: Concentrazioni medie giornaliere CO Piemonte

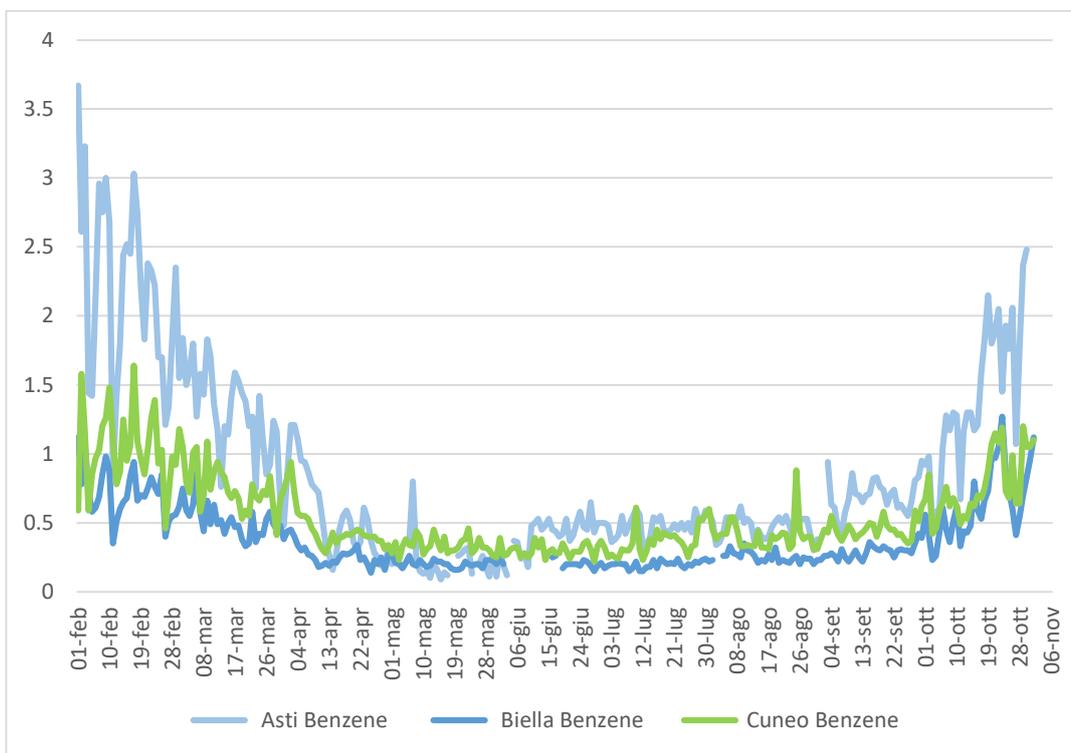


Grafico 86: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Piemonte

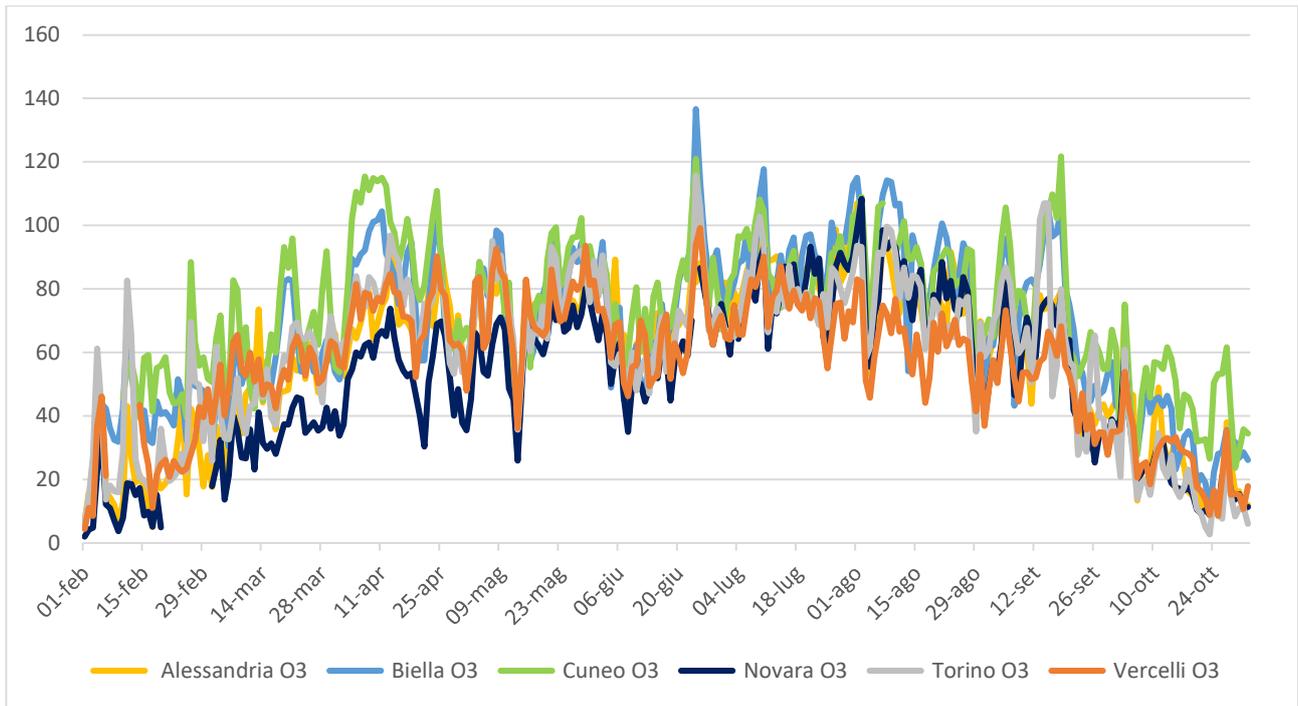


Grafico 87: Concentrazioni medie giornaliere O3 Piemonte

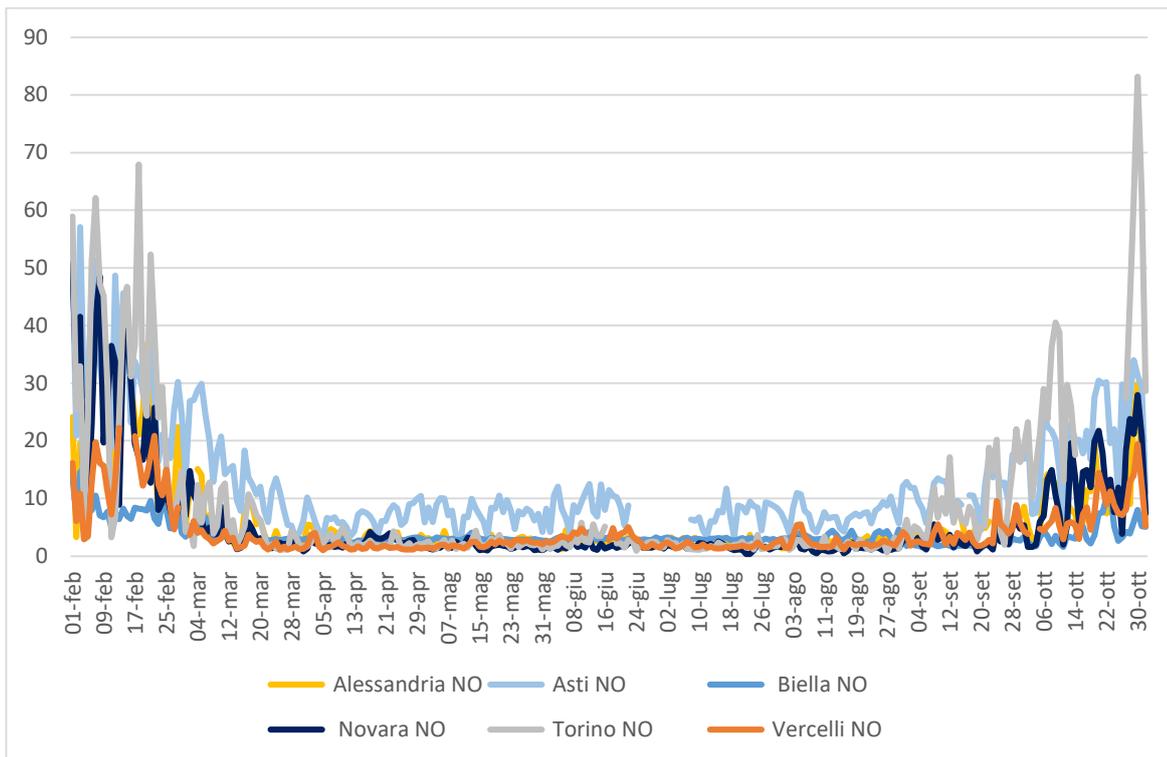


Grafico 88: Concentrazioni medie giornaliere NO Piemonte

A.10. Puglia

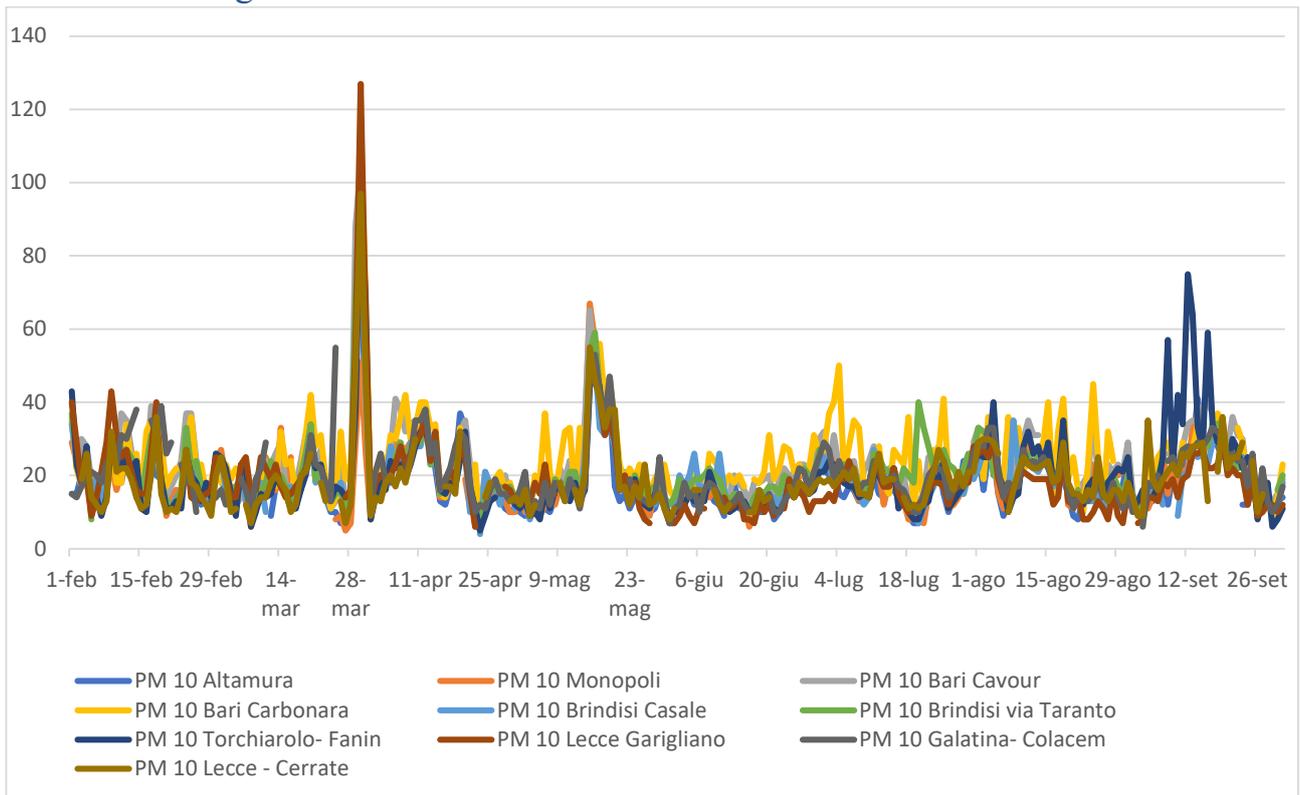


Grafico 89: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Puglia

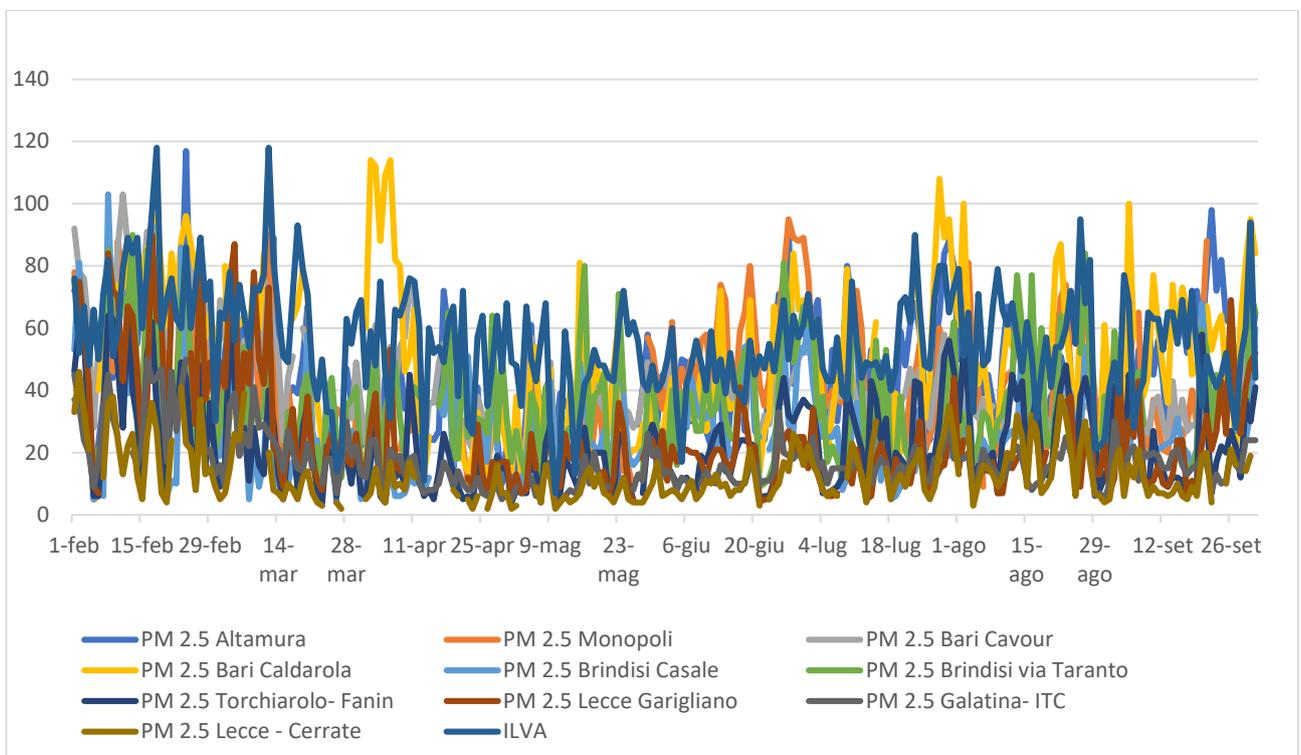


Grafico 90: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Puglia

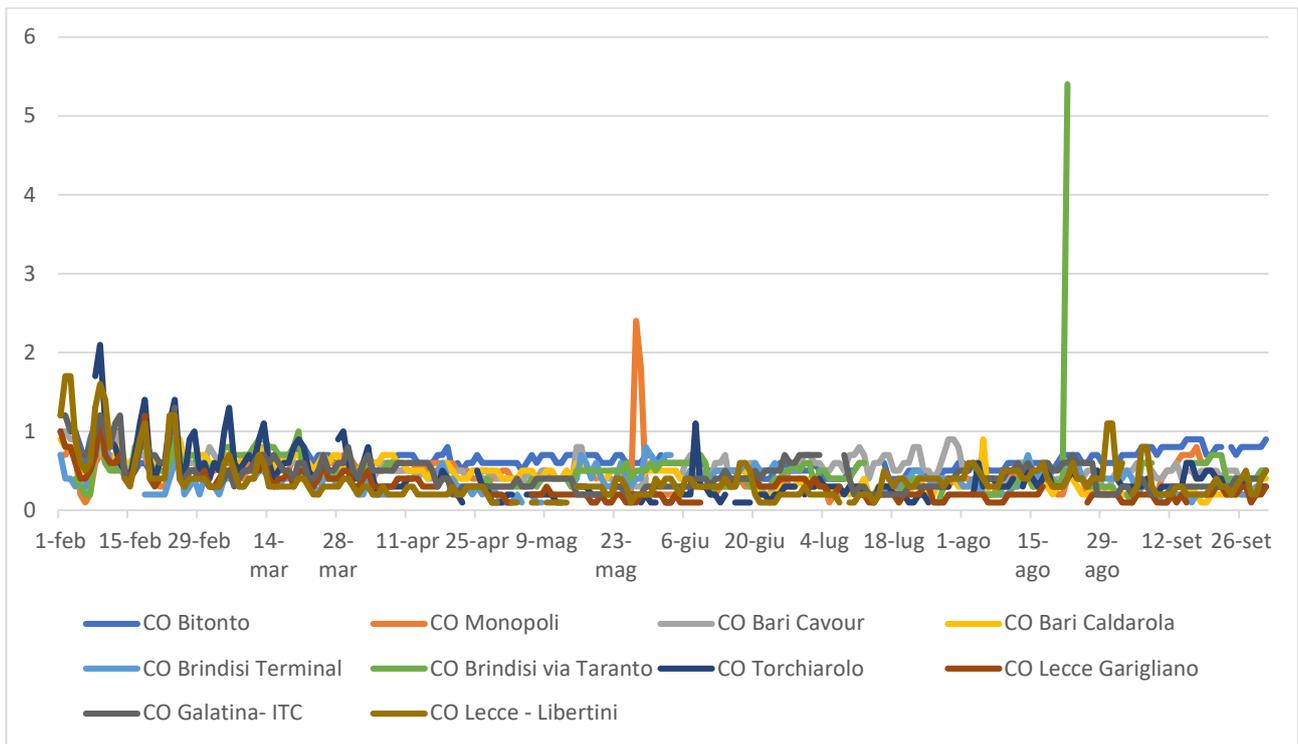


Grafico 91: Concentrazioni medie giornaliere CO Puglia

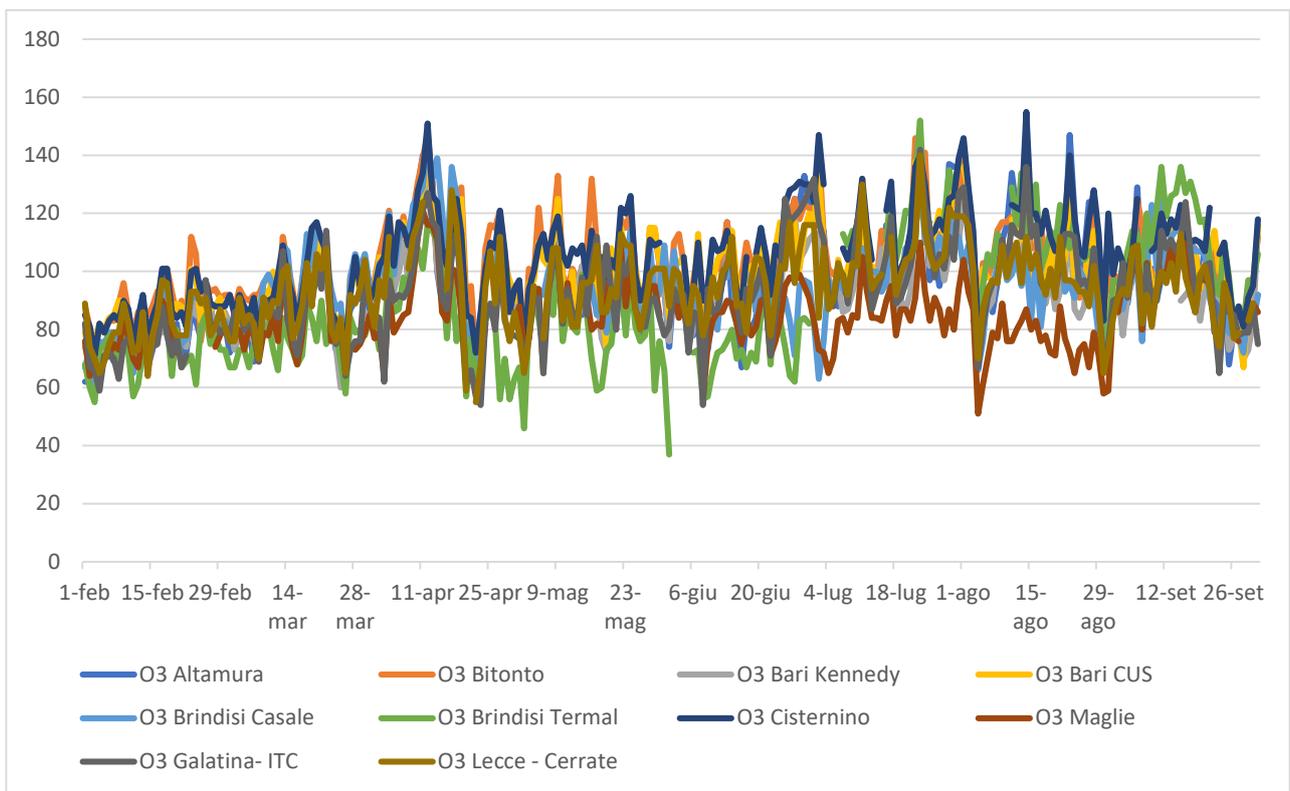


Grafico 92: Concentrazioni medie giornaliere O3 Puglia

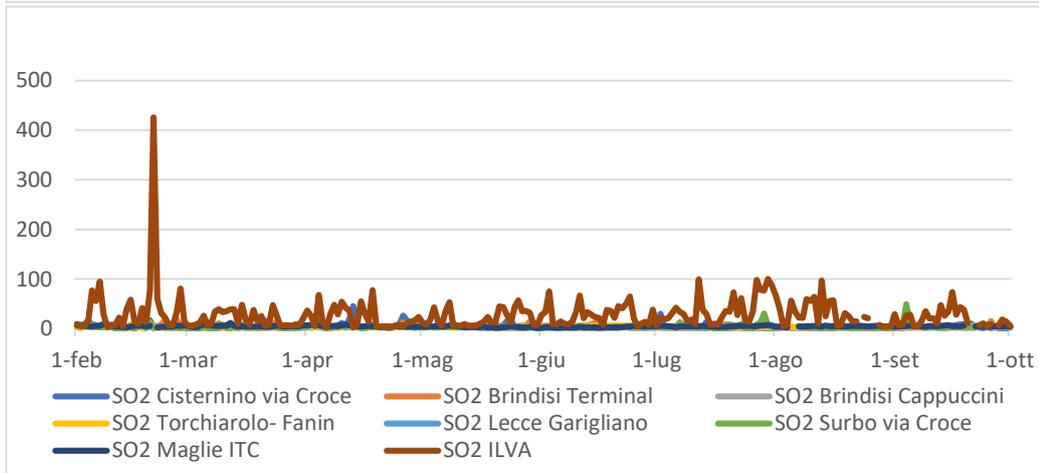
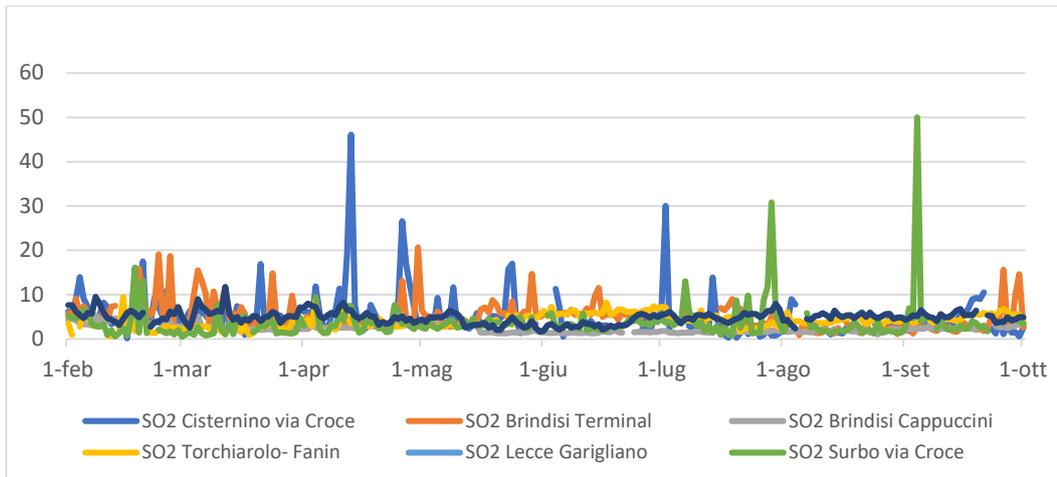


Grafico 93: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Puglia

A.11. Sardegna

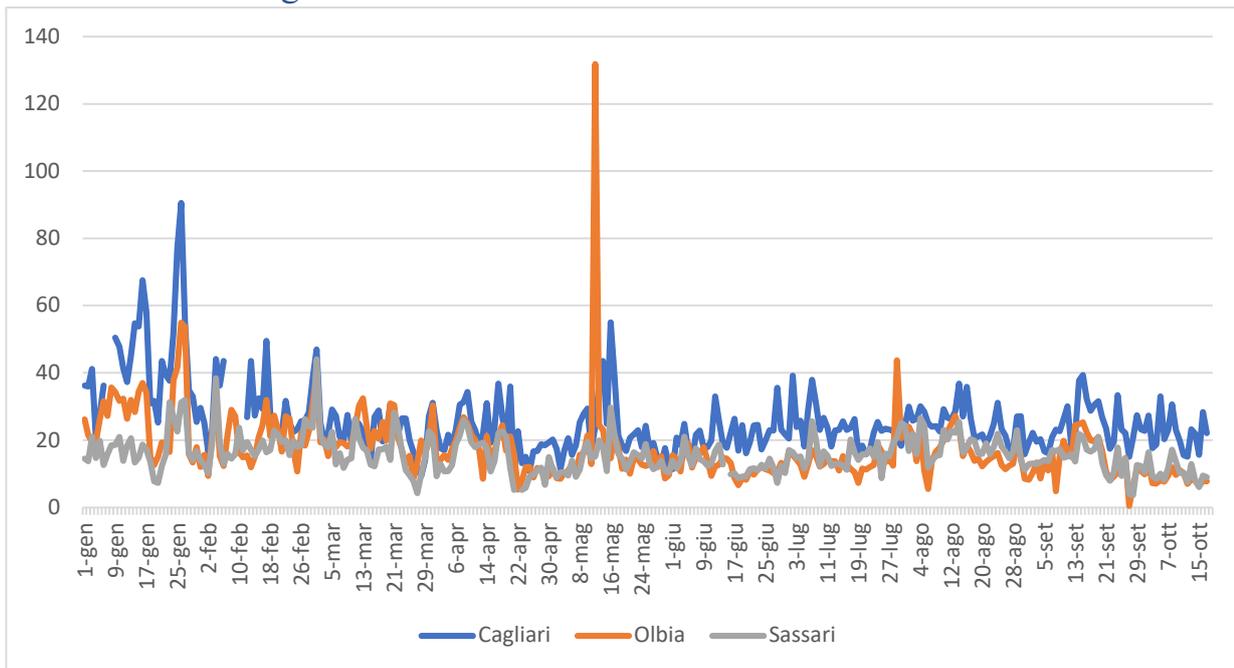


Grafico 94: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Sardegna

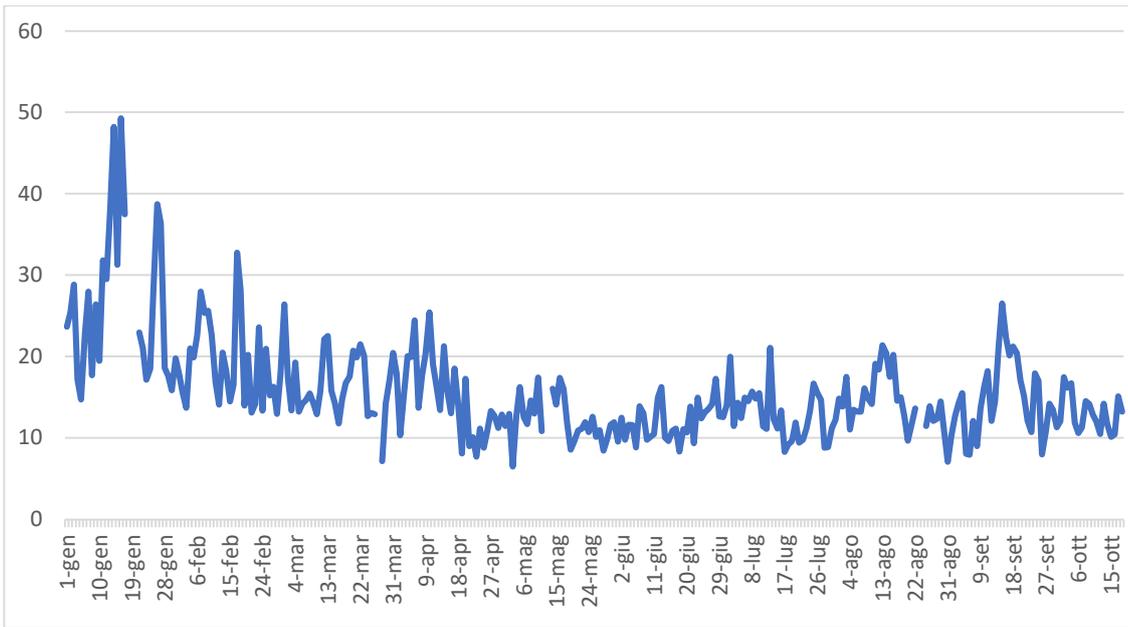


Grafico 95: Concentrazione media giornaliera PM 2,5 Cagliari

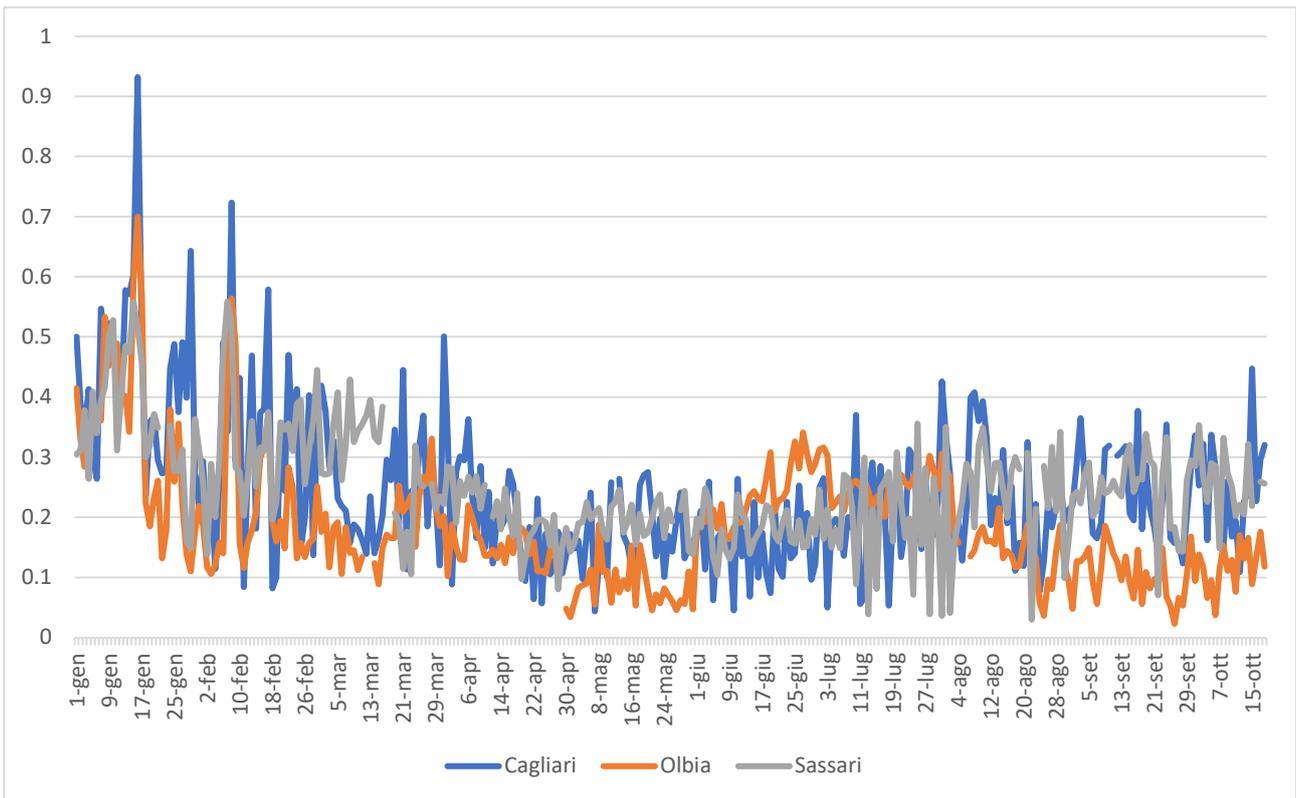


Grafico 96: Concentrazioni medie giornaliera Sardegna

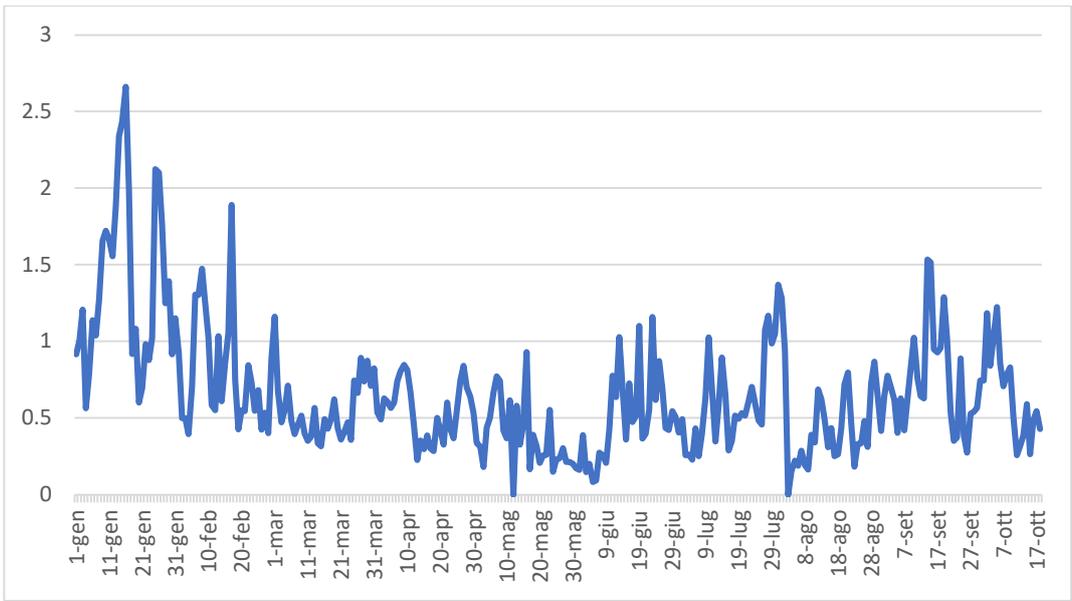


Grafico 97: Concentrazioni medie giornaliere Benzene Cagliari

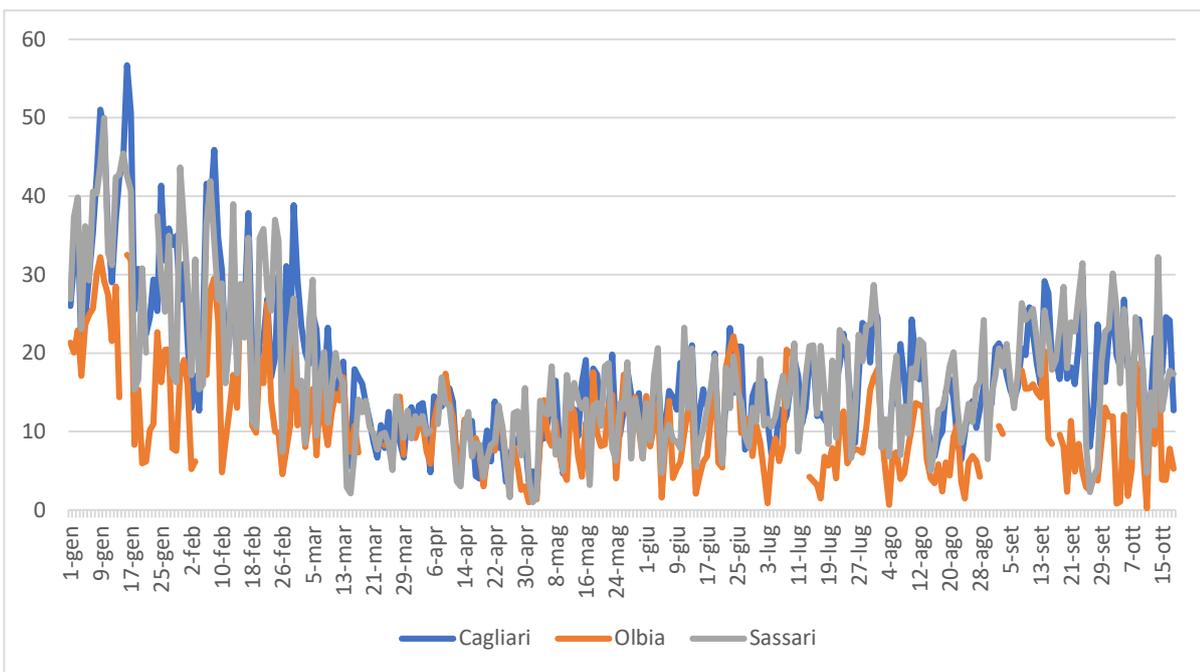


Grafico 98: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Sardegna

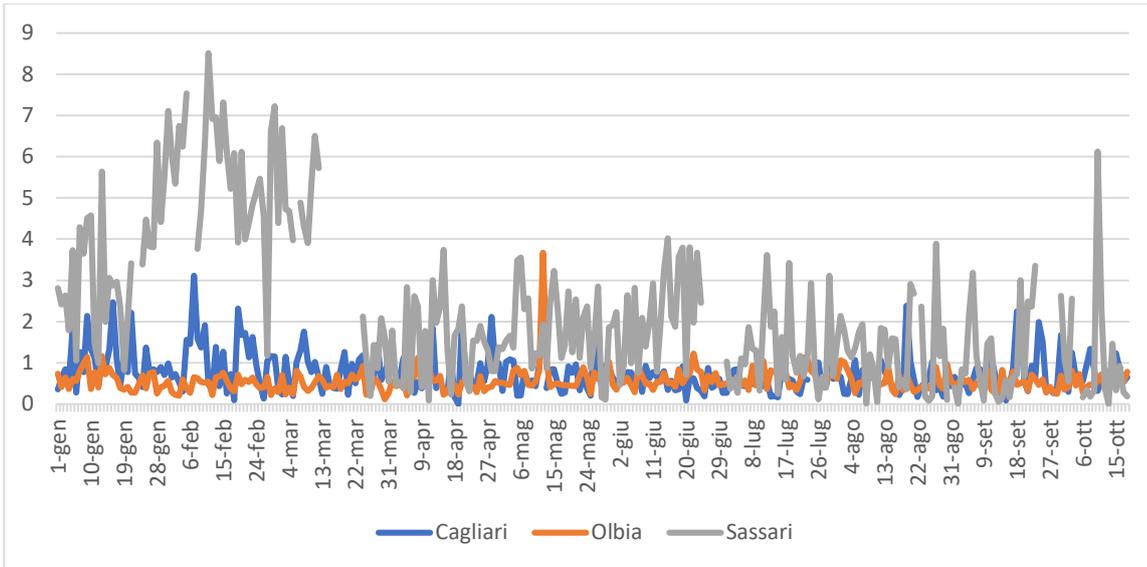


Grafico 99: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Sardegna

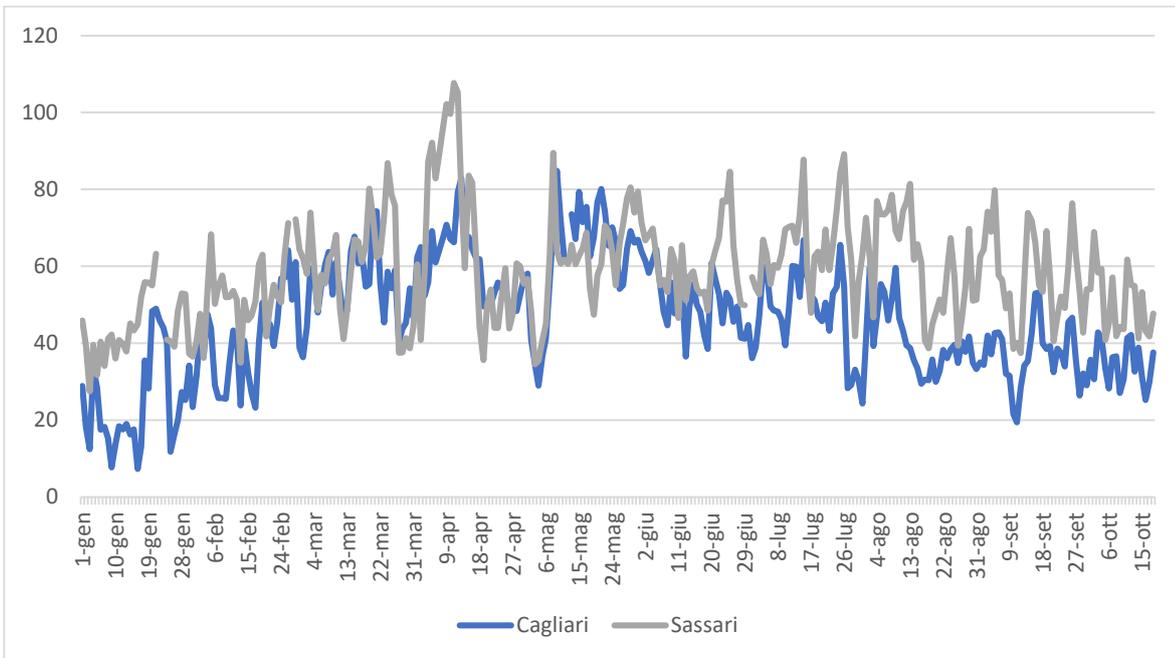


Grafico 100: Concentrazioni medie giornaliere O3 Sardegna

A.12. Toscana

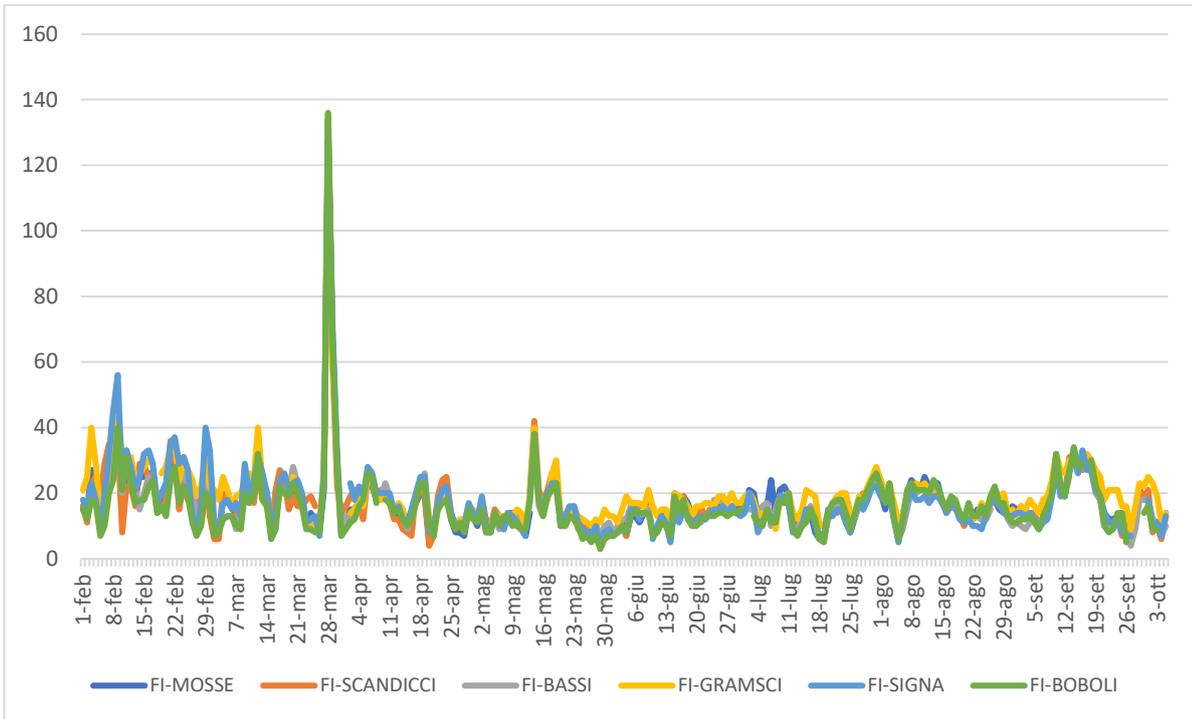


Grafico 101: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Toscana

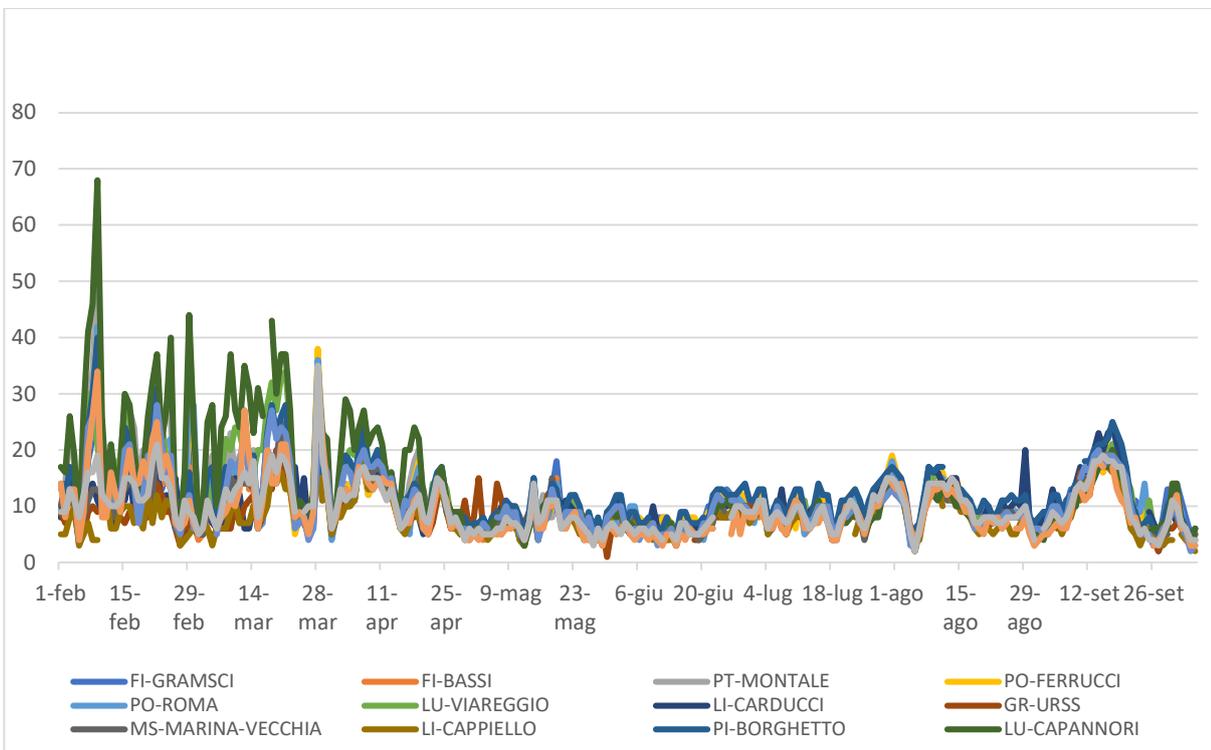


Grafico 102: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Toscana

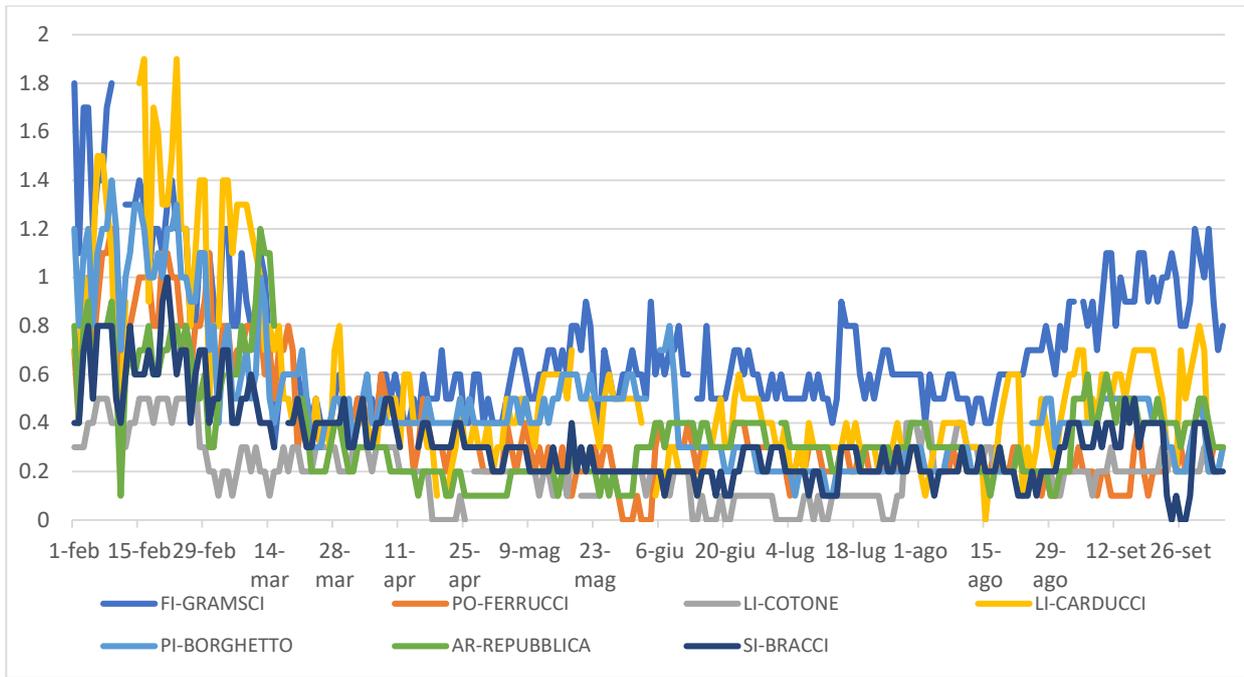


Grafico 103: Concentrazioni medie giornaliere CO Toscana

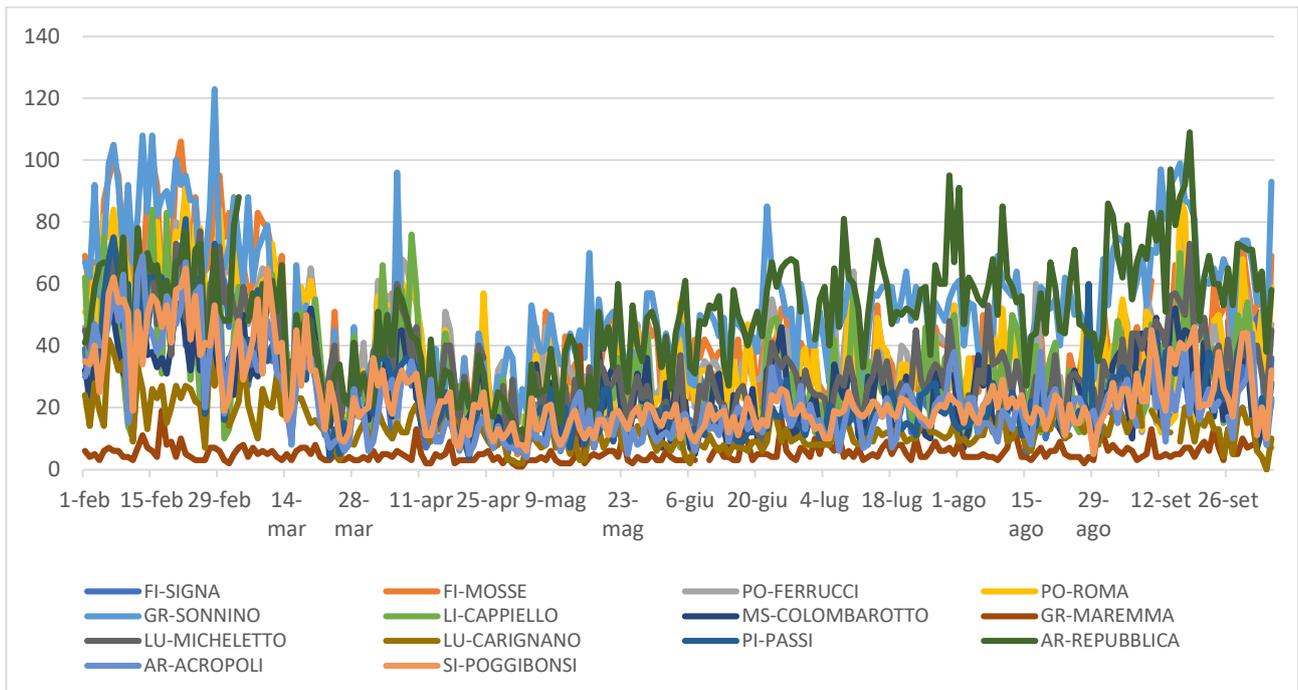


Grafico 104: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Toscana

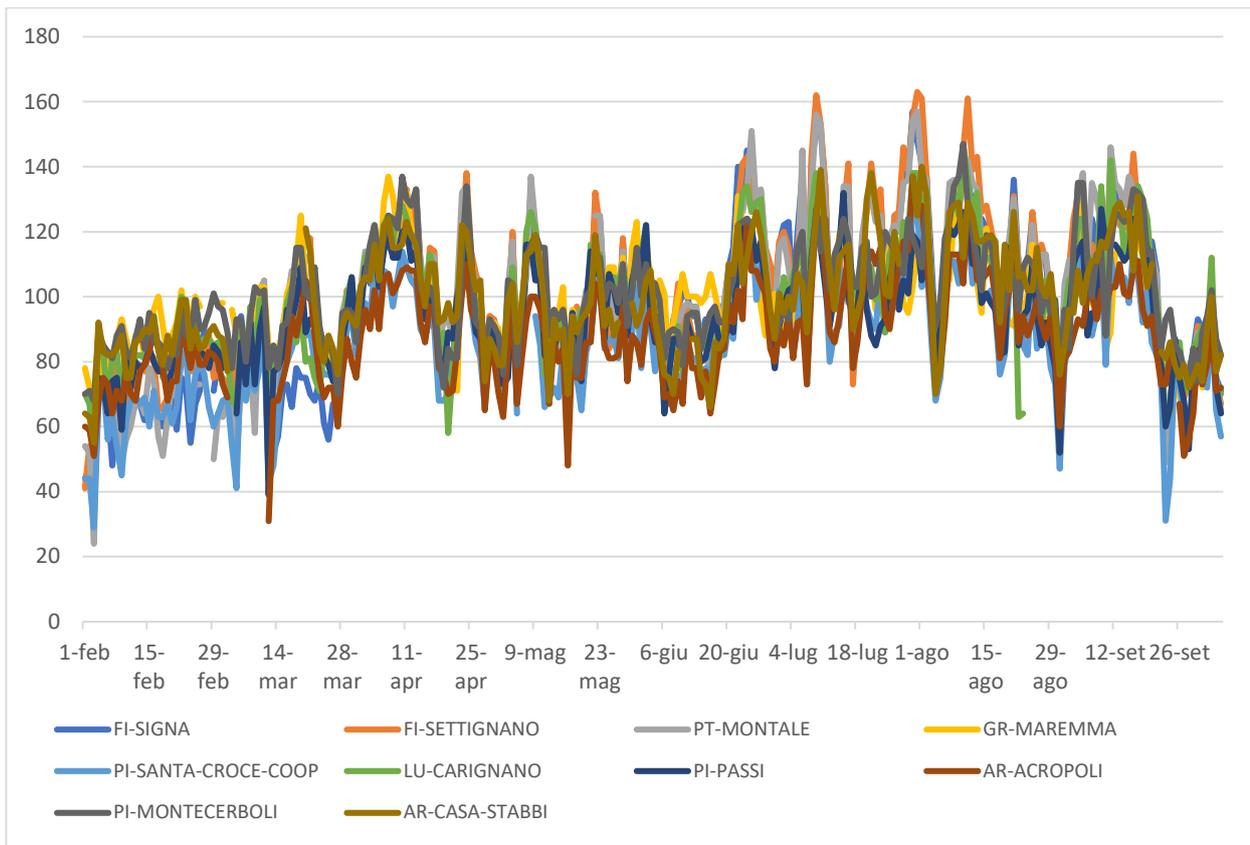


Grafico 105: Concentrazioni medie giornaliere O3 Toscana

A.13. Trentino

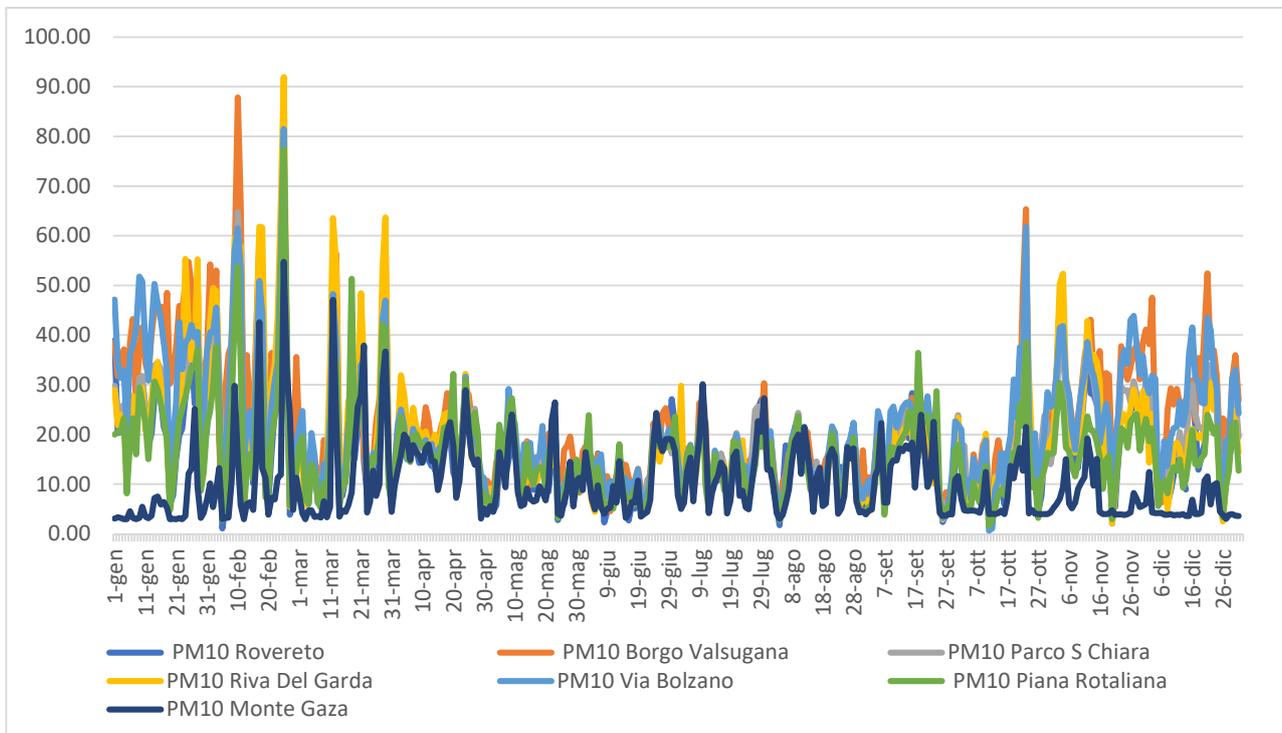


Grafico 106: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Trentino

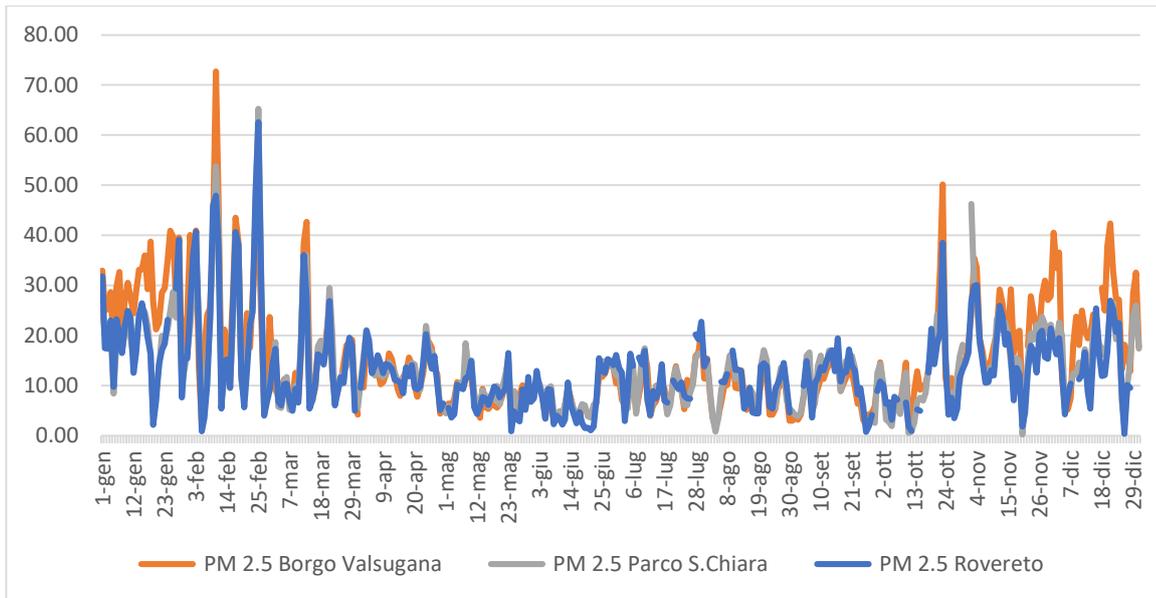


Grafico 107: Concentrazione medie giornaliere PM 2,5 Trentino

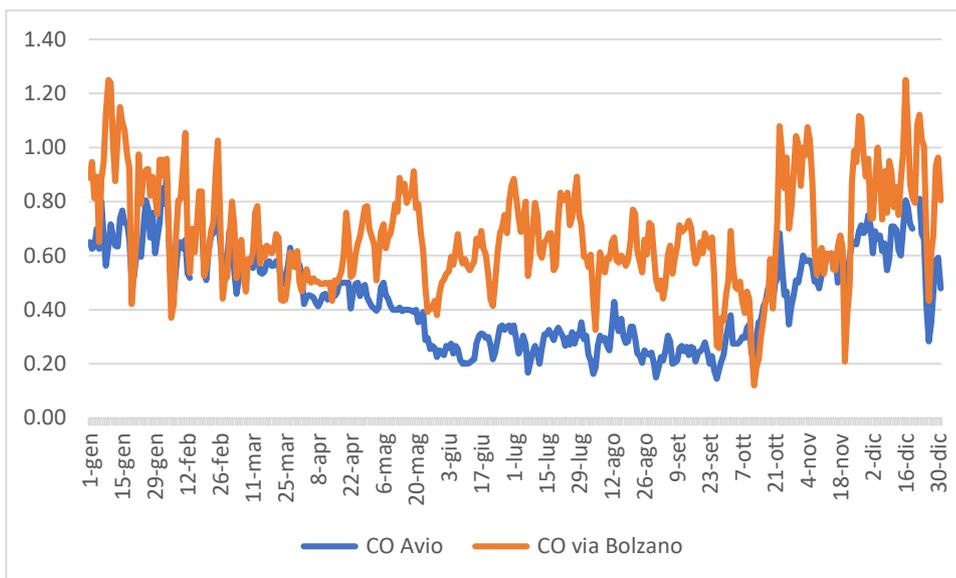


Grafico 108: Concentrazioni medie giornaliere CO Trentino

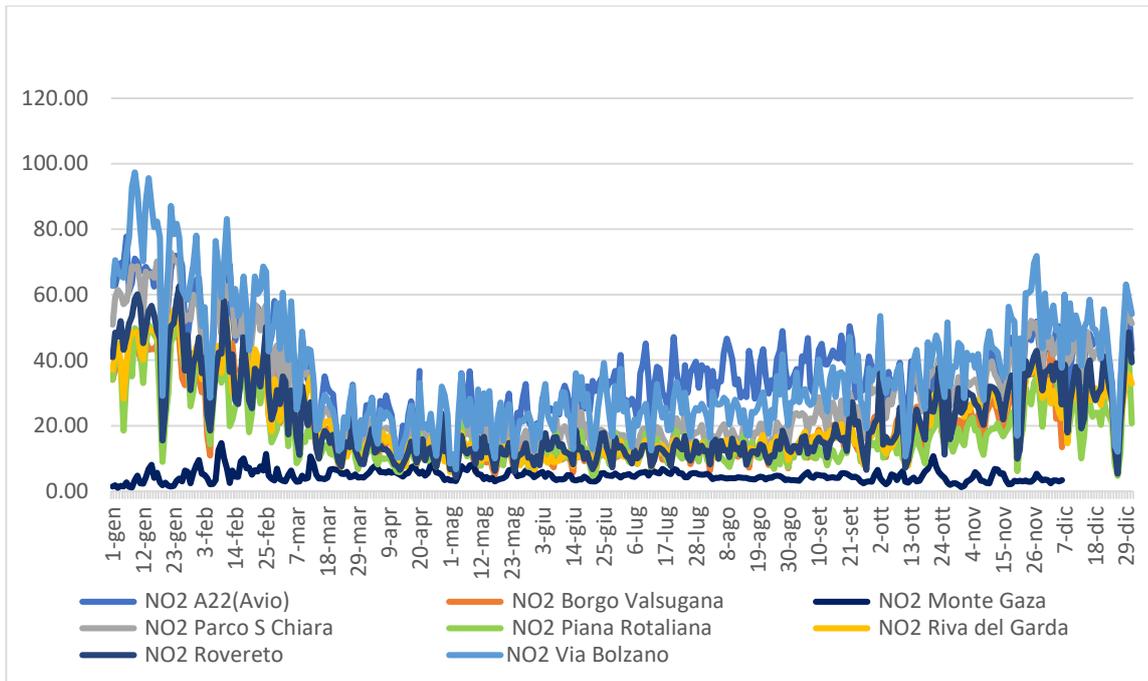


Grafico 109: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Trentino

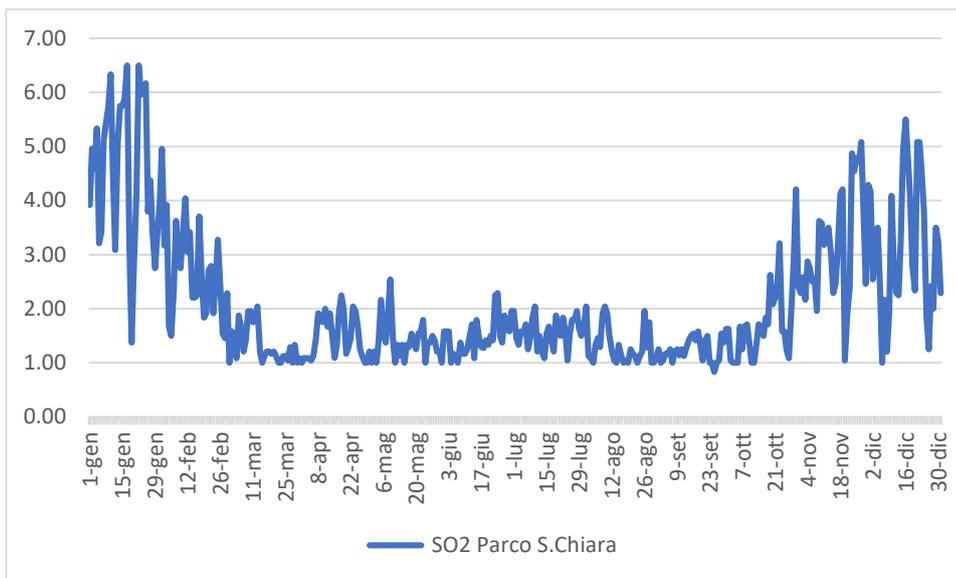


Grafico 110: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Trento

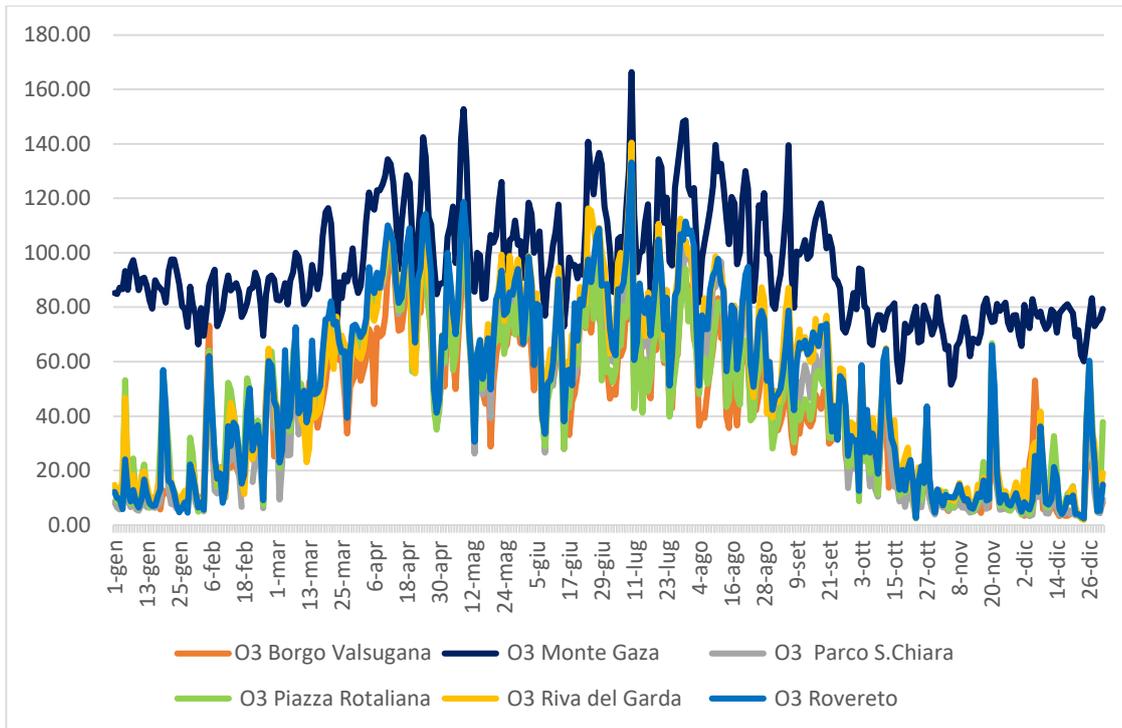


Grafico 111: Concentrazioni medie giornaliere O3 Trentino

A.14. Umbria

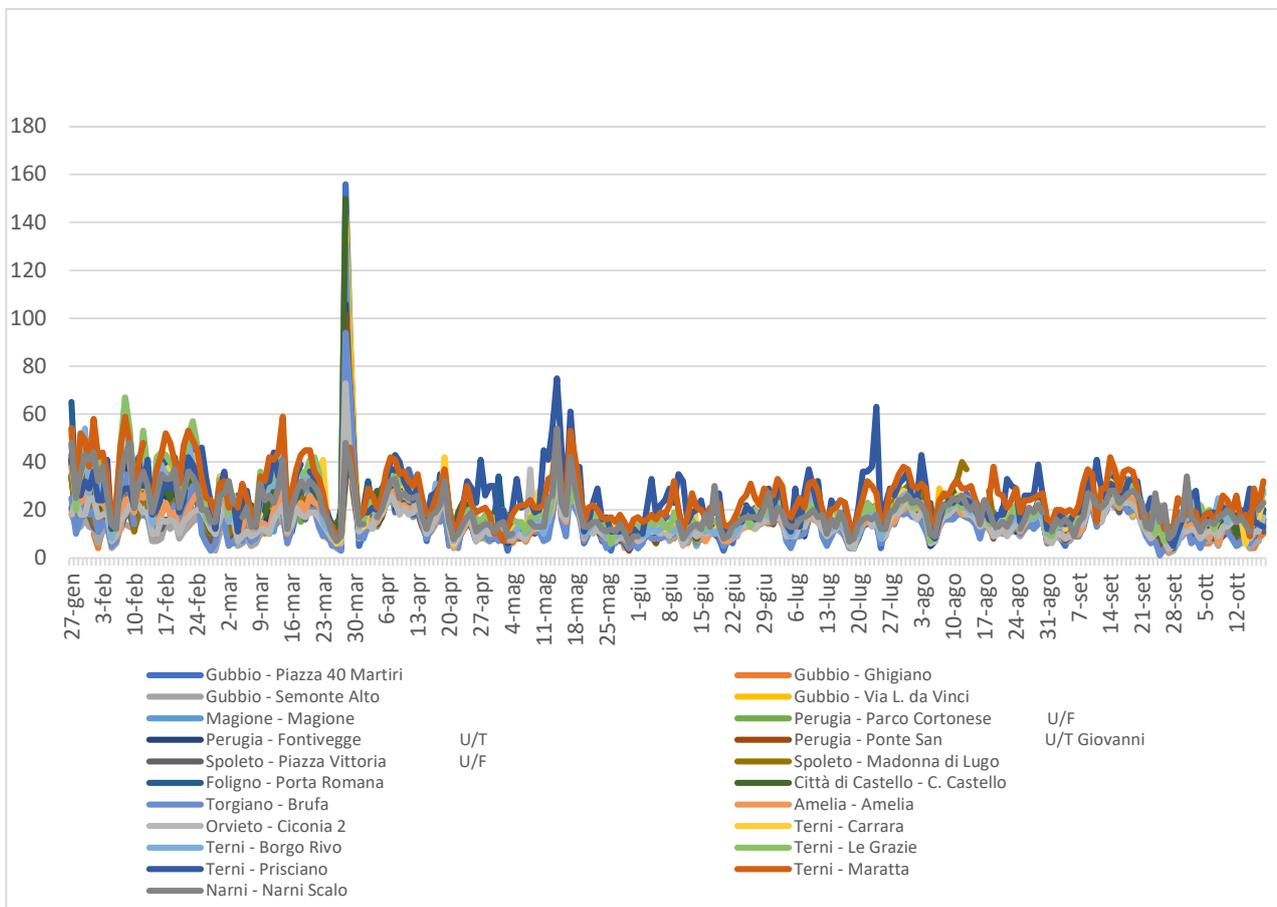


Grafico 112: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Umbria

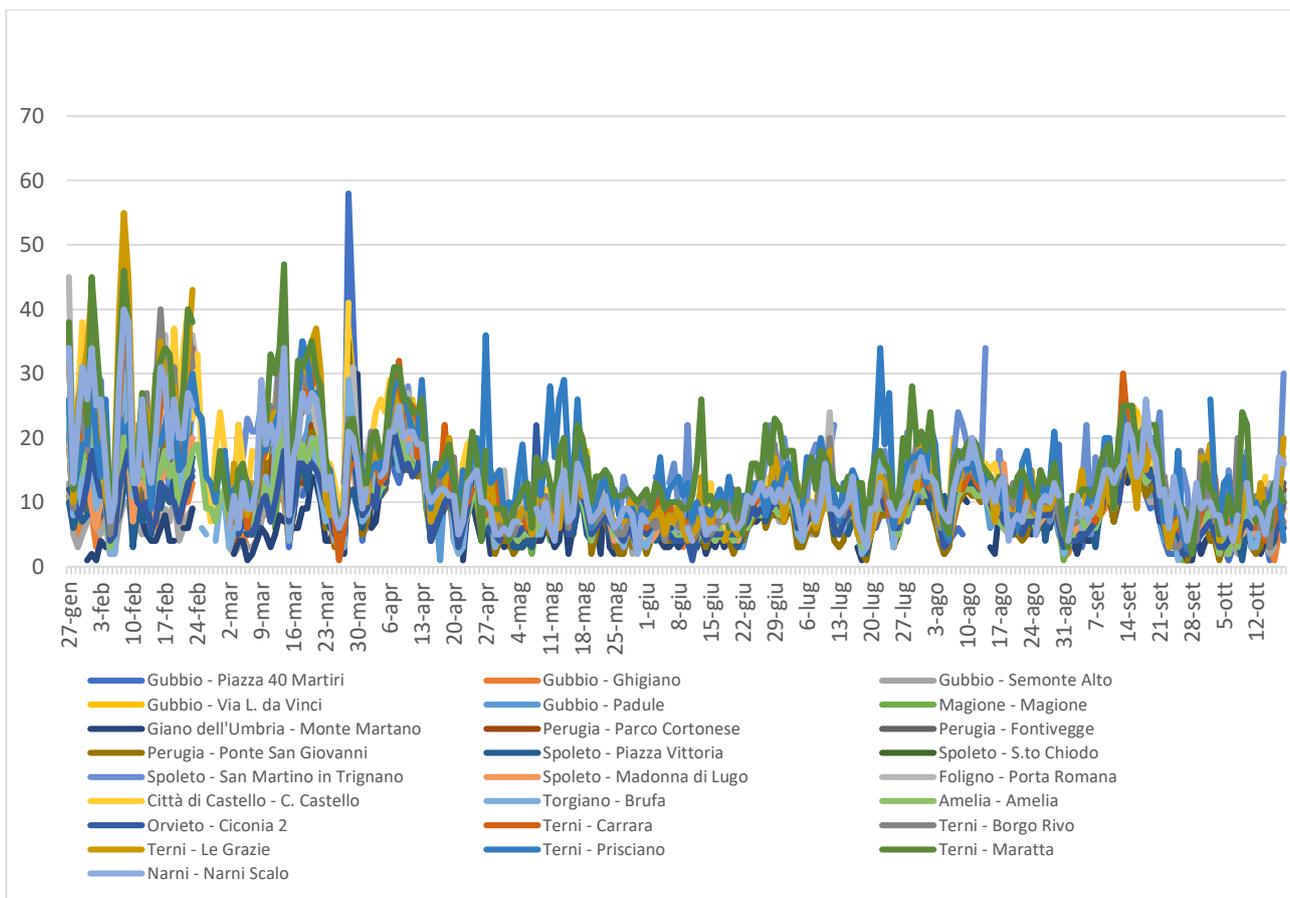


Grafico 113: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Umbria

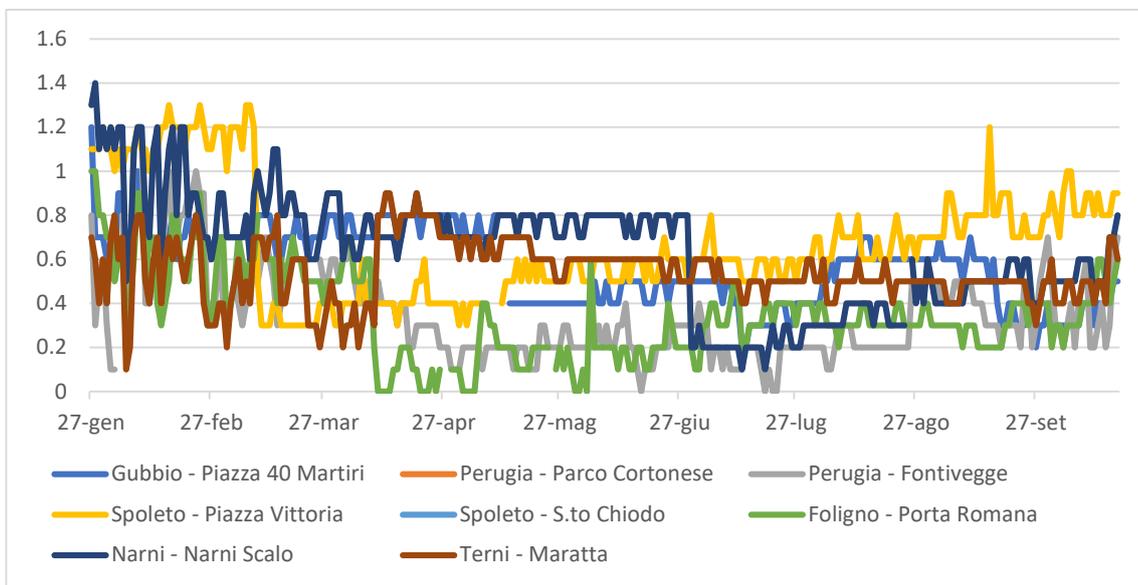


Grafico 114: Concentrazioni medie giornaliere CO Umbria

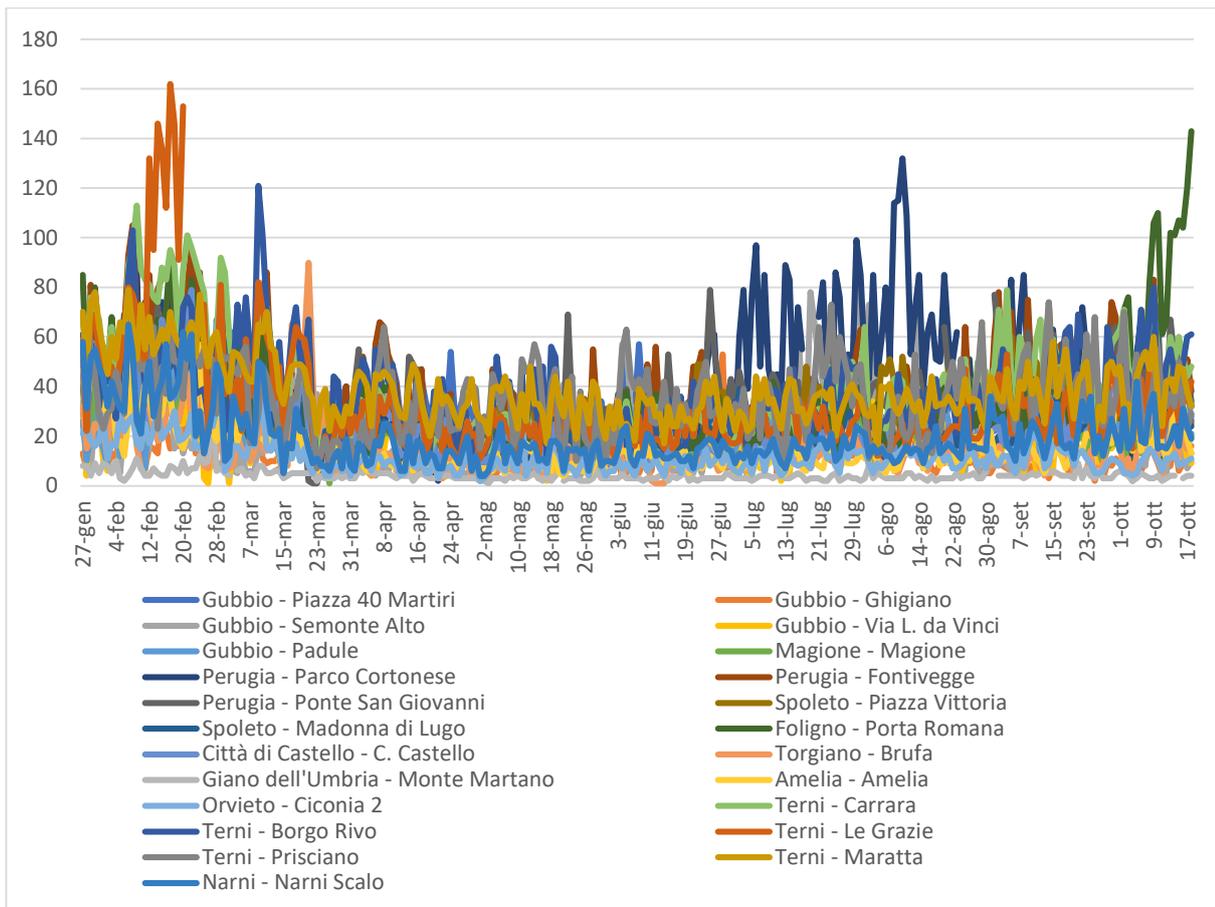


Grafico 115: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Umbria

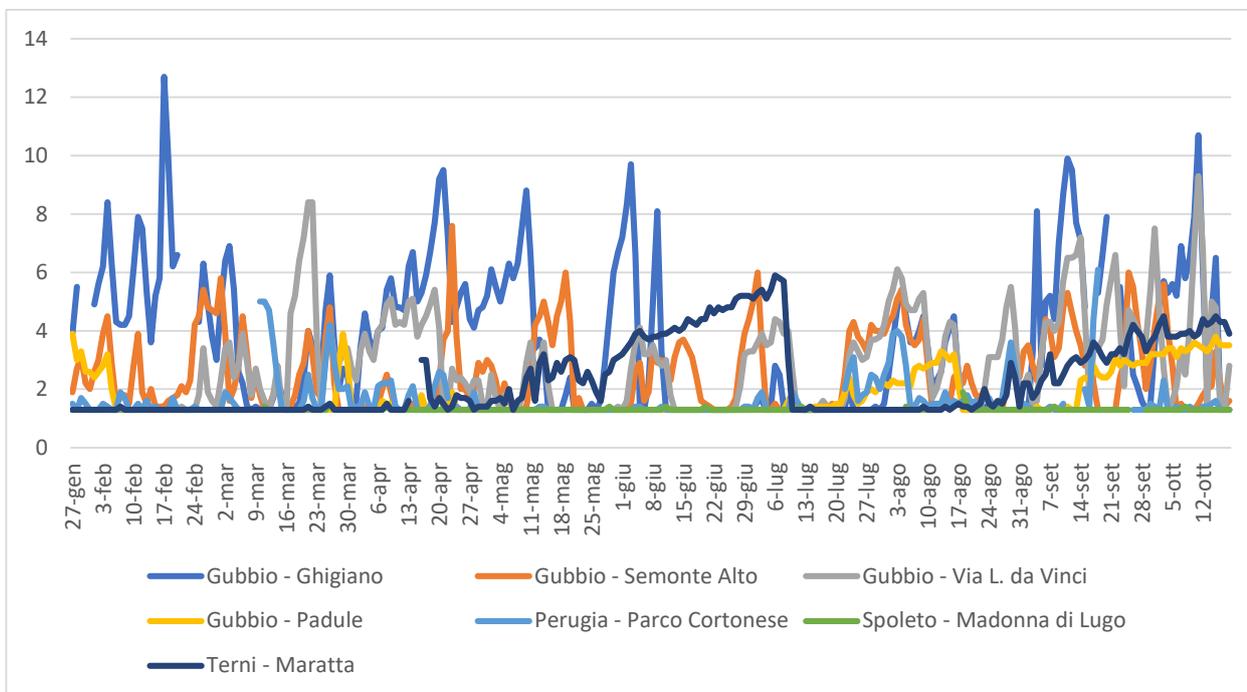


Grafico 116: Concentrazioni medie giornaliere SO2 Umbria

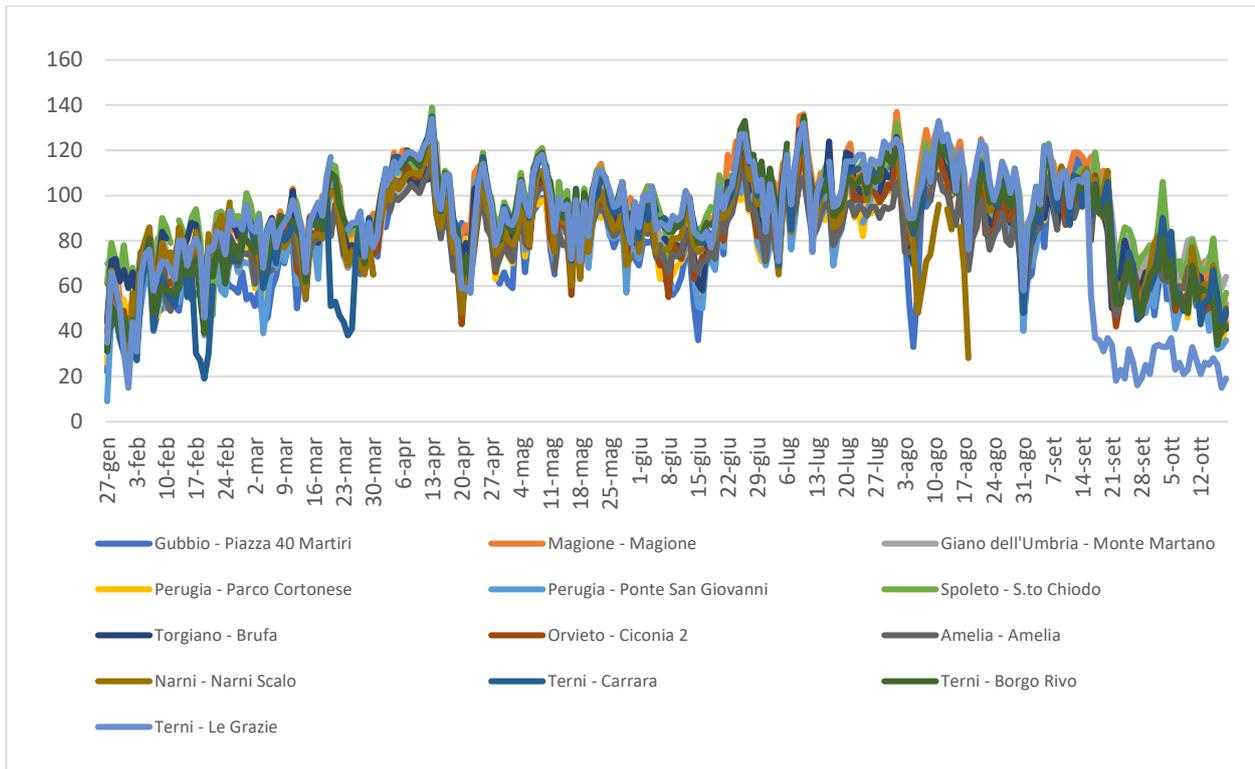


Gráfico 117: Concentrazioni medie giornaliere sulle 8 h O3 Umbria

A.15. Valle d'Aosta

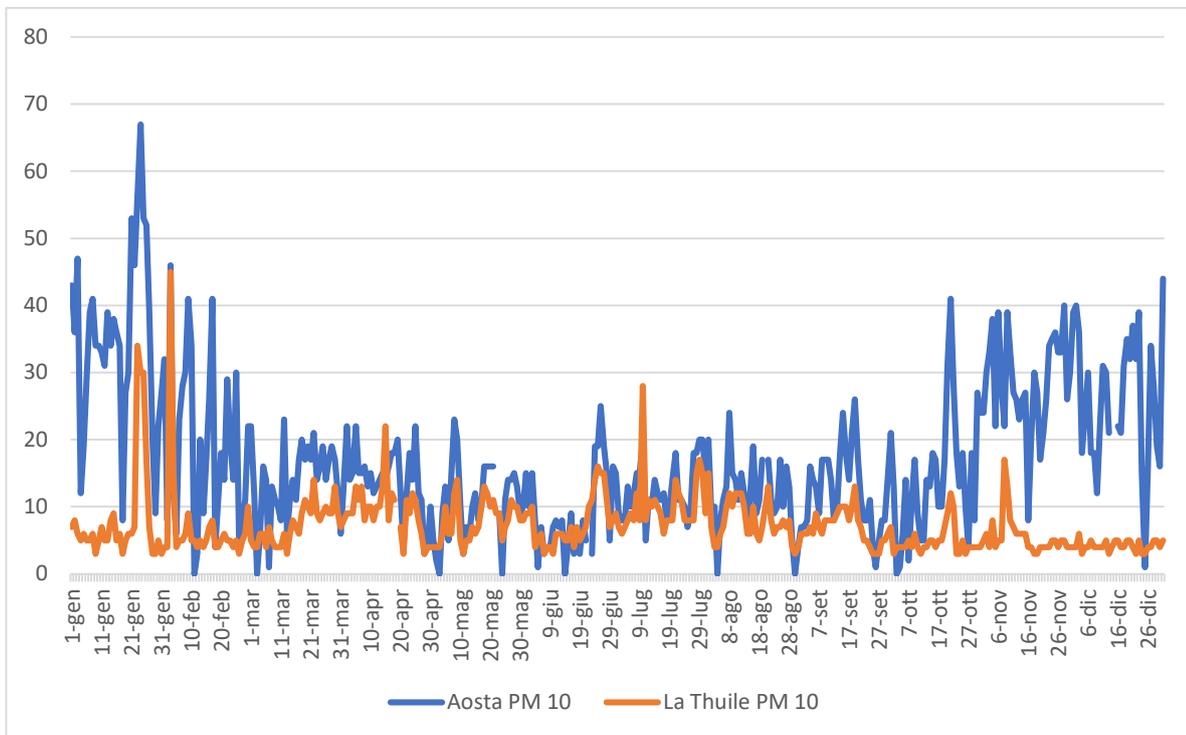


Gráfico 118: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Valle d'Aosta

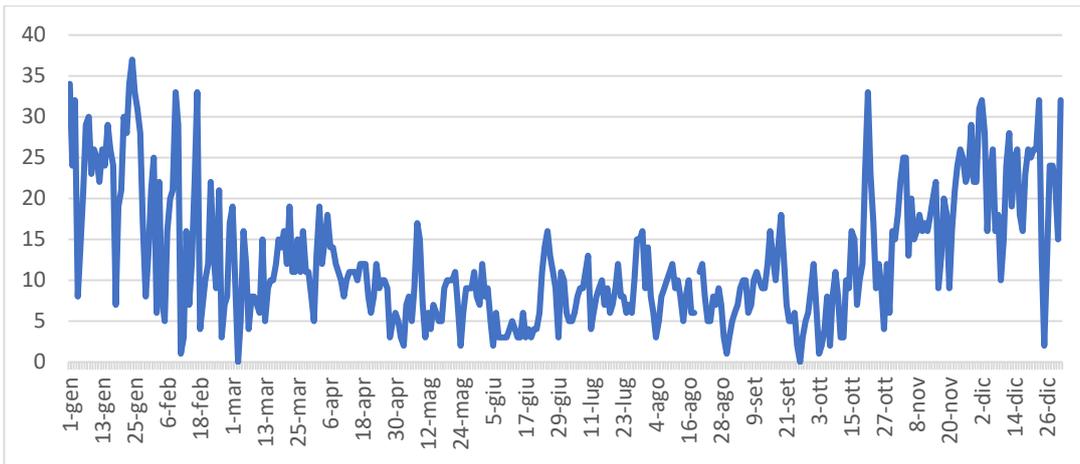


Grafico 119: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Aosta

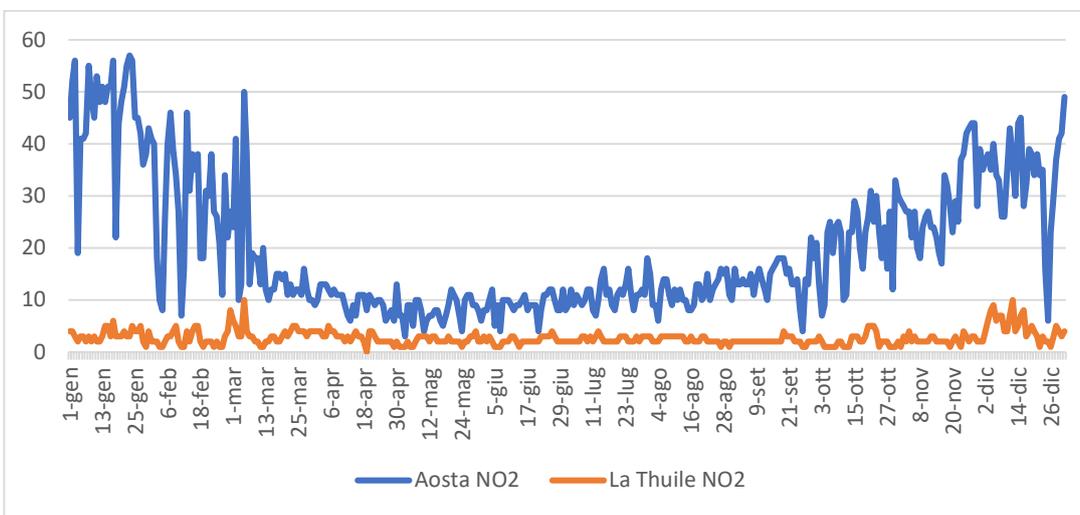


Grafico 120: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Valle d'Aosta

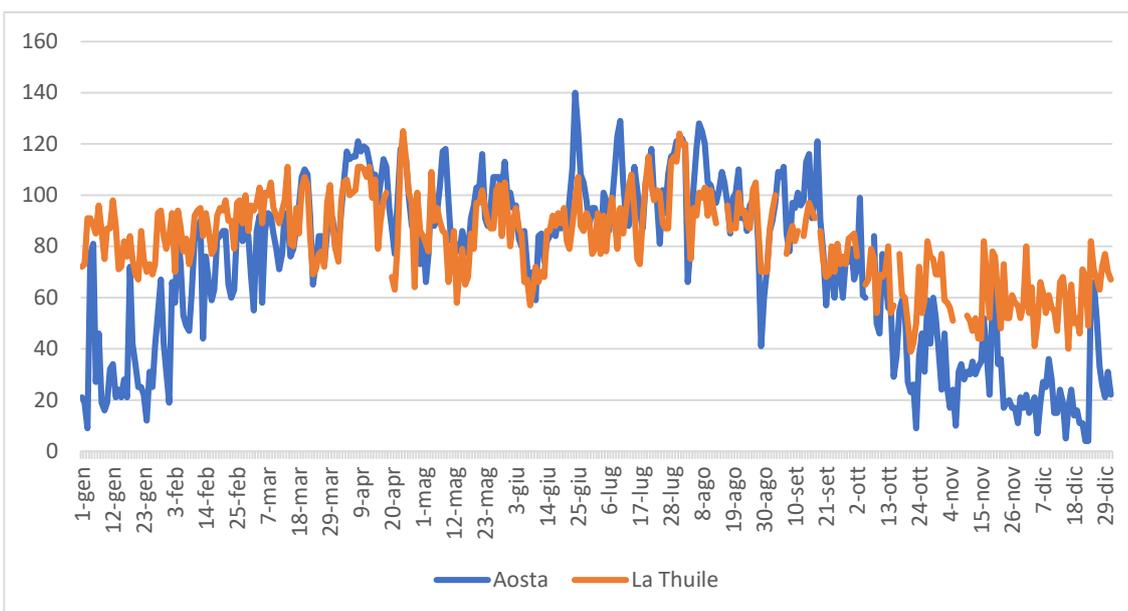


Grafico 121: Concentrazioni max giornaliere O3 sulla media mobile 8h Valle d'Aosta

A.16. Veneto

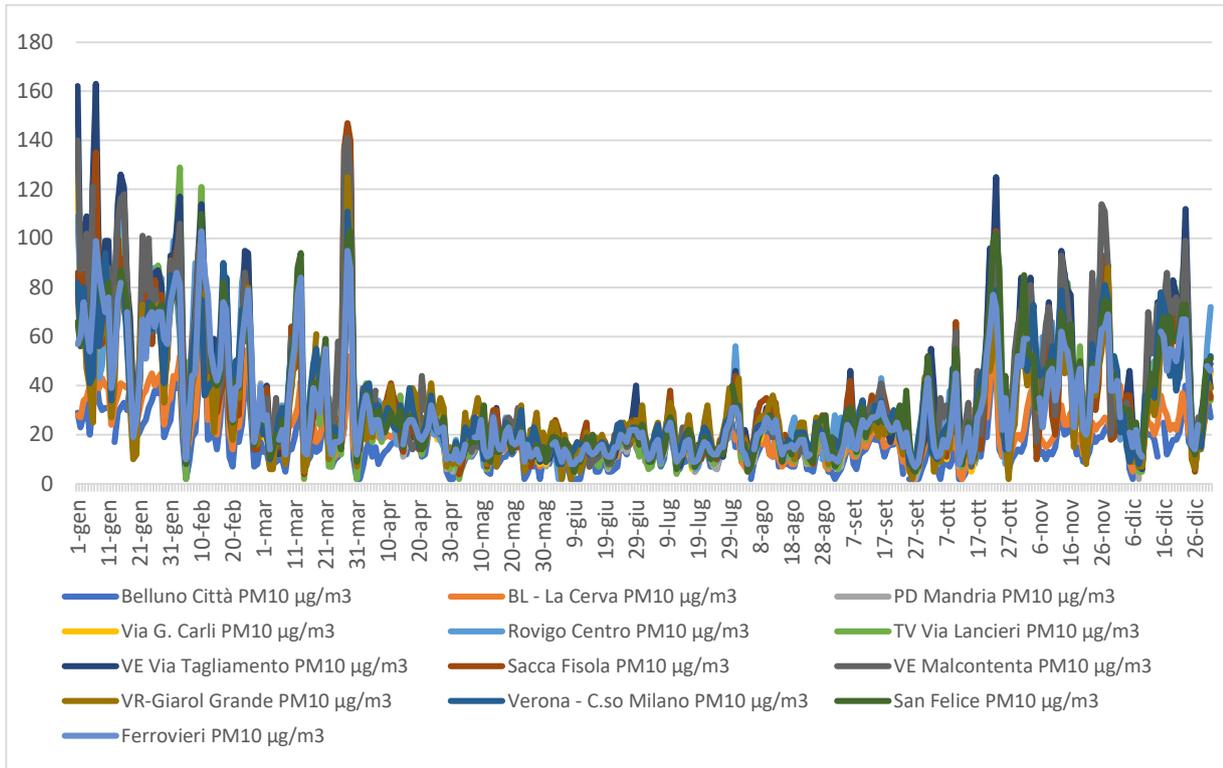


Grafico 122: Concentrazioni medie giornaliere PM10 Veneto

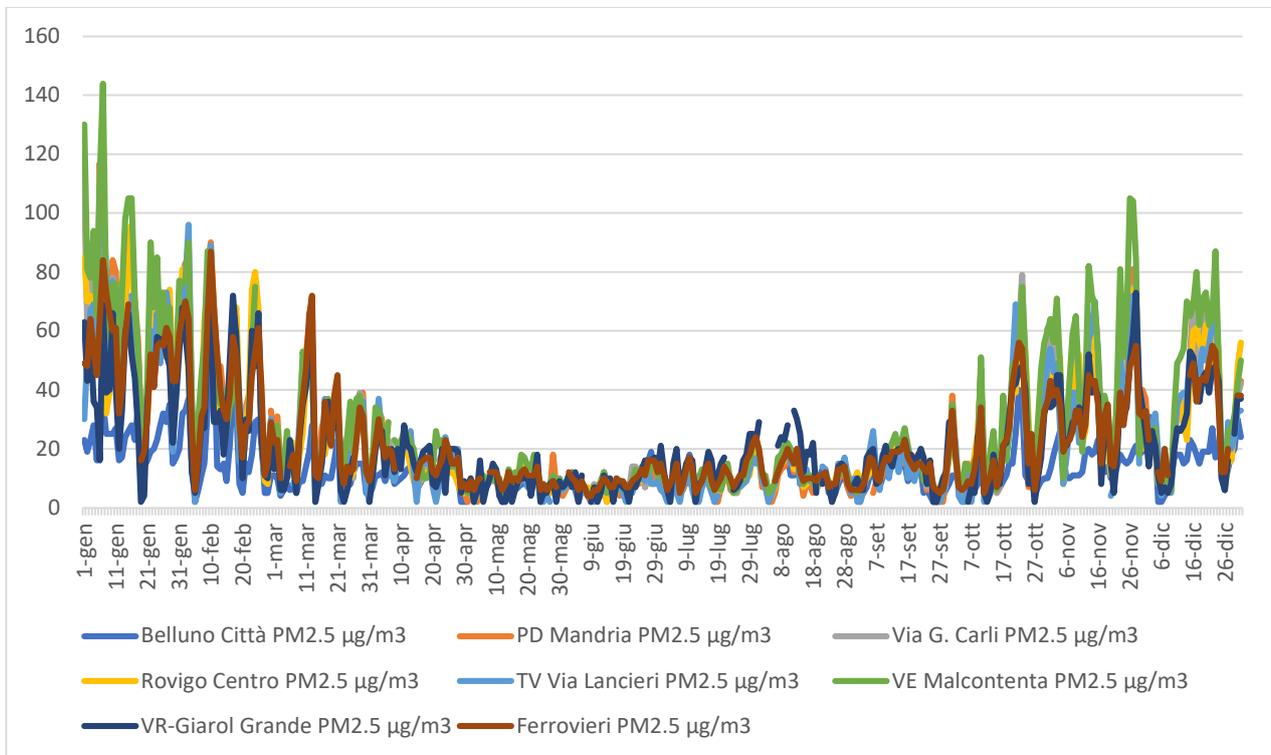


Grafico 123: Concentrazioni medie giornaliere PM 2,5 Veneto

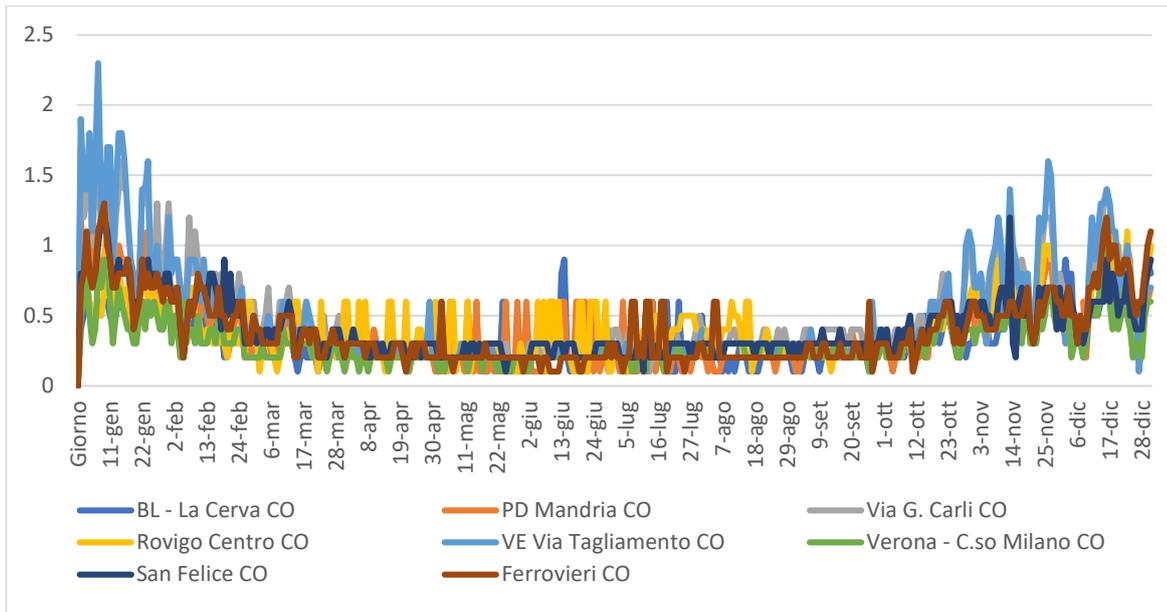


Grafico 124: Concentrazioni medie giornaliere CO Veneto

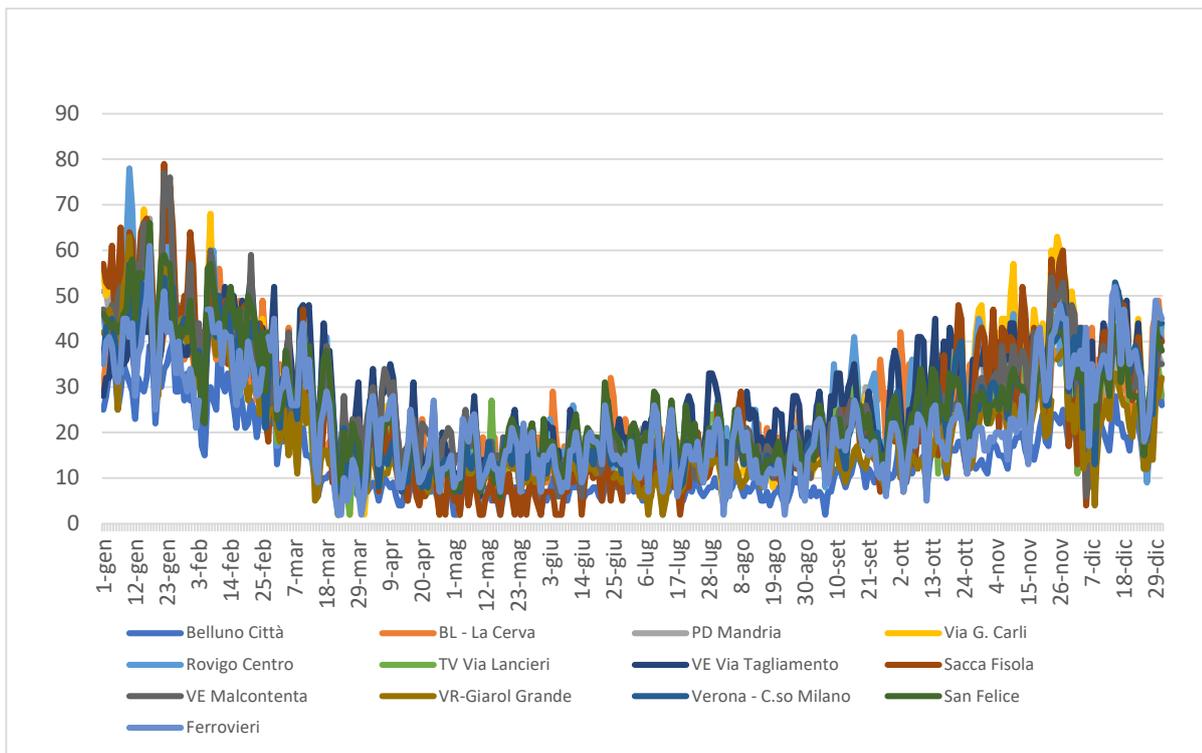


Grafico 125: Concentrazioni medie giornaliere NO2 Veneto

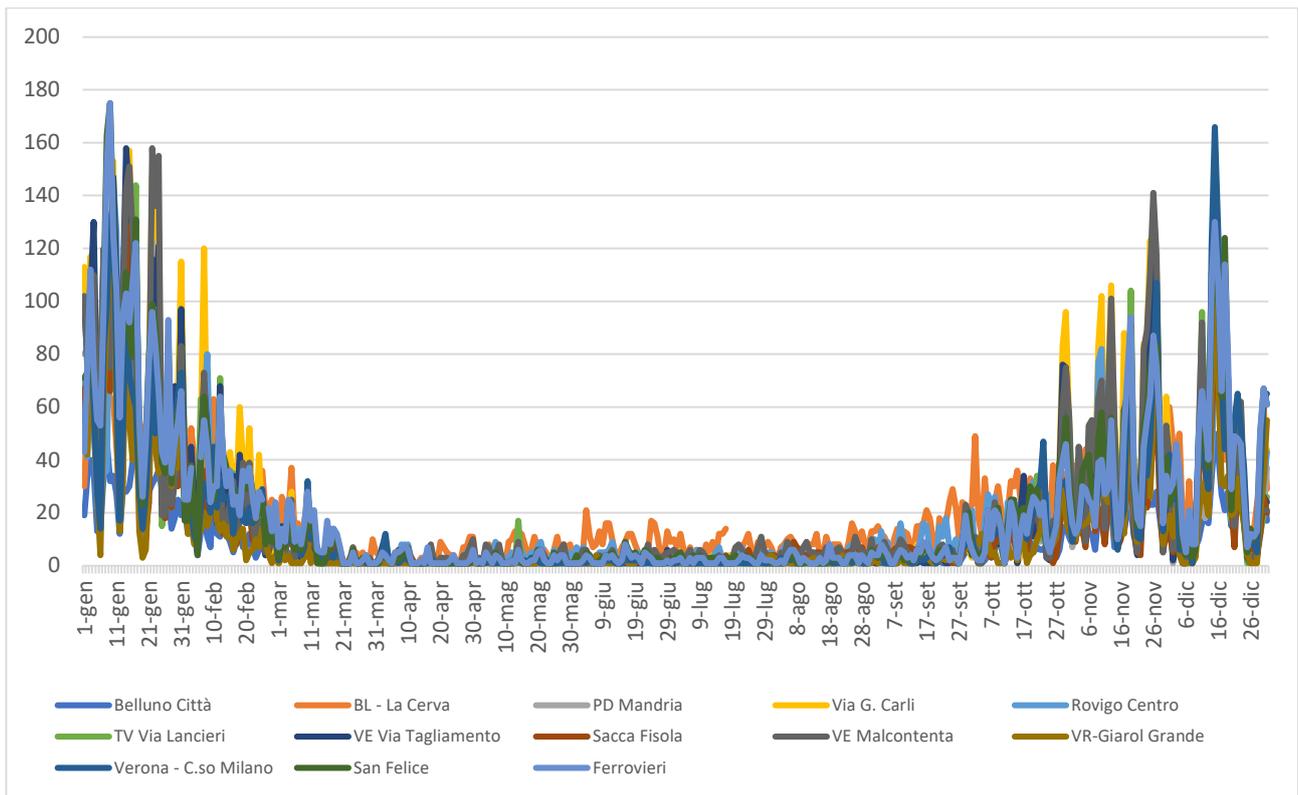


Grafico 126: Concentrazioni medie giornaliere NO Veneto

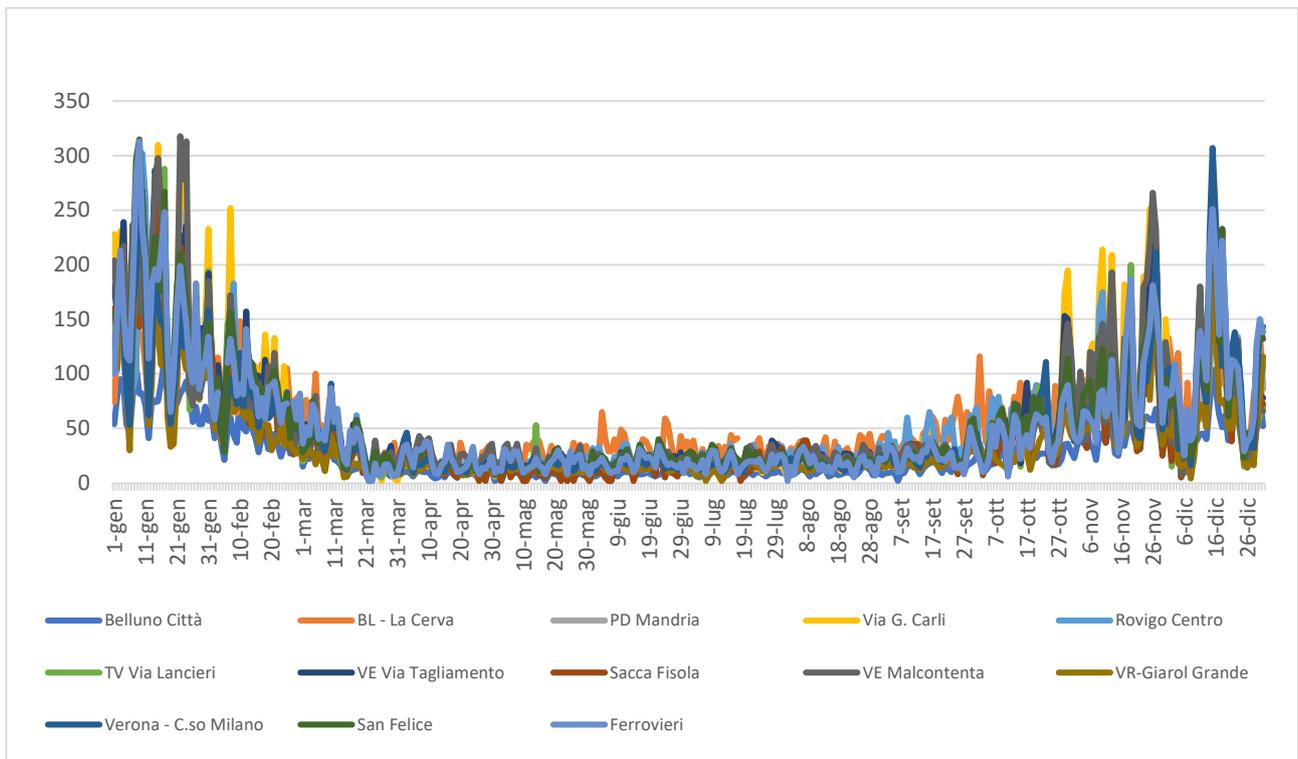


Grafico 127: Concentrazioni medie giornaliere NOx Veneto

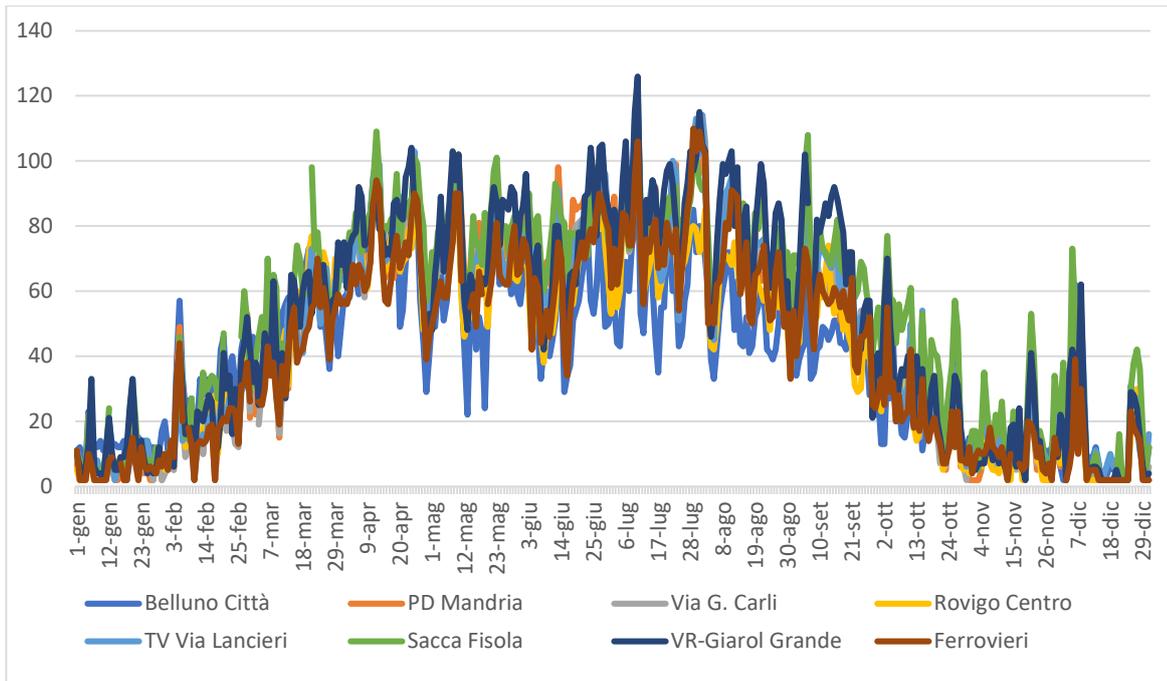


Grafico 128: Concentrazioni medie giornaliere O₃ Veneto