

**MONITORAGGIO ANTE OPERAM DELLA QUALITA' DELL'ARIA
ALL'INTERNO DELL'AREA DEL PORTO DI RAVENNA**

Anno 2020/2021

(CIG: 77532643DB)

 <p>partnershipforleadership</p>	<p>Ecol Studio S.p.A. Sede Legale: via Lanzone 31, - Milano Sede Operativa: Via dei Bichi, 293 – Lucca</p>	 <hr/> <p>Il Tecnico</p>
---	---	---

ECOL STUDIO S.p.A.

AMBIENTE
SALUTE E SICUREZZA
QUALITÀ DEL PRODOTTO

www.ecolstudio.com

Rev.00



Lucca

LUCCA – MILANO – BOLOGNA – FORLÌ – LISSONE – PADOVA – RAVENNA – ROSIGNANO – TORINO – UDINE

SEDE AMMINISTRATIVA E OPERATIVA
Via dei Bichi, 293 - 55100 Lucca, Italia
Tel. +39 0583 40011 - Fax +39 0583 400300
info@ecolstudio.com - info@ecolpec.com

SEDE LEGALE
Viale Lanzone, 31 - 20123 Milano, Italia
C.F./P.IVA/ Reg. Impr. Milano 01484940463
Cap. Soc. 1.000.000,00 i.v.

RT-AG1154.IM.AMB

Pag. 1 di 43

INDICE

1	Premessa	3
2	Riferimenti normativi	4
3	Descrizione modalità operative campagne di misura	8
3.1	Operazioni preliminari.....	8
3.2	Specifiche della Campagna.....	8
4	Strumentazione Impiegata per il monitoraggio	9
4.1	Campionatore gravimetrico per le Polveri Sottili.....	9
4.2	Analizzatore di ossidi di azoto NOx	10
4.3	Analizzatore di monossido di carbonio CO	10
4.4	Analizzatore di Biossido di zolfo SO ₂	11
4.5	Analizzatore di Ozono O ₃	11
4.6	Stazione meteorologica.....	11
5	Localizzazione delle stazioni di monitoraggio e tempistiche	13
6	Analisi meteo climatica	15
6.1	Regime anemologico	15
6.2	Altri parametri meteo	17
7	Postazione ARIA 1.....	19
8	Postazione ARIA 2.....	23
9	Postazione ARIA 3.....	27
10	Postazione ARIA 4.....	30
11	Postazione ARIA 5.....	33
12	Confronto con la stazione Arpae di Porto San Vitale	36
13	Conclusioni	40
	INDICE DELLE FIGURE.....	41
	INDICE DELLE TABELLE	42

1 Premessa

La presente Relazione Tecnica riassume le attività di monitoraggio della Qualità dell'Aria Ante Operam, secondo le modalità descritte nel Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)¹ relativo alle opere connesse all'Hub portuale di Ravenna.

I dati grezzi di seguito trattati sono contenuti all'interno delle Relazioni Tecniche Semestrali caricate sul SIM, di seguito si riporta una sintesi dei valori misurati durante le due campagne stagionali effettuate sulle 5 postazioni di monitoraggio.

¹https://adspravenna.portaleamministrazionetrasparente.it/moduli/downloadFile.php?file=oggetto_allegati/196317355100_OGEN.B2_PdM_AtmQualAria.pdf

2 Riferimenti normativi

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. La norma di riferimento per la Qualità dell'aria in Italia è divenuta negli ultimi tempi il decreto legislativo n°155 del 13 agosto 2010. Tale decreto costituisce l'attuazione della direttiva comunitaria 2008/50/CE circa la valutazione della qualità dell'aria ambiente, la sua gestione, nonché il suo miglioramento; con il presente atto, in definitiva, viene istituito un quadro di riferimento unitario in materia.

In tale decreto vengono definiti i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM₁₀; i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto; le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto; il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM_{2,5}; i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene nonché i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'ozono.

In particolare, riguardo al PM_{2,5} il decreto definisce il limite annuale di 25 µg/mc, in vigore dal 1 gennaio 2015.

Il decreto definisce, inoltre, alcuni aspetti tecnici legati al monitoraggio della qualità dell'aria, indicando l'obbligo di definire una suddivisione, ovvero una zonizzazione, del territorio nazionale ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente (Art. 3 e 4); gli Art. 5 e 6 definiscono le modalità di valutazione della qualità dell'aria ambiente. Gli Art. 7 e 8, invece, stabiliscono le caratteristiche e l'opportunità delle stazioni di misurazione in siti fissi di campionamento.

Per quanto concerne i piani di azione e le misure relative al raggiungimento dei valori limite e dei livelli critici, al perseguimento dei valori obiettivo, al mantenimento del relativo rispetto, alla riduzione del rischio di superamento dei valori limite, dei valori obiettivo e delle soglie di allarme gli Art. 9, 10 e 14 delineano le direttive per l'intera casistica; mentre l'Art. 11 riporta le modalità e le procedure di attuazione dei suddetti piani. Infine, l'Art.15 regola le comunicazioni in materia di valutazione e gestione dell'aria ambiente per le province e le regioni autonome e l'Art.16 definisce le procedure per le questioni di inquinamento transfrontaliero.

Nell'allegato XI al decreto vengono riportati i valori limite ed i livelli critici degli inquinanti normati; nelle seguenti tabelle si riportano i limiti degli inquinanti indagati nello studio.

Tabella 2.1- Limiti di Legge per la normativa italiana sulla Qualità dell'Aria: Inquinanti Gassosi.

Biossido di Zolfo	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore Limite protezione della salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1h	DLgs. 155 13/08/10
	Valore Limite protezione della salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24h	DLgs. 155 13/08/10
	Valore limite protezione ecosistemi	20	Anno civile e Inverno	DLgs. 155 13/08/10
	Soglia di allarme (rilevate su 3h consecutive)	500	1h	DLgs. 155 13/08/10
Biossido di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Standard di qualità (98° percentile rilevato durante l'anno civile)	200	1h	DLgs. 155 13/08/10
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200	1h	DLgs. 155 13/08/10
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
	Soglia di allarme (rilevata su 3 h consecutive)	400	1h	DLgs. 155 13/08/10 DLgs. 155 13/08/10
Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione vegetazione	30	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
Monossido di Carbonio	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana	10	8h	DLgs. 155 13/08/10
Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore bersaglio per la protezione della salute umana (da non superare più	120	8h	DLgs. 155 13/08/10

	di 25 volte per anno civile come media su 3 anni)			
	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione (*AOT40 calcolato sui valori di 1h da Luglio a luglio)	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *h	5 anni	DLgs. 155 13/08/10
	Soglia di informazione	180	1h	DLgs. 155 13/08/10
	Soglia di allarme	240	1h	DLgs. 155 13/08/10
*AOT40 = somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (espresso come ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)ora)				

c

Parti colato PM ₁₀	Valore Limite (µg/m ³)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24h	DLgs. 155 13/08/10
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
Parti colato PM _{2.5}	Valore Limite (µg/m ³)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore limite protezione salute umana	25	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
Idrocarburi Non Metanici	Valore Limite (µg/m ³)		Temp. di Mediazione	Legislazione
Benzene	Valore Obiettivo	5	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
Benzo(a)pirene	Valore Obiettivo	0.001	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
	Gli obiettivi di qualità su base annua delle concentrazioni di IPA fanno riferimento alle concentrazioni di benzo(a)pirene. (D.M. 25/11/94).			
Metalli nel PM ₁₀ Arsenico Cadmio Nichel	Valore Limite (µg/m ³)		Temp. di Mediazione	Legislazione
	Valore Obiettivo	0.006	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
	Valore Obiettivo	0.005	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10
	Valore Obiettivo	0.02	Anno civile	DLgs. 155 13/08/10

3 Descrizione modalità operative campagne di misura

3.1 Operazioni preliminari

Le operazioni propedeutiche all'esecuzione di una campagna di monitoraggio della componente atmosfera sono generalmente precedute da un sopralluogo preliminare svolto al fine di individuare le corrette postazioni riportate nelle planimetrie del PMA, verificandone la significatività del punto prescelto in relazione alle lavorazioni in atto e l'effettiva possibilità di posizionare la strumentazione di misura ove previsto.

Si provvede in seguito a fare una richiesta per una fornitura straordinaria di corrente elettrica nella postazione individuata, al fine di disporre dell'alimentazione necessaria per installare la strumentazione, effettuare le dovute tarature e verificarne l'adeguato funzionamento per poter quindi dare inizio alla campagna di misura.

3.2 Specifiche della Campagna

La campagna di misura viene eseguita con le modalità operative descritte nel piano di monitoraggio. In particolare, nella postazione in oggetto del presente Lavoro si effettua un monitoraggio in continuo degli inquinanti di seguito elencati:

- Polveri inalabili PM₁₀;
- Particolato fine PM_{2,5};
- Ossidi di Azoto (NO, NO₂, NO_x);
- Monossido di Carbonio (CO);
- Ozono (O₃)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo);
- Parametri meteo.

La tempistica di mediazione dei valori campionati è così caratterizzata:

- Media oraria per i seguenti parametri:
- Ossidi di Azoto;
- Monossido di Carbonio;
- Ozono
- Biossido di zolfo
- Parametri meteo.
- Media giornaliera per i seguenti parametri:
- Polveri inalabili PM₁₀;
- Particolato fine PM_{2,5};

Le tecniche e le apparecchiature impiegate rispondono tutte alle specifiche previste dalla vigente normativa in materia di monitoraggi della qualità dell'aria e vengono descritte nel paragrafo seguente.

4 Strumentazione Impiegata per il monitoraggio

- Campionatori per Polveri;
- Analizzatore di Ossidi di azoto;
- Analizzatore di Monossido di Carbonio;
- Analizzatore di Ozono
- Analizzatore di Biossido di zolfo;
- Stazione meteorologica.

4.1 Campionatore gravimetrico per le Polveri Sottili

Il campionatore per le polveri è costituito da una pompa aspirante e da un campionatore automatico ad esso collegato elettricamente e pneumaticamente, corredato da una testa di prelievo completa di pre separatore, collocata sul tetto della postazione e da un supporto di filtrazione su cui è inserito l'adatto filtro. La misura è effettuata pesando il filtro (previo condizionamento), prima e dopo l'esecuzione del prelievo e per differenza si ottiene il valore delle polveri trattenute attraverso la seguente formula:

$$Polveri = \frac{(W_f - W_i) \times 10^{-6}}{V_{std}}$$

dove:

- $W_f - W_i$ è la differenza tra la massa finale ed iniziale del filtro in g;
- 10^{-6} è il fattore di conversione per passare da g a μg ;
- V_{std} è il volume totale d'aria campionata in unità di volume standard, std m^3 .

Per la determinazione delle polveri inalabili (PM_{10}), V_{std} è il volume d'aria aspirato in 24 ore, espresso in m^3 , dedotto dalla lettura del contatore volumetrico e riportato alle condizioni di 101,3 KPa di pressione e 0°C di temperatura, secondo la formula seguente:

$$V_{std} = \frac{V \times P \times 273,15}{1013 \times (273,15 + T)}$$

dove:

- V' è il volume di aria prelevato dedotto dalla lettura del contatore, in m^3 ;
- t è la temperatura media dell'aria esterna, in $^\circ\text{C} \pm 3$;
- P è la pressione barometrica media, in KPa.

4.2 Analizzatore di ossidi di azoto NO_x

L'analizzatore di NO - NO₂ - NO_x è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, della concentrazione degli ossidi di azoto in aria ambiente tramite il principio di misura della chemiluminescenza.

La tecnica di misura, come previsto dalla vigente normativa (DM 60 del 2002), si basa sulla reazione in fase gassosa tra monossido di azoto e ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica di intensità linearmente proporzionale alla concentrazione di NO:



L'emissione di luce si verifica quando le molecole elettronicamente eccitate di NO₂ decadono a stati di energia inferiori.

Il biossido di azoto deve essere trasformato in monossido prima di poter essere misurato; a tale scopo, si utilizza un convertitore al molibdeno che a 325 °C converte NO₂ in NO secondo la reazione:



L'ozono necessario allo sviluppo della reazione viene prodotto, a partire da aria ambiente, da un generatore interno allo strumento.

Un dispositivo essiccatore a permeazione deumidifica, in continuo, l'aria in ingresso all'ozonizzatore, evitando così la necessità di deumidificatori esterni di tipo chimico.

L'analizzatore di NO - NO₂ - NO_x è uno strumento di tipo ciclico che utilizza un unico tubo fotomoltiplicatore, quale rivelatore, ed un'unica camera di reazione per le misure di NO e NO_x.

La gestione dell'intero sistema di misura è realizzata tramite microprocessore interno allo strumento.

In aggiunta al controllo della operatività dello strumento, il microprocessore consente una rapida verifica di eventuali malfunzionamenti dei principali componenti.

Inoltre, in modo automatico, corregge le variazioni di temperatura del campione, fornendo così misure di concentrazione non affette da cambi nella temperatura del campione in esame.

4.3 Analizzatore di monossido di carbonio CO

L'analizzatore di CO è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni di ossido di carbonio in aria ambiente tramite assorbimento della radiazione infrarossa, principio previsto dalla vigente normativa (DM 60 del 2002).

La tecnica di misura si basa sul passaggio di una radiazione prodotta da una sorgente di raggi infrarossi attraverso un filtro a gas che alterna CO, N₂ e una maschera. Il filtro di N₂ della ruota di correlazione del filtro a gas è trasparente ai raggi infrarossi e genera un fascio di misurazione che può essere assorbito dal CO nella cella di misurazione. Il filtro di CO della ruota genera, di contro, un fascio che non può essere ulteriormente attenuato dal CO presente nella cella di misura, definendo così un fascio di riferimento. Infine, la maschera crea un segnale usato per determinare

l'intensità degli altri due segnali. Per differenza tra gli assorbimenti del fascio campione e del fascio di riferimento si ottiene un segnale proporzionale alla concentrazione di CO presente in atmosfera.

4.4 Analizzatore di Biossido di zolfo SO₂

L'analizzatore di SO₂ è uno strumento analitico per la misura, in continuo e in tempo reale, delle concentrazioni della SO₂ in aria ambiente tramite il principio di misura della Fluorescenza UV. Il biossido di zolfo ha un forte spettro di assorbimento nell'ultravioletto per valori della radiazione compresi tra 200 e 240 nm. L'assorbimento di fotoni a queste lunghezze d'onda comprese, risulta dall'emissione di fotoni fluorescenti a lunghezze d'onda comprese tra 300 e 400 nm. L'ammontare della fluorescenza emessa è direttamente proporzionale alla concentrazione di SO₂. La radiazione UV a 214 nm di una lampada a scarica allo zinco è separata dalle altre lunghezze d'onda dello spettro, da un filtro ottico a banda passante. La radiazione così ottenuta è focalizzata in una cella fluorescenza dove interagisce con le molecole nel percorso del raggio. La fluorescenza risultante è emessa uniformemente in tutte le direzioni. Una porzione (quella emessa perpendicolarmente al raggio che fa da eccitatore) viene raccolta e focalizzata su un fotomoltiplicatore. Un detector di riferimento monitora le emissioni della lampada allo zinco e viene utilizzato per correggere le fluttuazioni nell'intensità della lampada stessa.

4.5 Analizzatore di Ozono O₃

L'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento di questo gas nell'UV a $\lambda=254$ nm e poi ne calcola la concentrazione mediante la legge di Lambert-Beer.

Nella camera di misura entra in modo alternato aria ambiente tal quale ed aria ambiente preventivamente passata attraverso un filtro selettivo per l'ozono. Una lampada UV, in grado di emettere alla lunghezza d'onda appropriata, fa sì che parte della radiazione venga assorbita dalle molecole di ozono, causando una diminuzione di intensità che viene registrata da un detector. Dall'alternanza delle misure con e senza ozono, lo strumento ne determina la concentrazione in aria ambiente.

4.6 Stazione meteorologica

La stazione meteorologica, utilizzata per il rilievo dei parametri meteo, è costituita dai seguenti sensori:

- Sensore direzione vento;
- Sensore velocità vento;
- Sensore umidità relativa;
- Sonda di temperatura;
- Pluviometro;
- Sensore barometrico.

Sensore direzione vento

Lo strumento, realizzato secondo le indicazioni del WMO, è un misuratore di direzione del vento a banderuola, costruito in lega leggera verniciata e in acciaio inossidabile.

L'albero della banderuola gira su speciali cuscinetti che presentano un basso attrito, un'ottima durata e continuità di funzionamento anche in ambienti polverosi.

Il segnale di uscita viene prodotto da un potenziometro con ampia corsa elettrica accoppiato all'albero di rotazione della banderuola per mezzo di ingranaggi al fine di minimizzare gli attriti.

Sensore velocità vento

Lo strumento, realizzato secondo le indicazioni del WMO, è un anemometro a tre coppe costruito in lega leggera e in acciaio inossidabile. Le coppe ed i loro supporti vengono equilibrati per evitare vibrazioni durante la rotazione.

L'albero del rotore gira su speciali cuscinetti che presentano un basso attrito, un'ottima durata e buona continuità di funzionamento anche in ambienti polverosi.

Il segnale d'uscita viene generato da un sensore ad effetto Hall attivato da 8 piccoli magneti posizionati su un disco rotante in modo solidale al movimento delle coppe.

Sensore umidità relativa

Il sensore di umidità relativa è uno strumento realizzato secondo le indicazioni del WMO e adatto ad operare in installazioni esterne.

La custodia e le alette che schermano il sensore delle radiazioni solari sono in lega leggera verniciata.

Il sensore usato per misurare l'umidità relativa nell'aria opera in accordo con i principi di misura della capacità e presenta una buona stabilità nel lungo periodo, buona linearità, piccola isteresi ed eccellente risposta dinamica.

L'elemento sensibile è inoltre insensibile alla bagnatura con acqua e alla condensazione.

Sonda di temperatura

Il sensore di temperatura dell'aria è uno strumento realizzato secondo le indicazioni del WMO.

L'elemento sensibile (termoresistenza al platino) viene protetta dalla pioggia e dalla radiazione solare incidente per mezzo di quattro schermi circolari sovrapposti che permettono comunque la circolazione dell'aria attorno ad esso.

Il condizionatore di segnale è contenuto in una custodia posta sotto gli schermi.

Pluviometro

Il pluviometro a vaschetta oscillante è uno strumento di precisione standard realizzato secondo le indicazioni del WMO.

Il cilindro e l'imbuto sono costruiti in lega leggera verniciata e la base in PVC massiccio.

La misura della quantità di pioggia viene effettuata per mezzo di una bascula a doppia vaschetta in acciaio inossidabile: la pioggia raccolta riempie una delle due vaschette.

Una quantità prefissata d'acqua (10 cc) determina la rotazione della bascula e la sostituzione della vaschetta sotto l'imbuto produce la chiusura di un contatto, generando un impulso che corrisponde ad un preciso volume di precipitazione.

Questo impulso può venire registrato direttamente ovvero essere trasformato in un segnale 4-20 mA.

La presenza di viti calanti sotto la bascula permette il periodico controllo della taratura dello strumento.

Sensore barometrico

Il barometro elettronico è uno strumento realizzato per la misura della pressione ed il suo utilizzo è previsto in installazioni esterne.

A tale scopo è fornito di una custodia in lega leggera verniciata che presenta uno schermo contro la radiazione solare diretta in modo da minimizzare le derive termiche dei componenti elettronici.

Il trasduttore di pressione è comunque compensato in temperatura e opera generalmente in un campo di pressione compreso tra i 700 e i 1100 millibar.

5 Localizzazione delle stazioni di monitoraggio e tempistiche

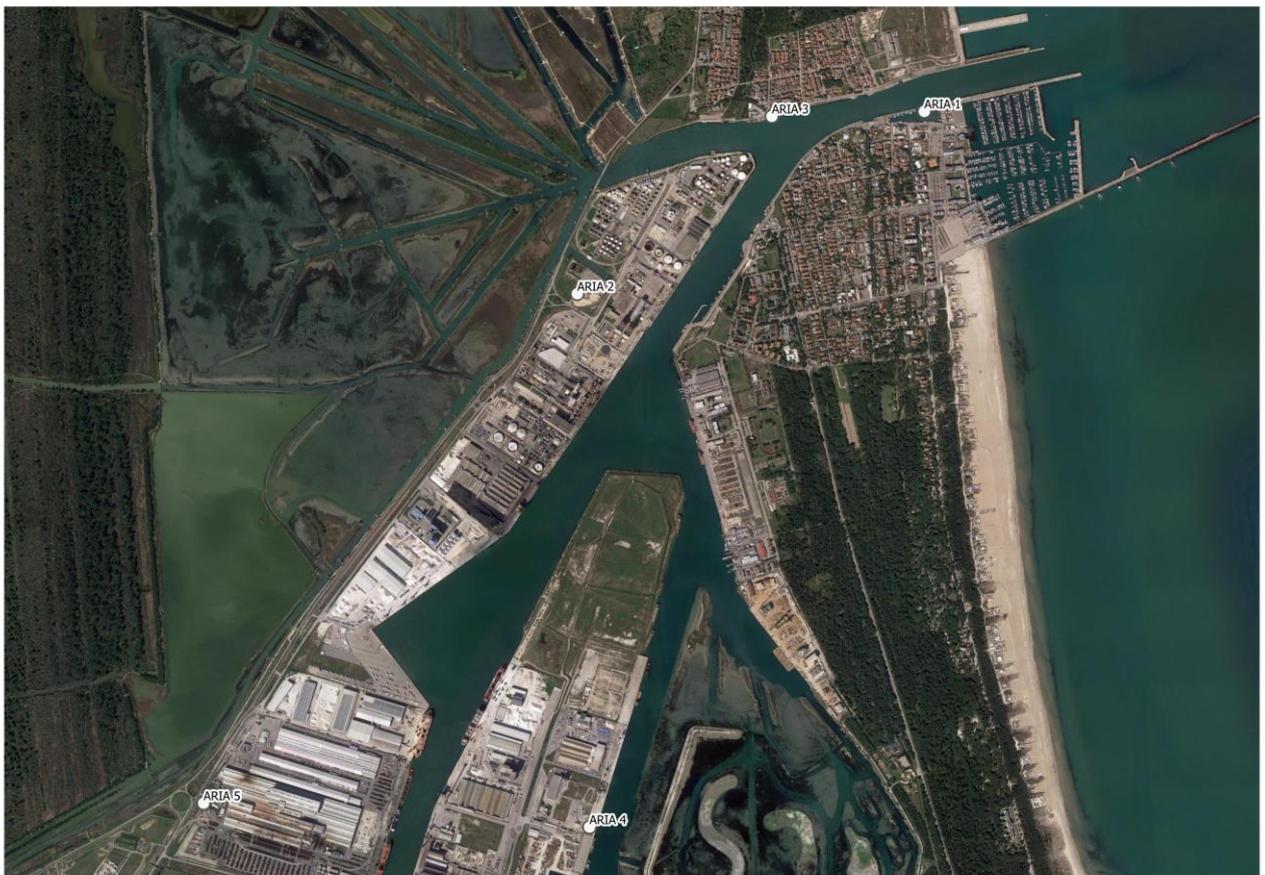


Figura 5.1 Posizionamento delle stazioni di monitoraggio della Qualità dell'Aria

In Figura 5.1 sono localizzate in mappe le 5 stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria mentre in Tabella 5.1 ed in Tabella 5.2 sono riportate rispettivamente le coordinate ed il periodo di campionamento per ciascuna postazione.

Tabella 5.1 - Limiti di Legge per la normativa sulla Qualità dell'Aria: Particolato e Specie nel particolato

ID STAZIONE	LOCALIZZAZIONE	COORDINATE
ARIA 1	Molo Dalmazia	Lat: 44°29'31.09"N Long: 12°16'57.98"E
ARIA 2	via Baiona 251	Lat: 44°29'31.44"N Long: 12°16'26.75"E
ARIA 3	Molo San Filippo	Lat: 44°29'31.44"N Long: 12°16'26.75"E
ARIA 4	via Baiona	Lat: 44°27'46.42"N Long: 12°15'42.54"E
ARIA 5	Baiona 139	Lat: 44°27'52.79"N Long: 12°14'24.64"E

Tabella 5.2 - Limiti di Legge per la normativa sulla Qualità dell'Aria: Particolato e Specie nel particolato

I monitoraggio ante operam (inverno)	
17/11/2020 – 28/12/2020	ARIA 1 – ARIA 3
31/12/2020 – 10/02/2021	ARIA 2 – ARIA 4 – ARIA 5
II monitoraggio ante operam (estate)	
08/04/2021 – 19/05/2021	ARIA 2 – ARIA 4 – ARIA 5
22/05/2021 – 02/07/2021	ARIA 1 – ARIA 3

6 Analisi meteo climatica

6.1 Regime anemologico

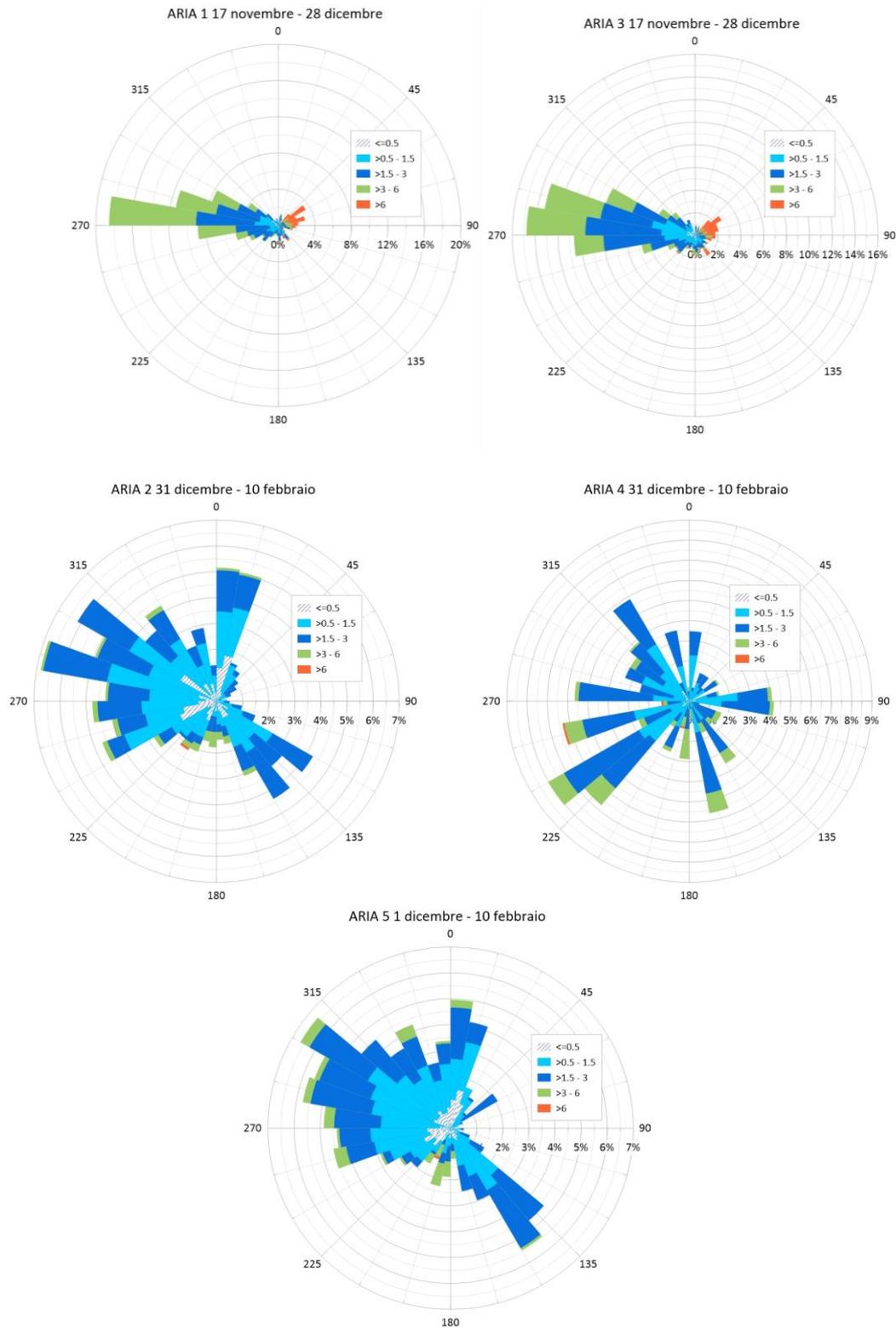


Figura 6.1 Regime anemologico periodo invernale

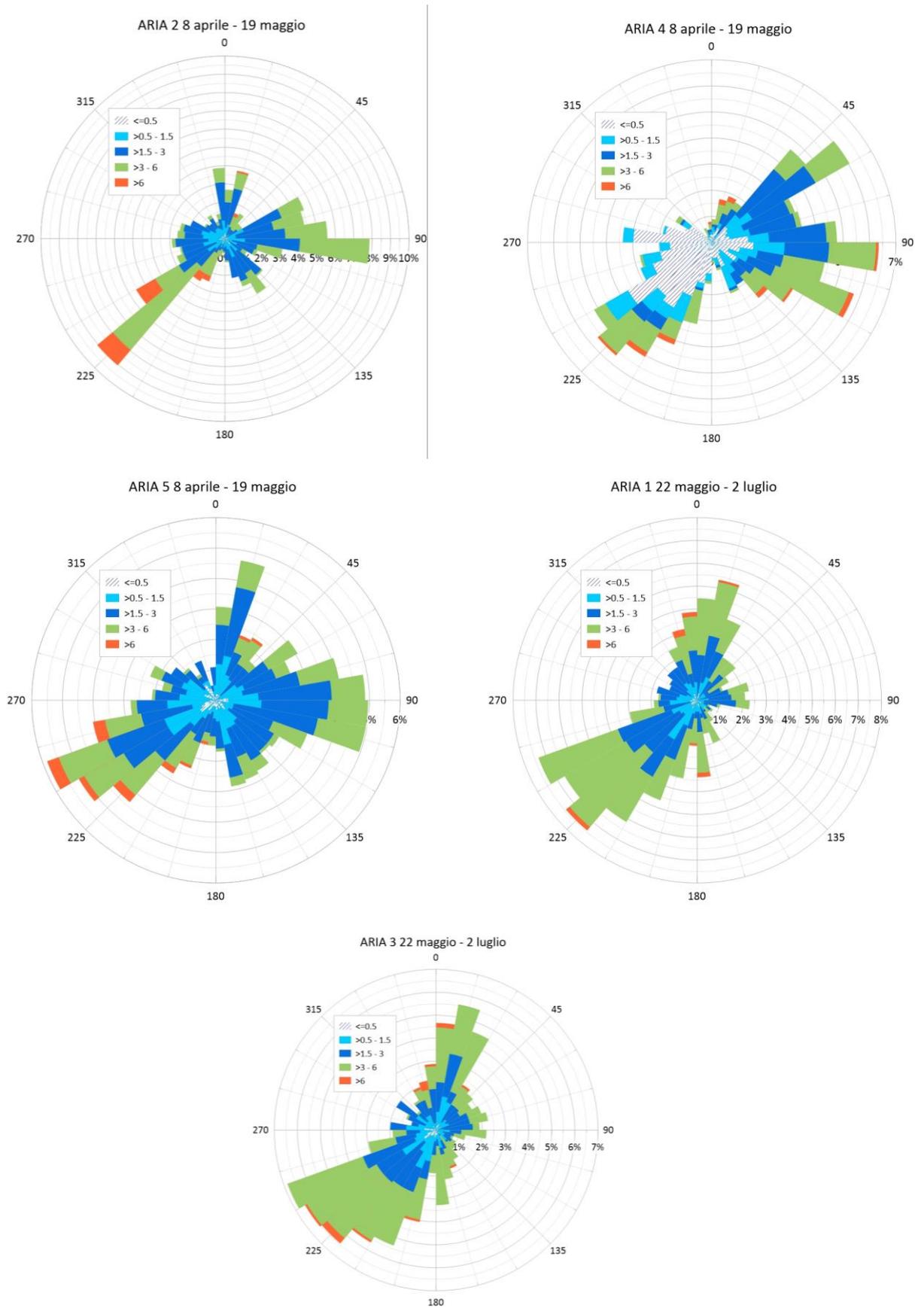


Figura 6.2 Regime anemologico estivo

In Figura 6.1 ed in Figura 6.2 sono riportate le rose dei venti costruite per ciascuna stazione di monitoraggio. Si osserva che nei mesi invernali i venti spirano principalmente da Sud Ovest a Nord Ovest, con una componente da Sud Est che si verifica solo nella stazione 5 nel periodo tra gennaio e febbraio. Generalmente i venti risultano inferiori a 3 m/s ad eccezione di quanto spirano da ovest, in particolare nei mesi di novembre e dicembre, dove si verificano velocità più sostenute.

Durante il periodo primavera estate nelle rose dei venti persiste una componente da Sud Ovest ma la direzione prevalente interessa il quadrante est con direzioni da Nord Est ed Est e velocità prevalenti superiori ai 3 m/s.

6.2 Altri parametri meteo

In Figura 6.3 ed in Figura 6.4 sono riportati i grafici relativi alla umidità relativa, pioggia e temperatura misurata nelle stazioni posizionate sul territorio. Nei grafici relativi ad umidità e pioggia si osserva, come da attendersi, l'aumento della prima al verificarsi di eventi piovosi. Si osserva inoltre che, il periodo dal 10 aprile al 18 maggio, mostra precipitazioni più abbondanti rispetto agli altri periodi di monitoraggio. Per quanto concerne le temperature nel periodo invernale raggiungono minimi di poco inferiori agli 0°C mentre il valore massimo di 28°C.

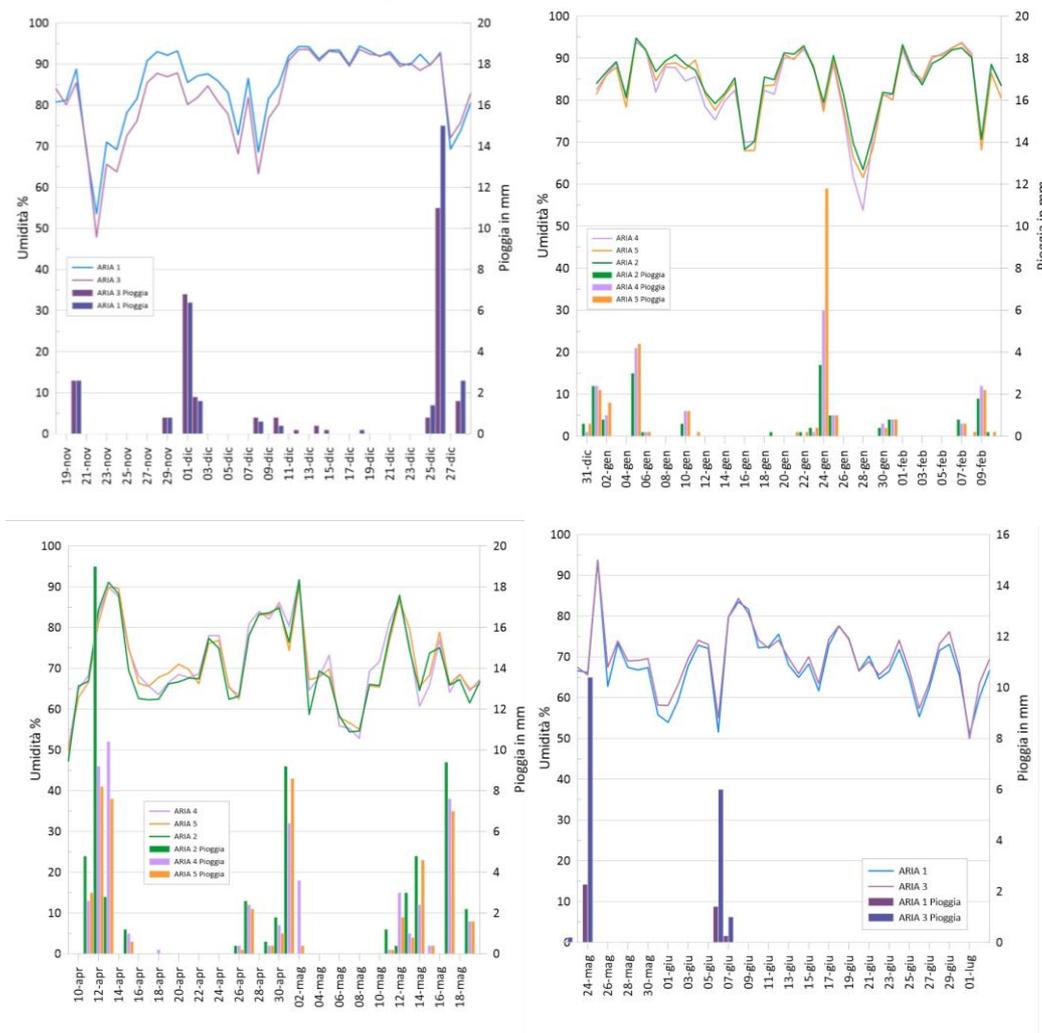


Figura 6.3 Precipitazioni ed umidità: medie giorno

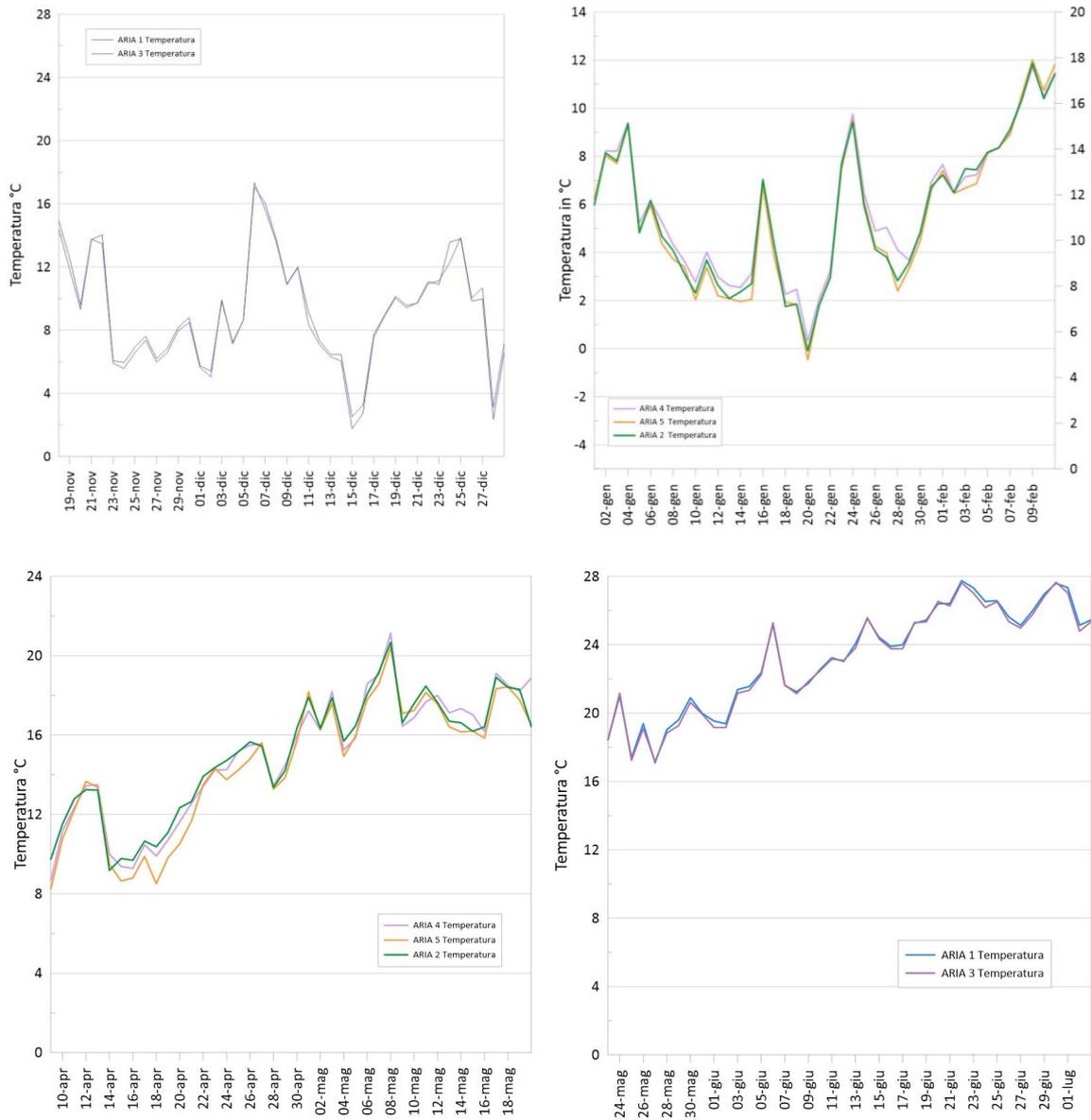


Figura 6.4 Temperatura media giornaliera

7 Postazione ARIA 1

In Figura 7.1 ed in Figura 7.2 sono riportati gli andamenti degli inquinanti gassosi e delle polveri. Dall'analisi dei grafici si osserva:

- La concentrazione molto bassa di NO ed SO₂
- L'andamento confrontabile di NO_x ed NO₂
- Superamenti del limite di PM₁₀ in corrispondenza di un aumento della concentrazione di CO.

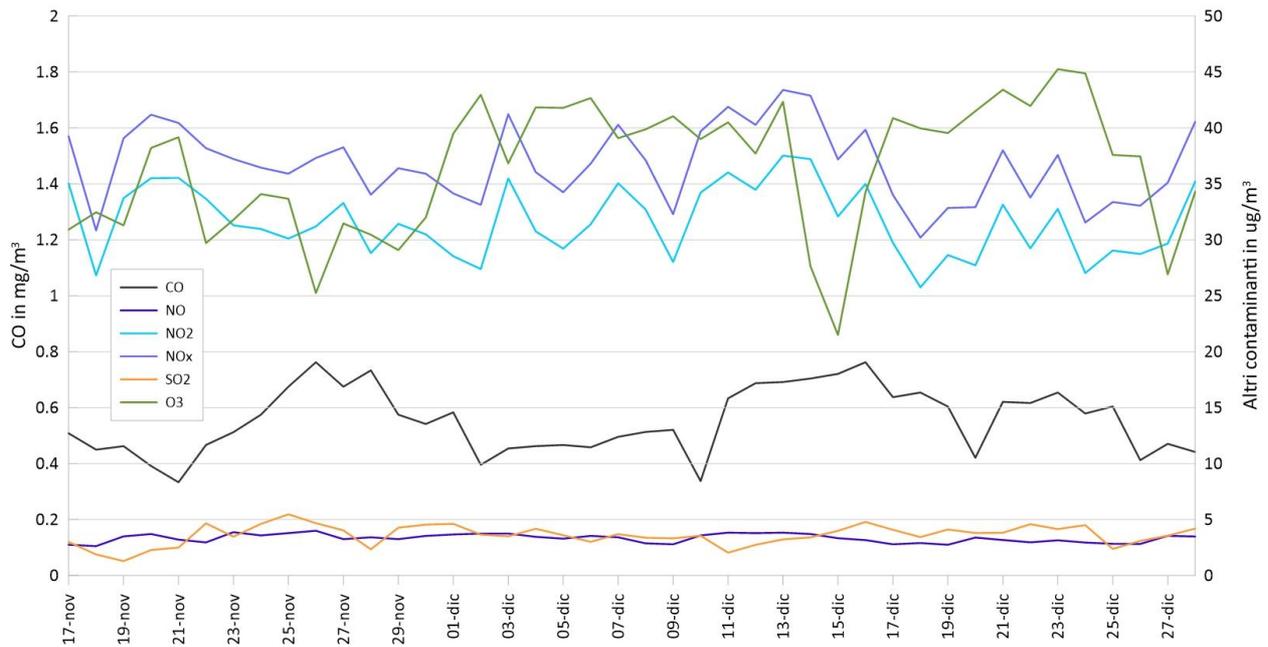


Figura 7.1 Stazione ARIA 1: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno inverno (concentrazione media giornaliera)

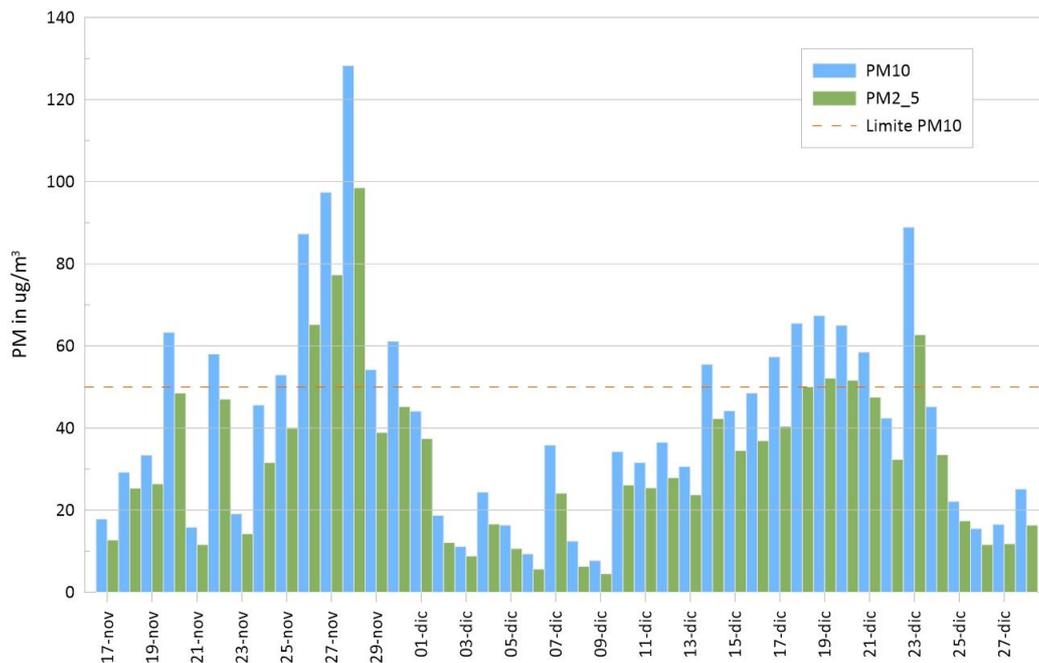


Figura 7.2 Stazione ARIA 1: andamento delle polveri nel periodo invernale (concentrazione media giornaliera).

In Tabella 7.1 sono riportati i superamenti del limite imposto dal D.Lgs 155/2010 per i parametri monitorati, in particolare si osserva la conformità per tutti gli inquinanti ad eccezione del PM10. Si osserva inoltre che:

- Il biossido di zolfo mostra un valore massimo di 5.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estremamente inferiore al limite di 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Anche per il monossido di carbonio il valore massimo di 0.76 mg/m^3 è estremamente inferiore al limite.
- Il valore medio della concentrazione giornaliera di PM10 è molto prossimo al limite di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, questo sta a significare che il valore di polveri nel periodo monitorato è molto elevato anche quando rientra nei parametri del D.Lgs. 155/2010.

Tabella 7.1 ARIA 1 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15
NO2	Media massima oraria	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10 mg/m^3	0
SO2	Media giorno	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
SO2	Massima oraria	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0

Tabella 7.2 ARIA 1 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	42.71	39.45	128.30	7.70	19.85	57.83
PM2.5	32.20	29.75	98.50	4.50	14.73	44.48
NO2	31.66	31.34	37.53	25.75	29.08	34.41
O3	36.47	37.96	45.25	21.50	31.84	41.00
CO	0.55	0.56	0.76	0.33	0.46	0.65
SO2	3.61	3.63	5.47	1.29	3.13	4.19
Tutti i parametri sono espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ad eccezione del CO espresso in mg/m^3						

In Figura 7.3 ed in Figura 7.4 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 1 nel periodo primavera estate. Si osserva un abbassamento di tutti i contaminanti, incluso il PM₁₀ ed un aumento della concentrazione di ozono. In Tabella 7.3 e Tabella 7.4 sono riportati i superamenti per ciascun parametro e gli indici statistici. Quello che emerge è la conformità di tutti i parametri ad eccezione dell'ozono in cui si registrano 17 superamenti del valore normativo. Per tutti gli altri parametri si assiste ad un abbassamento sostanziale in particolare per le polveri dove il valore medio è di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, circa la metà rispetto a quanto misurato nel periodo invernale.

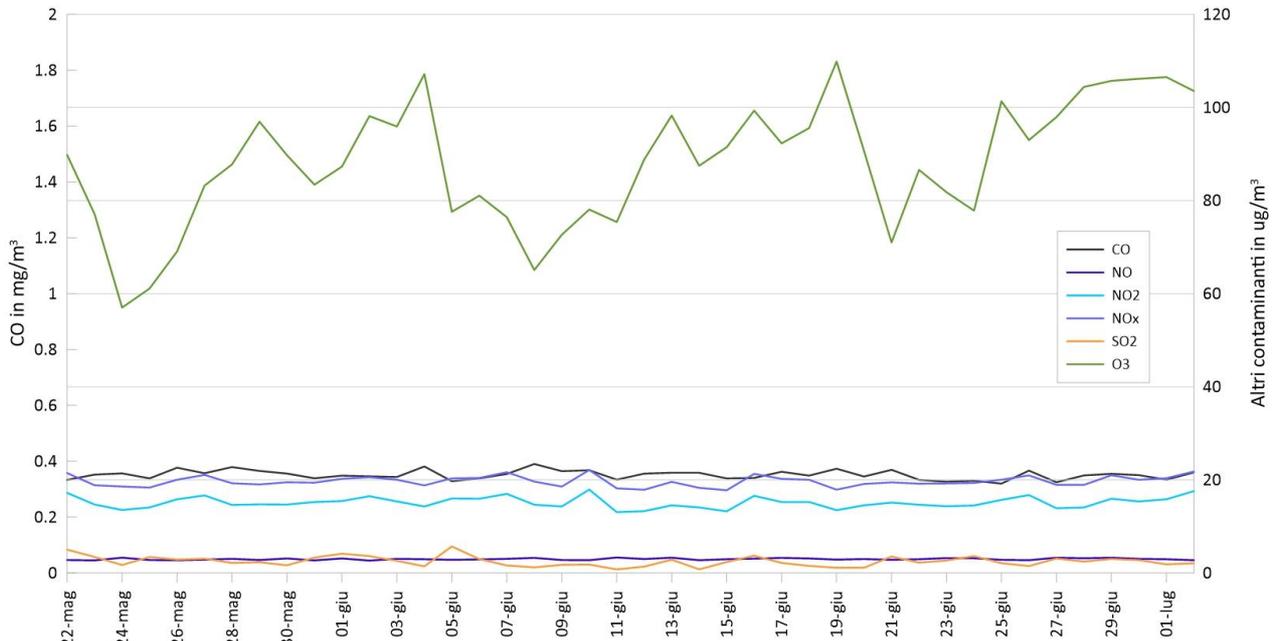


Figura 7.3 Stazione ARIA 1: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo estivo (concentrazione media giornaliera)

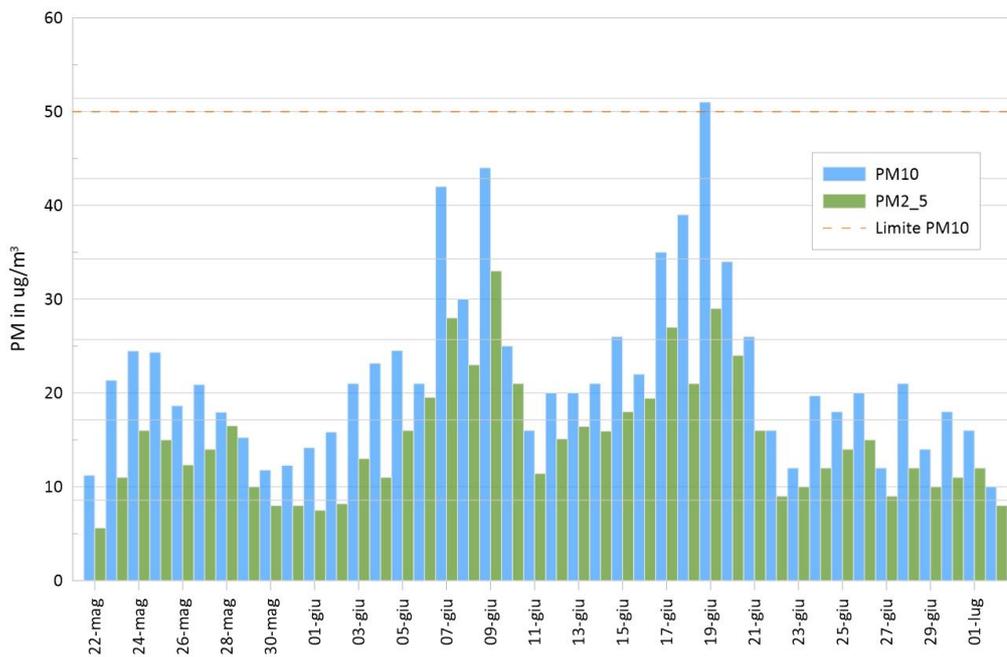


Figura 7.4 Stazione ARIA 1: Andamento delle polveri nel periodo primavera estate (concentrazione media giornaliera).

Tabella 7.3 ARIA 1 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI	NOTA
PM10	Giornaliero	50	1	
NO2	Media massima oraria	200	0	
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	17	
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0	
SO2	Media giorno	125	0	

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI	NOTA
SO2	Massima oraria	350	0	

Tabella 7.4 ARIA 1 Principali parametri statistici (Periodo primavera - estate)

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	22.04	20.45	51.00	10.00	16.00	24.51
PM2.5	15.05	14.00	33.00	5.61	10.25	17.62
NO2	15.14	14.94	17.92	13.08	14.30	15.93
O3	88.08	89.28	109.85	57.01	77.89	98.08
CO	0.35	0.35	0.39	0.32	0.34	0.36
SO2	2.50	2.34	5.71	0.78	1.67	3.11

In Figura 7.3 ed in Figura 7.4 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 1 nel periodo primavera estate. Si osserva un abbassamento di tutti i contaminanti, incluso il PM₁₀ ed un aumento della concentrazione di ozono. In Tabella 7.3 e Tabella 7.4 sono riportati i superamenti per ciascun parametri e gli indici statistici. Quello che emerge è la conformità di tutti i parametri ad eccezione dell'ozono in cui si registrano 17 superamenti del valore normativo. Per tutti gli altri parametri si assiste ad un abbassamento sostanziale in particolare per le polveri dove il valore medio è di 20 µg/m³, circa la metà rispetto a quanto misurato nel periodo invernale.

8 Postazione ARIA 2

In Figura 8.1 ed in Figura 8.2 sono riportati gli andamenti degli inquinanti gassosi e delle polveri. Dall'analisi dei grafici si osserva il medesimo comportamento della postazione ARIA 1 ovvero:

- La concentrazione molto bassa di NO ed SO₂
- L'andamento confrontabile di NO_x ed NO₂

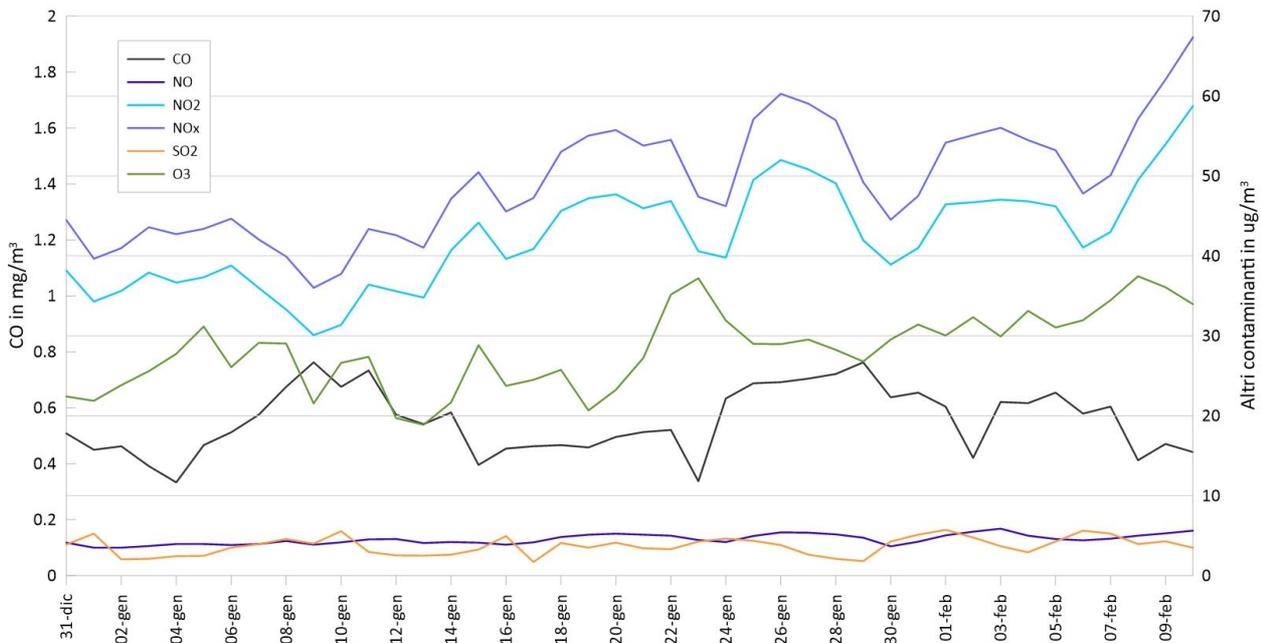


Figura 8.1 Stazione ARIA 2: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.

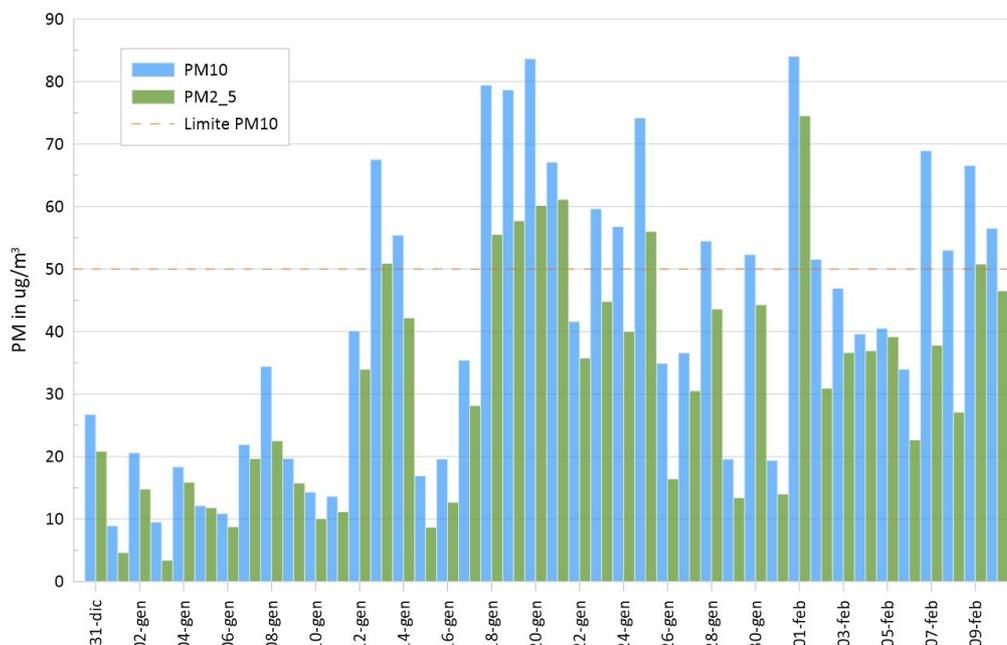


Figura 8.2 Stazione ARIA 2: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno

Si osservano inoltre superamenti del valore di PM₁₀ e PM_{2.5}.

In Tabella 8.1 sono riportati i superamenti del limite imposto dal D.Lgs 155/2010 per i parametri monitorati, in particolare si osserva la conformità per tutti gli inquinanti ad eccezione del PM₁₀. Si osserva inoltre che:

- Il biossido di zolfo mostra un valore massimo di 3.71 µg/m³, estremamente inferiore al limite di 350 µg/m³;
- Anche per il monossido di carbonio il valore massimo di 0.46 mg/m³ è estremamente inferiore al limite.
- Il valore medio della concentrazione giornaliera di PM₁₀ è molto prossimo al limite di 50 µg/m³, questo sta a significare che il valore di polveri nel periodo monitorato è molto elevato anche quando rientra nei parametri del D.Lgs. 155/2010. Inoltre si evidenzia che nel periodo monitorato si sono verificati 17 superamenti del limite normativo.

Tabella 8.1 ARIA 2 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	17
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 8.2 ARIA 2 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) in µg/m³

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	41.56	39.85	84.04	8.90	19.62	56.72
PM2.5	31.24	30.72	74.50	3.40	15.04	44.10
NO2	42.34	41.02	58.75	30.08	37.48	46.86
O3	28.21	28.90	37.46	18.88	24.77	31.35
CO	0.46	0.45	0.68	0.34	0.39	0.52
SO2	3.71	3.86	5.73	1.71	2.70	4.34

In Figura 8.3ed in Figura 8.4 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 2 nel periodo primavera estate. Si osserva, come per la stazione ARIA 1, un abbassamento di tutti i contaminanti, incluso il PM₁₀ ed un aumento della concentrazione di ozono, che però resta inferiore ai limiti normativi. In Tabella 8.3 e Tabella 8.4 sono riportati i superamenti per ciascun parametro e gli indici statistici.

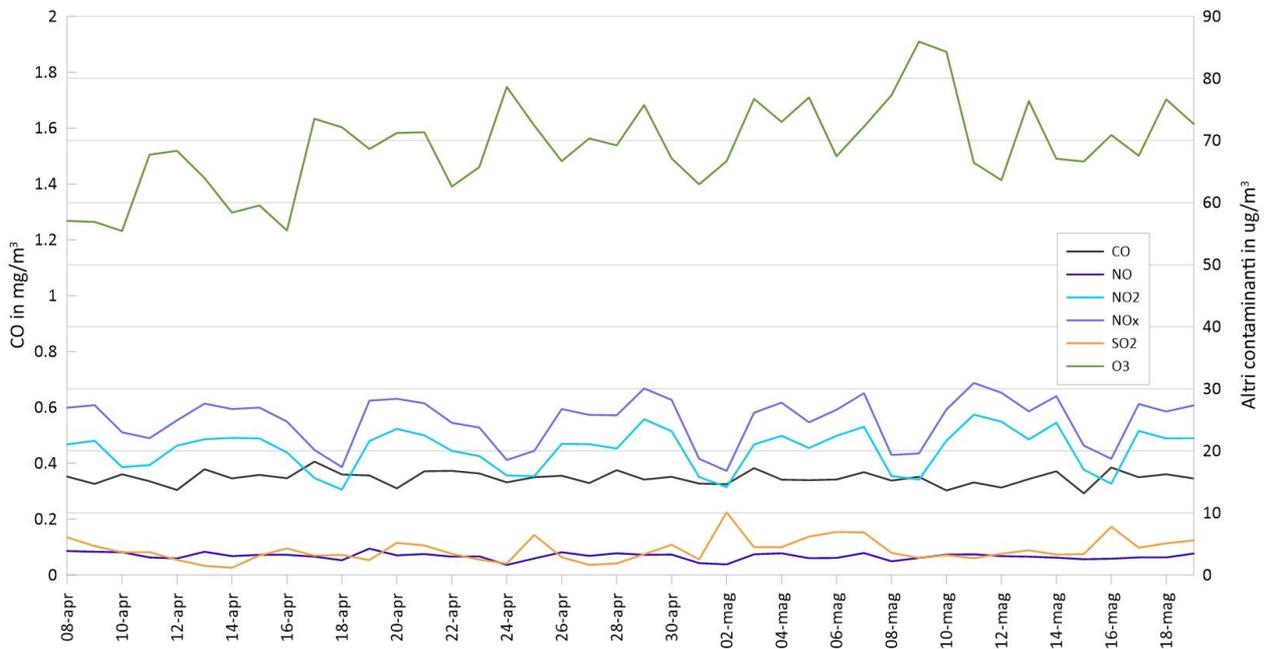


Figura 8.3 Stazione ARIA 2: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.

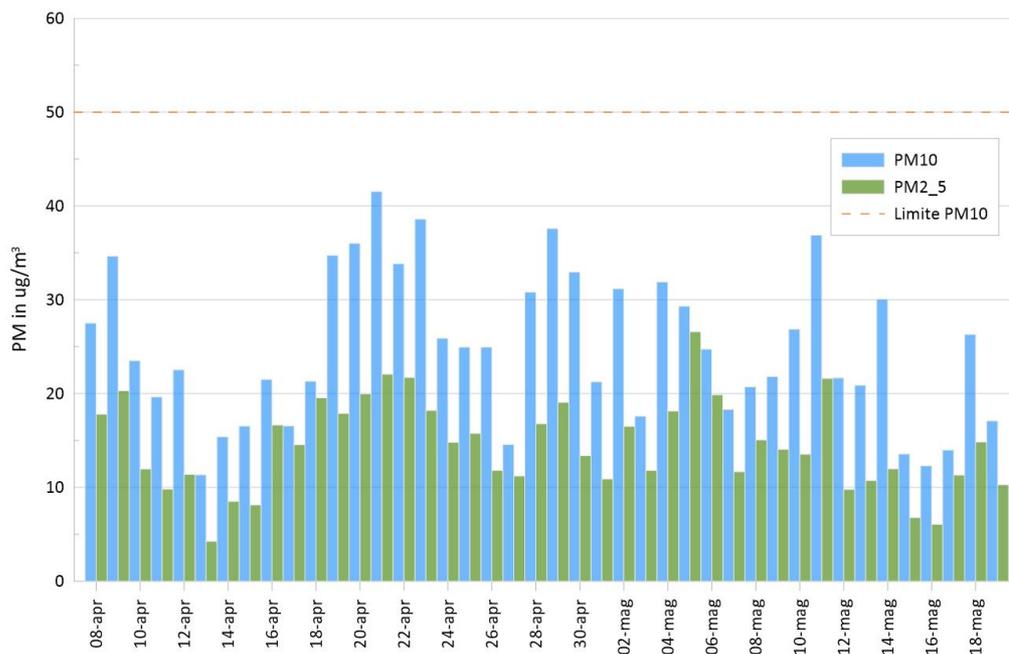


Figura 8.4 Stazione ARIA 2: Andamento delle polveri

Tabella 8.3 ARIA 2 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI	NOTA
PM10	Giornaliero	50	0	
NO2	Media massima oraria	200	0	
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0	

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI	NOTA
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0	
SO2	Media giorno	125	0	
SO2	Massima oraria	350	0	

Tabella 8.4 ARIA 2 Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate) in µg/m³

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	24.83	24.11	41.52	11.33	18.63	31.07
PM2.5	14.45	14.29	26.58	4.24	11.22	18.06
NO2	20.29	21.10	25.83	13.75	17.46	22.33
O3	69.02	68.48	85.92	55.42	65.88	72.91
CO	0.35	0.35	0.41	0.29	0.33	0.36
SO2	4.02	3.49	10.10	1.17	2.79	4.85

9 Postazione ARIA 3

In Figura 9.1 ed in Figura 9.2 sono riportati gli andamenti degli inquinanti gassosi e delle polveri, in entrambi i grafici espressi come concentrazione media giornaliera. Si osserva che:

- I valori massimi di NO₂ non superano i 45 µg/m³
- Anche per quanto concerne l'ozono non si superano mai i 50 µg/m³
- Come per le altre postazioni analizzate sono presenti superamenti del valore di PM₁₀ e PM_{2.5}.

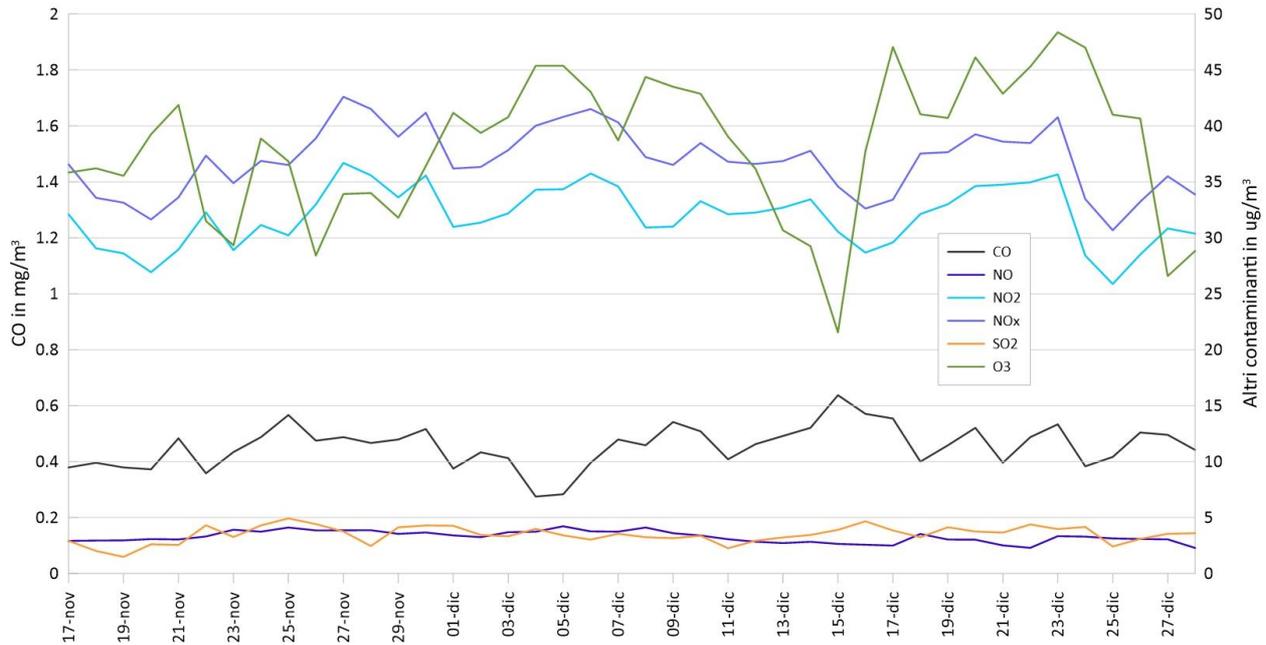


Figura 9.1 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno. I valori sono espressi come concentrazione media giornaliera.

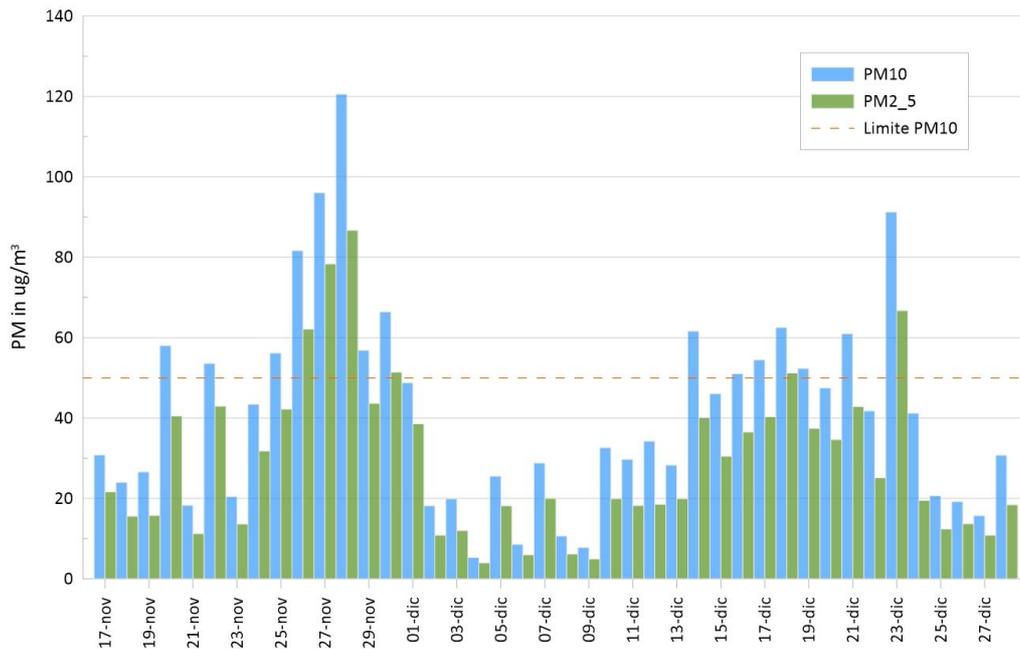


Figura 9.2 Stazione ARIA 3: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno. Concentrazioni medie giornaliere.

Tabella 9.1 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	14
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 9.2 ARIA 3 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) relativi alle concentrazioni medie giornaliere in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	41.60	37.69	120.53	5.28	21.48	55.72
PM2.5	29.39	20.78	86.67	3.98	14.17	40.45
NO2	31.90	32.12	36.69	25.88	30.26	34.13
O3	38.20	39.15	48.38	21.54	34.39	42.88
CO	0.46	0.46	0.64	0.28	0.40	0.50
SO2	3.49	3.50	4.93	1.49	3.11	4.10

In Figura 9.3 ed in Figura 9.4 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 3 nel periodo primavera estate. Si osserva un sostanziale abbassamento di tutti i contaminanti ad eccezione dell'ozono, che mostra 30 superamenti del limite normativo. I superamenti dell'ozono nel periodo estivo sono ben noti in molte regioni della pianura padana e la causa principale è dovuta allo smog fotochimico ed all'aumento della radiazione solare.

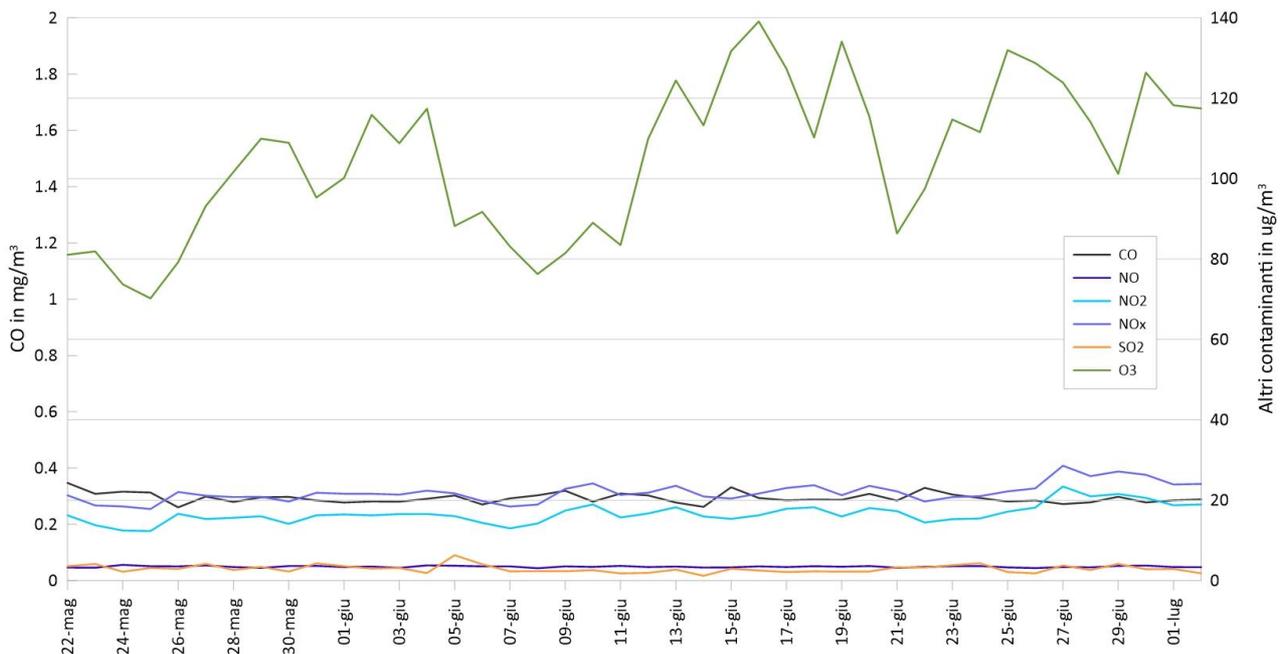


Figura 9.3 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate. Concentrazioni medie giornaliere.

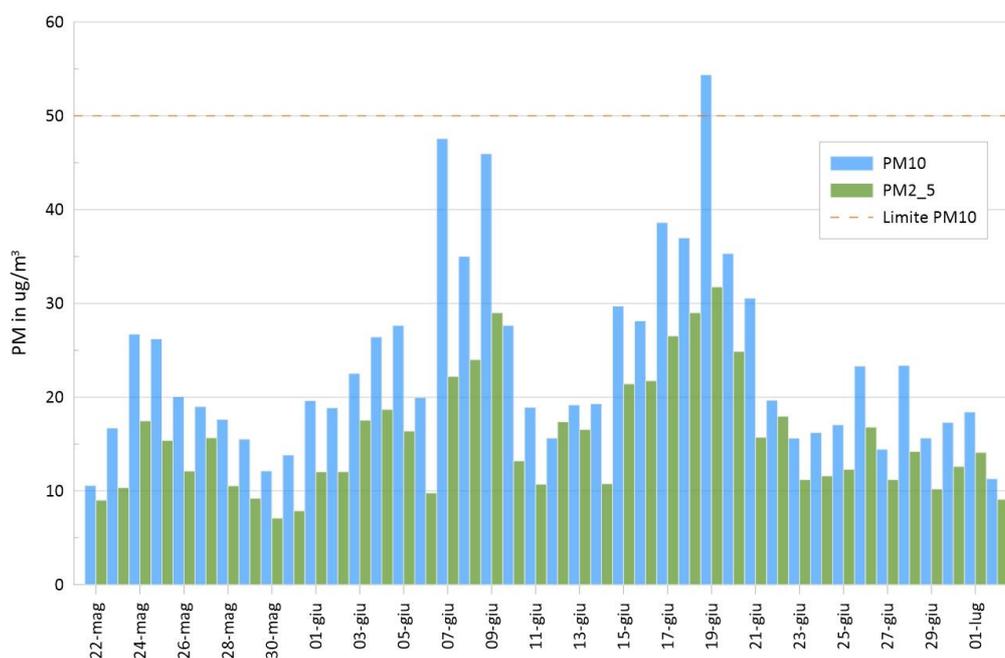


Figura 9.4 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate. Concentrazioni medie giornaliere.

Tabella 9.3 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	1
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	30
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 9.4 ARIA 3 Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate). Concentrazioni medie giornaliere in µg/m³

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	23.53	19.64	54.35	10.58	16.78	27.64
PM2.5	15.65	14.15	31.75	7.10	10.88	17.85
NO2	16.64	16.25	23.42	12.33	15.40	18.00
O3	104.95	109.42	139.10	70.20	88.41	117.44
CO	0.29	0.29	0.35	0.26	0.28	0.30
SO2	2.93	2.79	6.32	1.20	2.25	3.55

10 Postazione ARIA 4

In Figura 10.1 ed in Figura 10.2 sono riportati gli andamenti degli inquinanti gassosi e delle polveri, in entrambi i grafici espressi come concentrazione media giornaliera. Si osserva che:

- I valori massimi di NO₂ non superano i 40 µg/m³
- Anche per quanto concerne l'ozono non si superano mai i 40 µg/m³
- Come per le altre postazioni analizzate sono presenti superamenti del valore di PM₁₀

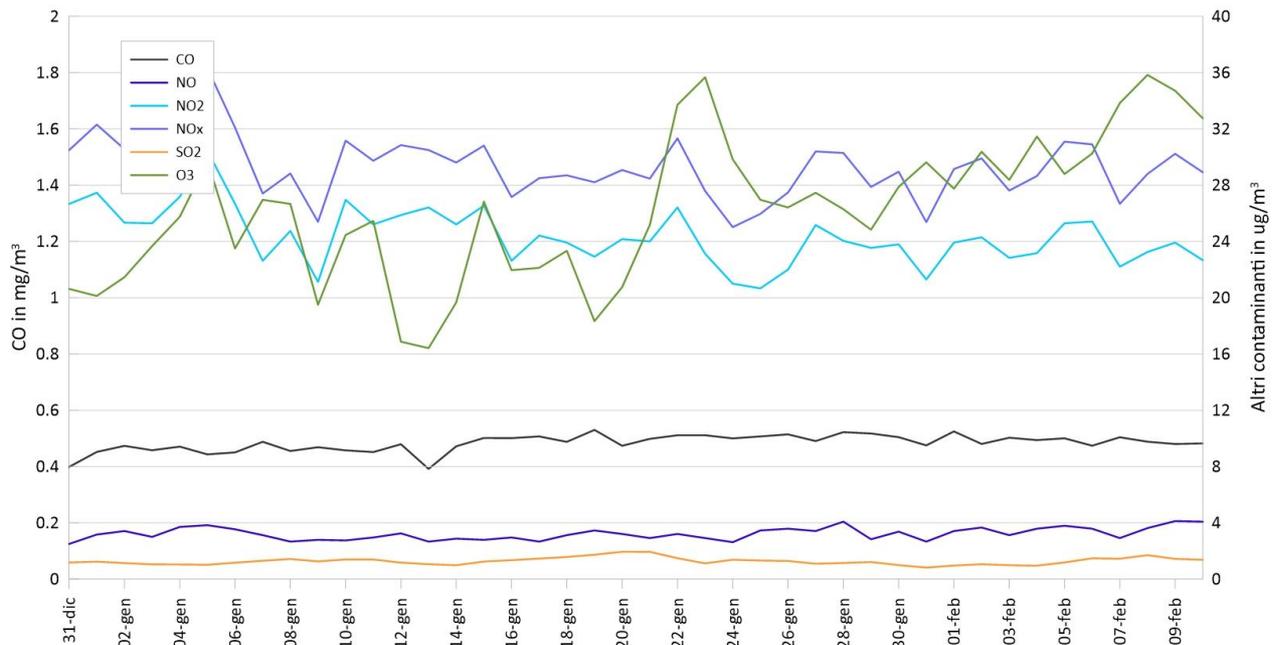


Figura 10.1 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.

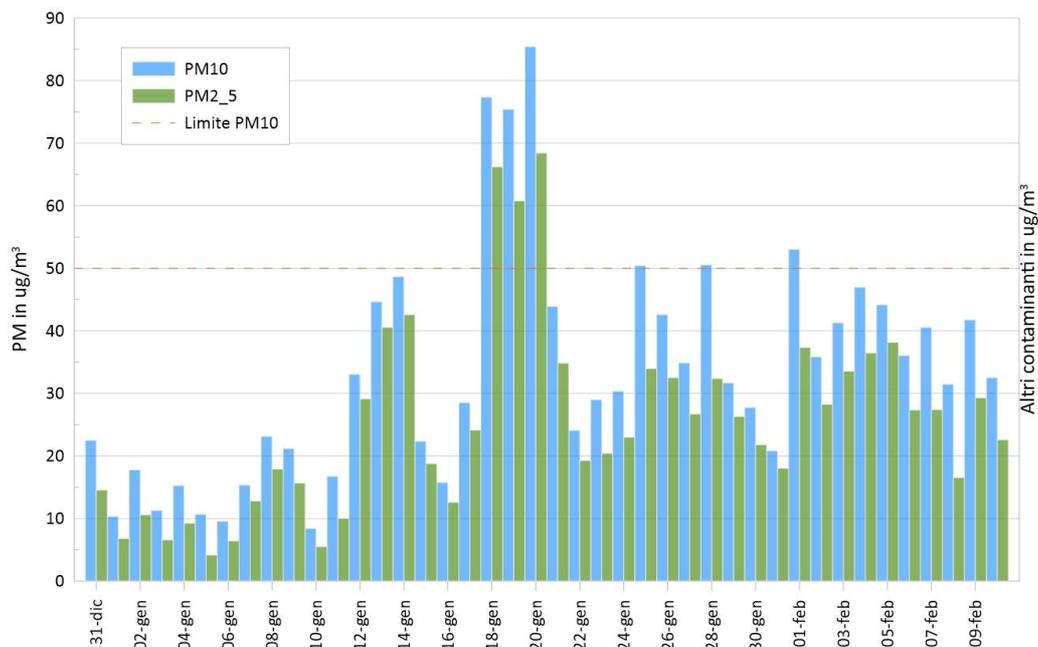


Figura 10.2 Stazione ARIA 4: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno.

Tabella 10.1 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	6
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 10.2 ARIA 4 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno). I valori statistici sono calcolati sulla media giornaliera e sono espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	33.40	31.56	85.41	8.39	20.93	43.58
PM2.5	25.47	23.56	68.46	4.19	14.84	33.30
NO2	24.38	24.10	30.46	20.67	22.97	25.40
O3	26.24	26.54	35.83	16.42	22.43	29.69
CO	0.48	0.49	0.53	0.39	0.47	0.50
SO2	1.28	1.25	1.94	0.82	1.07	1.42

In Figura 10.3 ed in Figura 10.4 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 4 nel periodo primavera estate. Si osserva un sostanziale abbassamento di tutti i contaminanti e, diversamente dal resto delle postazioni, non si osservano superamenti del valore di ozono, che resta sempre inferiore ai $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

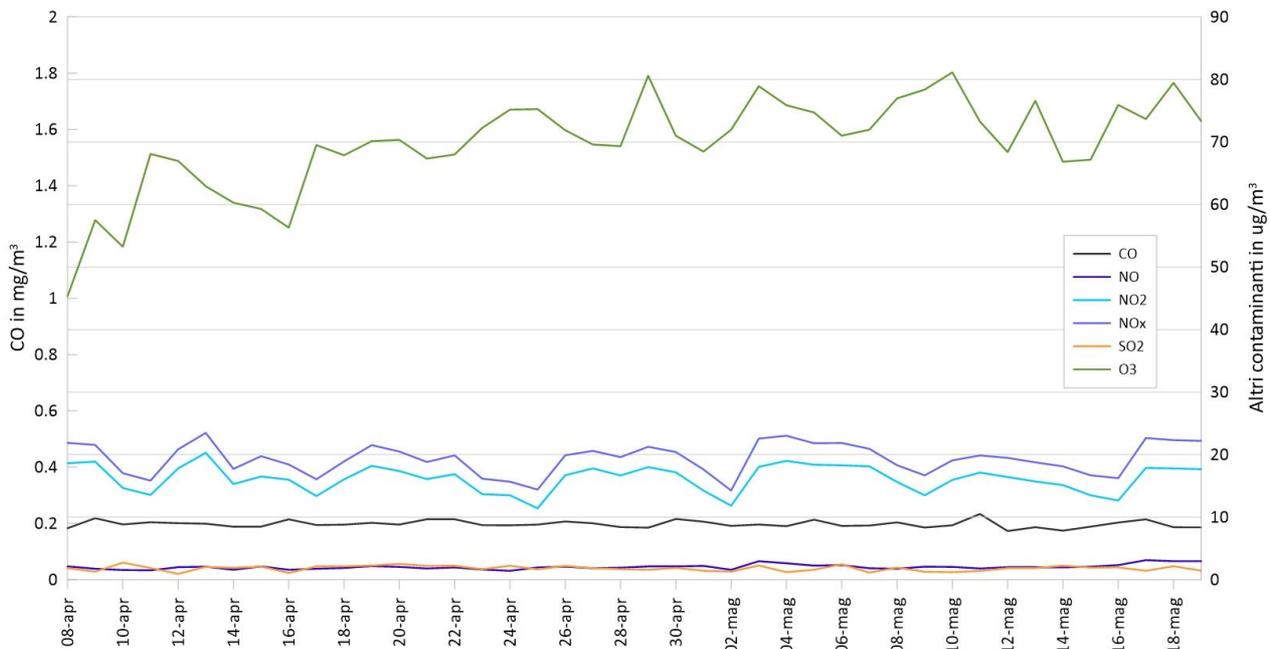


Figura 10.3 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.

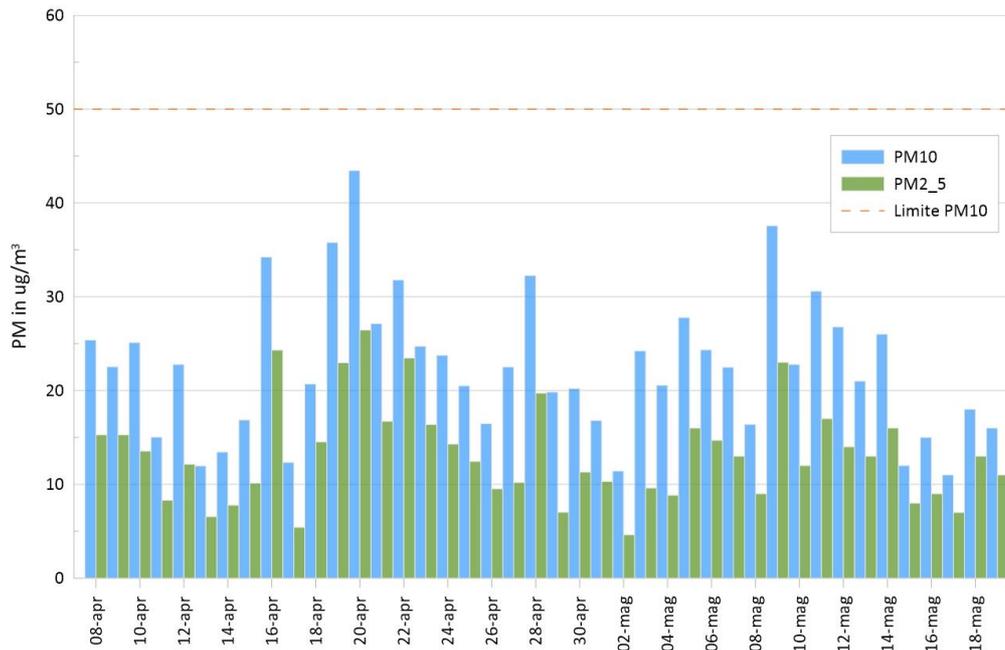


Figura 10.4 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.

Tabella 10.3 ARIA 4 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	0
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 10.4 ARIA 4: Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate). Concentrazione media giornaliera in µg/m³.

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	22.36	22.49	43.45	11.00	16.56	25.85
PM2.5	13.16	12.72	26.43	4.62	9.13	15.82
NO2	16.22	16.58	20.29	11.42	14.78	17.85
O3	69.81	70.67	81.13	45.33	67.47	75.05
CO	0.20	0.20	0.23	0.17	0.19	0.20
SO2	1.81	1.87	2.72	0.93	1.43	2.15

11 Postazione ARIA 5

In Figura 11.1 ed in Figura 11.2 sono riportati gli andamenti degli inquinanti gassosi e delle polveri, in entrambi i grafici espressi come concentrazione media giornaliera. Si osserva che:

- I valori massimi di NO₂ raggiungono i 50 µg/m³, restando ampiamente al di sotto del limite
- Anche per quanto concerne l'ozono non si superano mai i 40 µg/m³
- Come per le altre postazioni analizzate sono presenti superamenti del valore di PM₁₀ che non sempre sono accompagnati da aumenti consistenti di PM_{2.5}

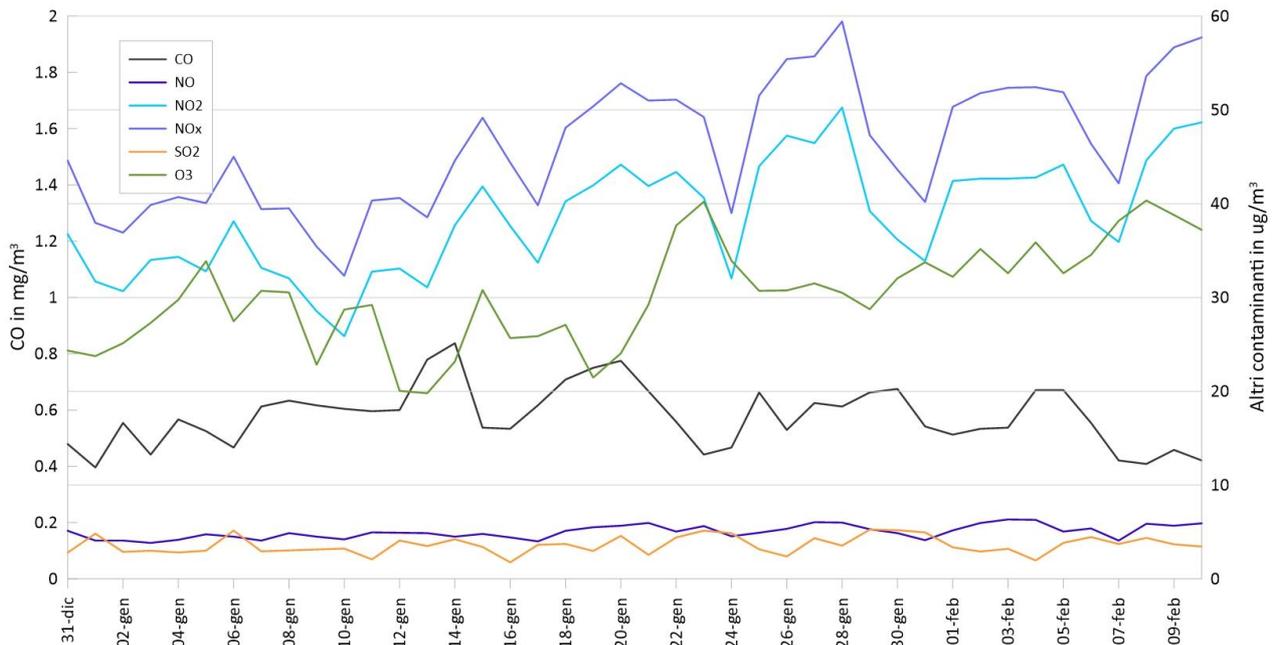


Figura 11.1 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.

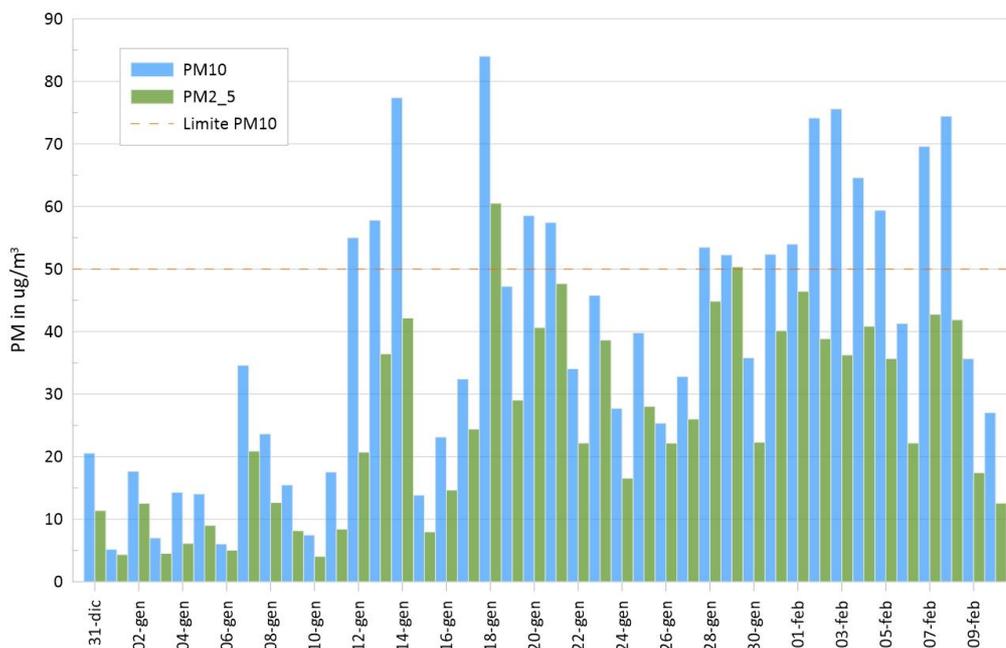


Figura 11.2 Stazione ARIA 5: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno.

Tabella 11.1 ARIA 5 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N.SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	16
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 11.2 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	39.65	35.73	84.02	5.18	21.19	56.84
PM2.5	25.64	22.25	60.51	4.06	12.52	39.81
NO2	38.51	38.15	50.25	25.88	33.30	42.76
O3	30.19	30.63	40.33	19.79	26.18	33.84
CO	0.58	0.56	0.84	0.40	0.52	0.66
SO2	3.61	3.47	5.25	1.76	2.98	4.36

In Tabella 11.2 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ed in Figura 11.3 sono riportati gli andamenti della concentrazione oraria di inquinanti gassosi e polveri misurati nella stazione ARIA 5 nel periodo primavera estate. Anche in questo caso si osserva un sostanziale abbassamento di tutti i contaminanti ed il rispetto dei limiti normativi.

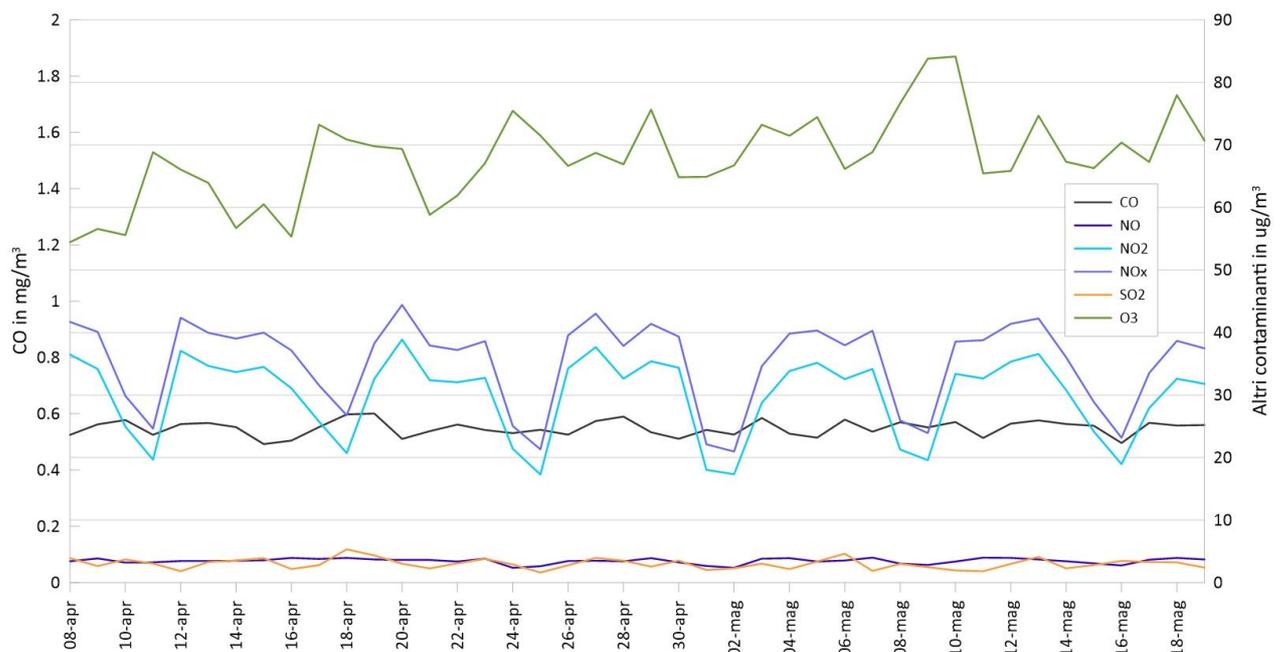


Figura 11.3 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.

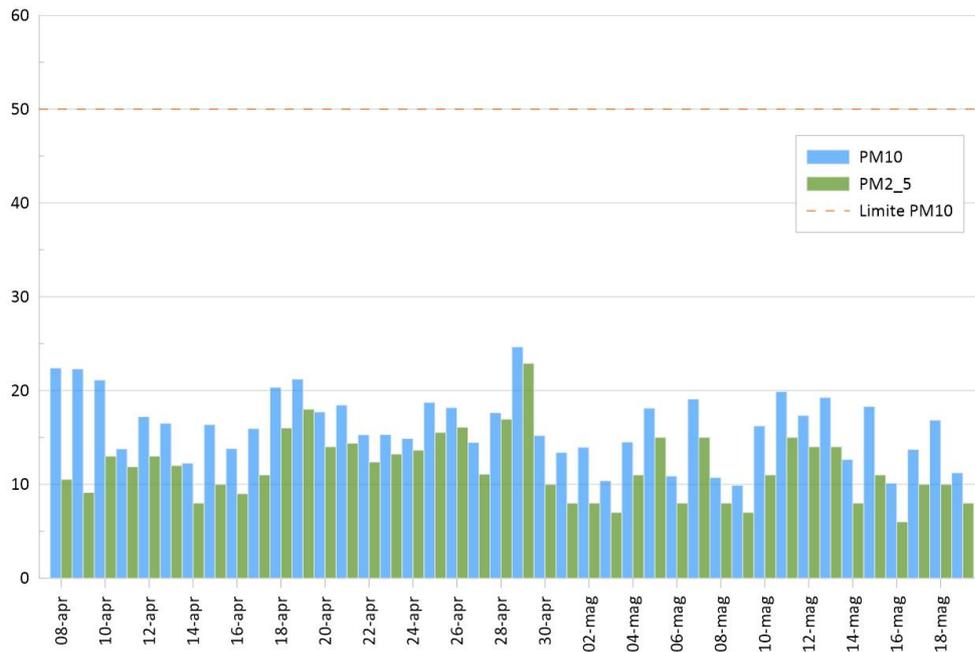


Figura 11.4 Stazione ARIA 5: Andamento delle polveri nel periodo primavera estate.

Tabella 11.3 ARIA 5 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)

PARAMETRO	LIMITE	VALORE	N. SUPERAMENTI
PM10	Giornaliero	50	0
NO2	Media massima oraria	200	0
O3	Media max giornaliera 8 hr	120	0
CO	Media max giornaliera 8 hr	10	0
SO2	Media giorno	125	0
SO2	Massima oraria	350	0

Tabella 11.4 ARIA 5: Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate) in µg/m³

Giornalieri	Media	Mediana	Massimo	Minimo	25°	75°
PM10	16.19	16.28	24.64	9.90	13.78	18.40
PM2.5	11.80	11.04	22.90	6.00	9.03	14.00
NO2	29.98	32.61	38.87	17.29	25.16	34.34
O3	67.97	67.29	84.13	54.45	65.04	71.48
CO	0.55	0.55	0.60	0.49	0.53	0.57
SO2	3.02	3.02	5.33	1.62	2.32	3.52

12 Confronto con la stazione Arpae di Porto San Vitale

Di seguito è riportato un confronto dei valori misurati in questo studio con quelli della stazione Arpae di Porto San Vitale (Figura 12.1) relativamente ai parametri biossido di azoto, ozono, PM10 e PM2.5.



Figura 12.1 Collocazione della stazione di monitoraggio ARPA di Porto San Vitale.

I dati analizzati fanno riferimento al periodo 17 novembre - 10 febbraio e 8 aprile - 2 luglio.

In Figura 12.2 è riportato il box plot relativo ai valori di NO₂ ed O₃ misurati nella Stazione di Porto San Vitale e nelle stazioni A1 – A5 suddivisi per stagione, suddivisi per i periodi sopra indicati. Il box plot mostra il valore di mediana, del 25° e 75° percentile ed i valori di massimo e minimo. Per quanto riguarda il periodo invernale si osserva un valore della mediana delle concentrazioni di N₂O misurato in Porto San Vitale intorno ai 27 µg/m³, confrontabile con quello calcolato in A1 ed A3 mentre in A3 ed A5 si registrano valori più elevati. Il grafico evidenzia una differenza di concentrazione rilevante tra le 6 stazioni (espressa tramite i parametri statistici), questo è probabilmente dovuto alla distribuzione spaziale delle stesse. Nel periodo estivo i valori si abbassano in tutti i siti di monitoraggio ed i valori della mediana tendono ad allinearsi ad eccezione di A5, dove risultano più elevati anche in estate.

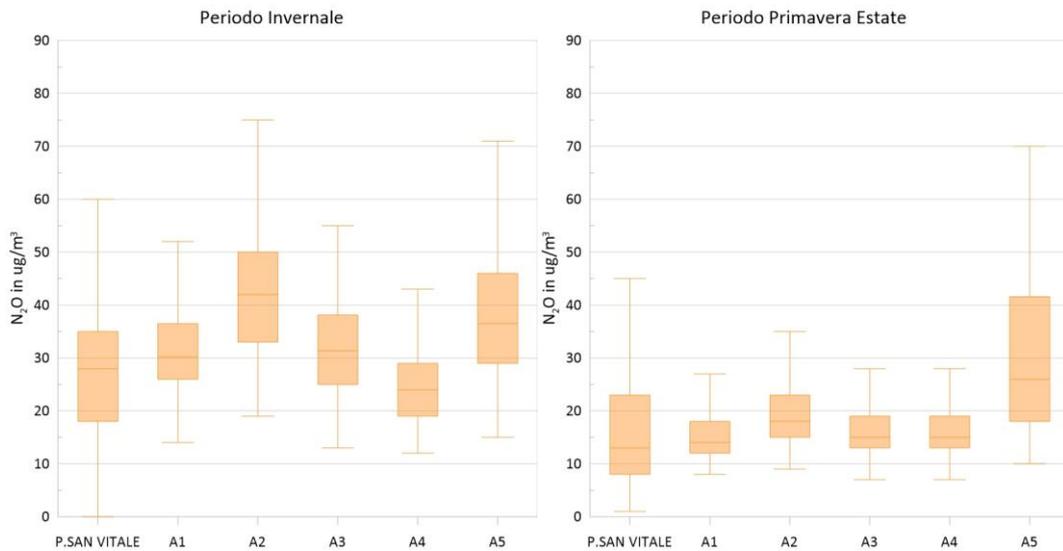


Figura 12.2 Box Plot relativo alle concentrazioni di biossido di azoto registrate durante il periodo invernale ed estivo relative al biossido di azoto.

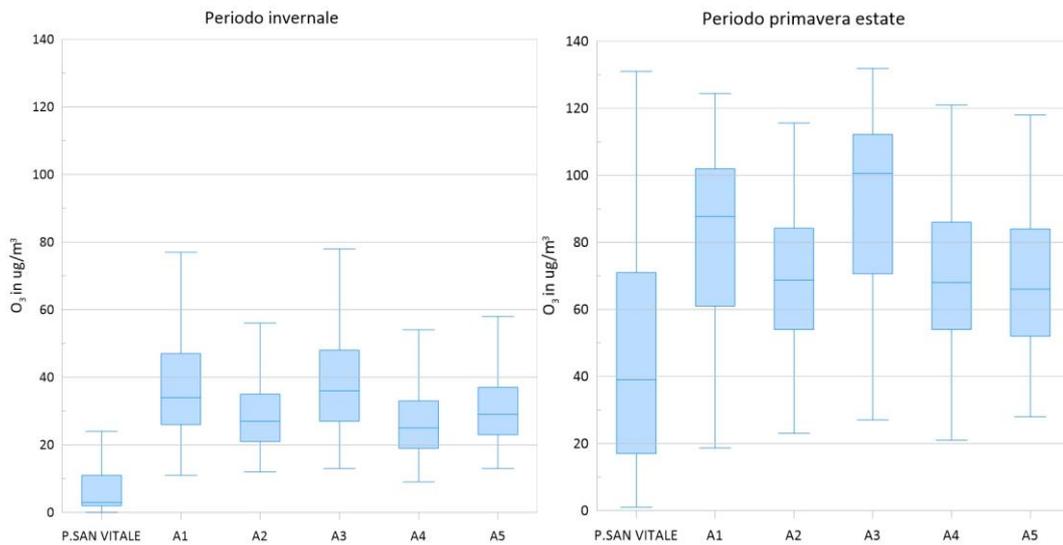


Figura 12.3 Box Plot relativo alle concentrazioni di ozono registrate durante il periodo invernale ed estivo relative all'ozono.

Per quanto concerne la concentrazione di ozono la stazione di Porto San Vitale misura sempre valori inferiori alle altre stazioni e questo lo si può dedurre osservando l'andamento della mediana nei diversi siti. In particolare nei mesi invernali il valore della mediana di Porto San Vitale non supera i $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nelle altre stazioni i valori sono compresi tra i 20 ed i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante il periodo estivo si assiste all'innalzamento dei valori di ozono, la stazione Arpae misura comunque valori inferiori. Come per il biossido di azoto, anche per l'ozono si osserva un'elevata variabilità spaziale dei valori di concentrazione.

Per quanto riguarda il PM₁₀ e PM_{2.5} nei grafici di Figura 12.4 - Figura 12.7 sono riportati gli andamenti temporali delle stazioni A1 – A5 e di quella di Porto San Vitale.

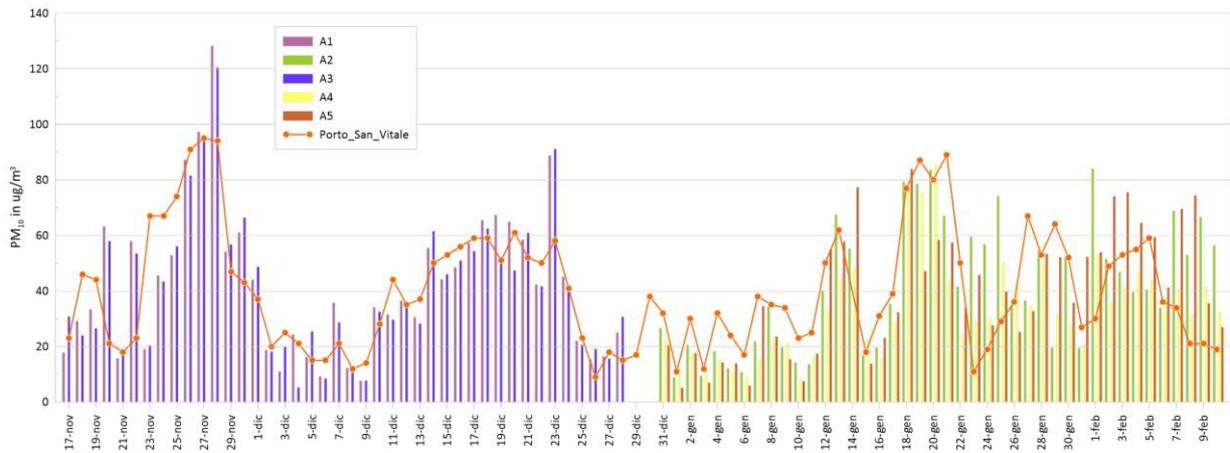


Figura 12.4 Periodo invernale: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale

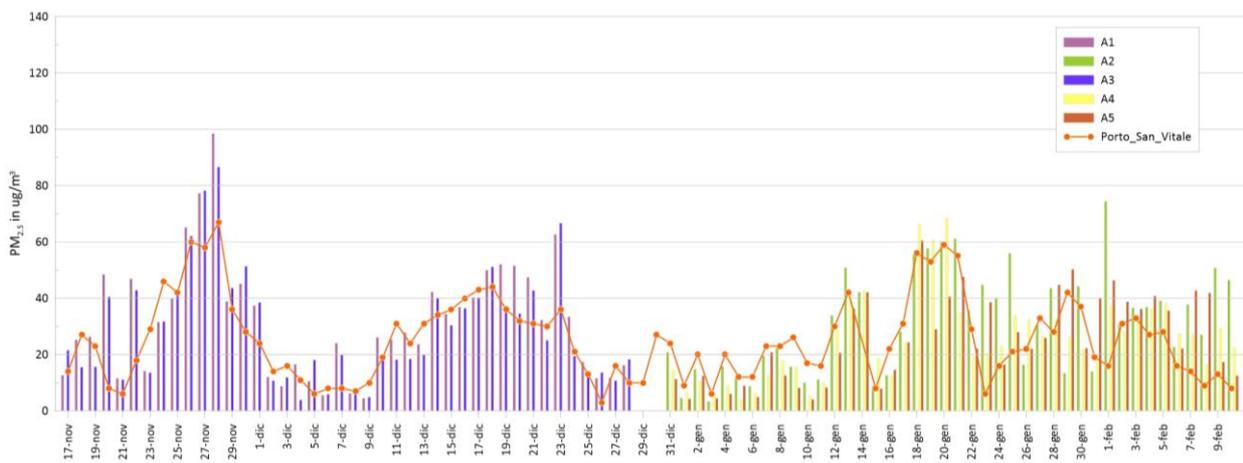


Figura 12.5 Periodo invernale: andamento delle concentrazioni di PM2.5 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale

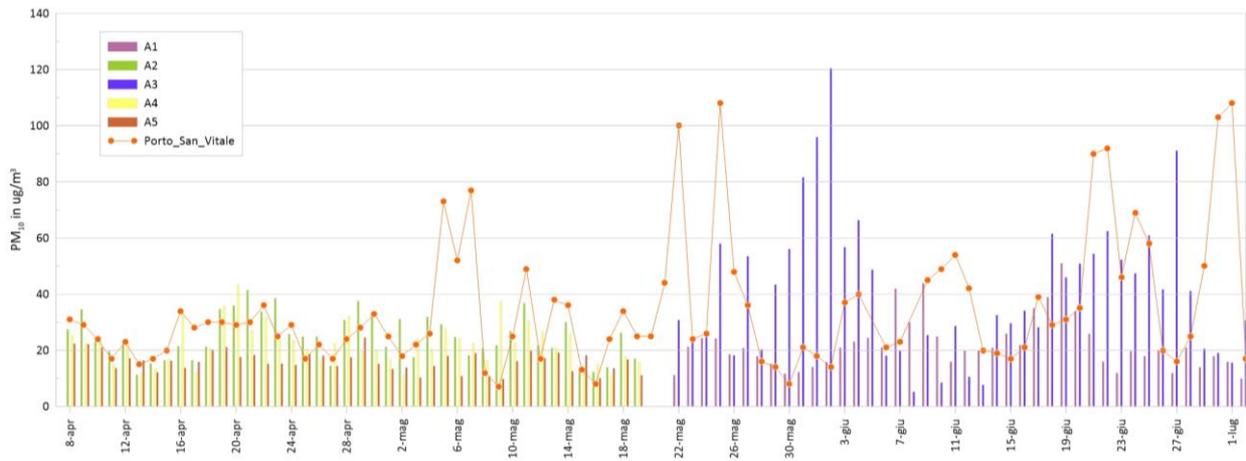


Figura 12.6 Periodo primavera-estate: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale

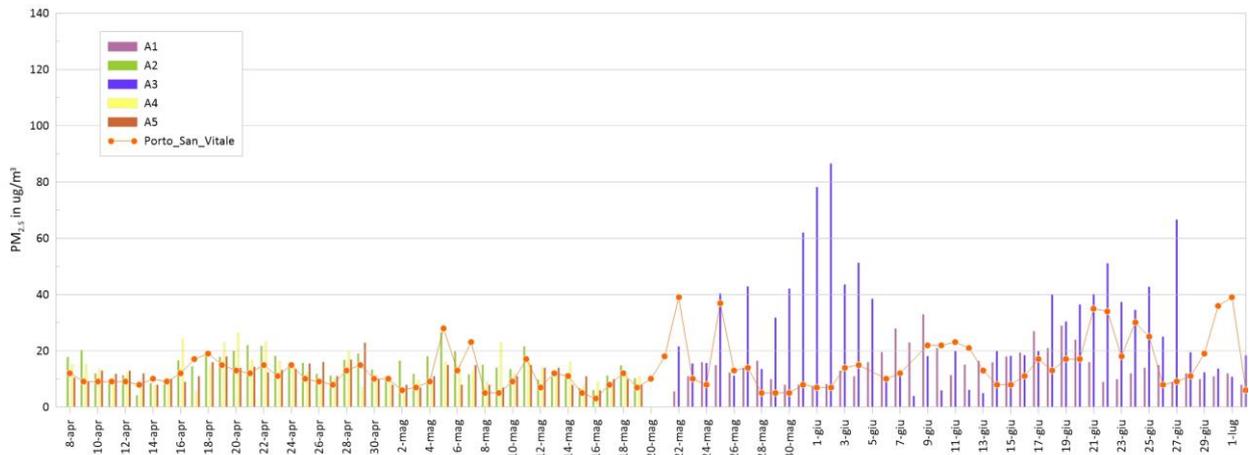


Figura 12.7 Periodo primavera-estate: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale

Dall'analisi dei grafici si osserva che:

- Gli andamenti di PM10 relativi al periodo invernale sono confrontabili ad eccezione di alcune giornate intorno al 19 – 17 novembre, nella giornata del 21 dicembre e nel periodo 7-9 febbraio dove le stazioni utilizzate all'interno di questo studio registrano valori sensibilmente più elevati. Il medesimo comportamento si osserva per il PM2.5, anche in questo caso gli scostamenti maggiori rispetto alla stazione di Porto San Vitale si verificano in concomitanza agli innalzamenti di PM10. Tali innalzamenti potrebbero essere dovuti a fenomeni locali probabilmente attribuibili al traffico sul canale e sulle strade in prossimità delle centraline.
- Per quanto concerne il periodo estivo per il PM10 si osservano ancora andamenti confrontabili ma concentrazioni superiori, spesso anche in modo significativo, nella stazione di Porto San Vitale. Nel periodo dal 29 maggio al 6 giugno la stazione A1 registra elevati di PM10 e PM2.5 mentre le altre stazioni non evidenziano criticità.

13 Conclusioni

Il monitoraggio Ante Operam della qualità dell'aria relativo alle prime 2 campagne stagionali, ha evidenziato superamenti del limite normativo per il parametro PM10 e per il parametro ozono, mentre tutti gli altri contaminanti (NO₂, CO, SO₂, contenuto di metalli nel PM10) sono risultati conformi al D.Lgs 155/2010. Per quanto concerne il particolato atmosferico la situazione è più critica nella stagione invernale nelle stazioni ARIA 1, ARIA 2 ed ARIA 3, dove si osservano il maggior numero di superamenti di PM₁₀ ed un valore medio di PM_{2,5} superiore a 25 µg/m³. Nella stazione ARIA 1 ed ARIA 3 si assiste anche ad un numero consistente di superamenti di ozono nella stagione estiva. In generale in ARIA 4 si verificano pochi superamenti delle polveri e comunque, anche in questo caso, nel periodo invernale mentre in ARIA 5 la situazione è confrontabile alle stazioni 1, 2 e 3.

In conclusione il monitoraggio Ante Operam effettuato all'interno del Porto di Ravenna ha evidenziato una situazione di potenziale criticità nei mesi invernali per il particolato atmosferico mentre nei mesi estivi per l'ozono, risentendo del contributo del trasporto marittimo e di tutte le attività antropiche che si trovano nell'area portuale.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 5.1 Posizionamento delle stazioni di monitoraggio della Qualità dell'Aria.....	13
Figura 6.1 Regime anemologico periodo invernale.....	15
Figura 6.2 Regime anemologico estivo.....	16
Figura 6.3 Precipitazioni ed umidità: medie giorno	17
Figura 6.4 Temperatura media giornaliera.....	18
Figura 7.1 Stazione ARIA 1: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno inverno (concentrazione media giornaliera).....	19
Figura 7.2 Stazione ARIA 1: andamento delle polveri nel periodo invernale (concentrazione media giornaliera).....	19
Figura 7.3 Stazione ARIA 1: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo estivo (concentrazione media giornaliera).....	21
Figura 7.4 Stazione ARIA 1: Andamento delle polveri nel periodo primavera estate (concentrazione media giornaliera).....	21
Figura 8.1 Stazione ARIA 2: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.	23
Figura 8.2 Stazione ARIA 2: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno.....	23
Figura 8.3 Stazione ARIA 2: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.	25
Figura 8.4 Stazione ARIA 2: Andamento delle polveri.....	25
Figura 9.1 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno. I valori sono espressi come concentrazione media giornaliera.....	27
Figura 9.2 Stazione ARIA 3: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno. Concentrazioni medie giornaliere.....	27
Figura 9.3 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate. Concentrazioni medie giornaliere.....	28
Figura 9.4 Stazione ARIA 3: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate. Concentrazioni medie giornaliere.....	29
Figura 10.1 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.	30
Figura 10.2 Stazione ARIA 4: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno.....	30
Figura 10.3 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.	31
Figura 10.4 Stazione ARIA 4: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.	32
Figura 11.1 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno.	33
Figura 11.2 Stazione ARIA 5: andamento delle polveri nel periodo autunno – inverno.....	33
Figura 11.3 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo primavera estate.	34

Figura 11.4 Stazione ARIA 5: Andamento delle polveri nel periodo primavera estate.....	35
Figura 12.1 Collocazione della stazione di monitoraggio ARPA di Porto San Vitale.	36
Figura 12.2 Box Plot relativo alle concentrazioni di biossido di azoto registrate durante il periodo invernale ed estivo relative al biossido di azoto.	37
Figura 12.3 Box Plot relativo alle concentrazioni di ozono registrate durante il periodo invernale ed estivo relative all'ozono.	37
Figura 12.4 Periodo invernale: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale	38
Figura 12.5 Periodo invernale: andamento delle concentrazioni di PM2.5 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale	38
Figura 12.6 Periodo primavera-estate: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale.....	38
Figura 12.7 Periodo primavera-estate: andamento delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di monitoraggio A1 – A5 e nella stazione di Porto San Vitale.....	39

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1- Limiti di Legge per la normativa italiana sulla Qualità dell'Aria: Inquinanti Gassosi.	5
Tabella 5.1 - Limiti di Legge per la normativa sulla Qualità dell'Aria: Particolato e Specie nel particolato.....	14
Tabella 5.2 - Limiti di Legge per la normativa sulla Qualità dell'Aria: Particolato e Specie nel particolato.....	14
Tabella 7.1 ARIA 1 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)	20
Tabella 7.2 ARIA 1 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20
Tabella 7.3 ARIA 1 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)	21
Tabella 7.4 ARIA 1 Principali parametri statistici (Periodo primavera - estate).....	22
Tabella 8.1 ARIA 2 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)	24
Tabella 8.2 ARIA 2 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24
Tabella 8.3 ARIA 2 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)	25
Tabella 8.4 ARIA 2 Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26
Tabella 9.1 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)	28
Tabella 9.2 ARIA 3 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno) relativi alle concentrazioni medie giornaliere in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28

Tabella 9.3 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)	29
Tabella 9.4 ARIA 3 Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate). Concentrazioni medie giornaliere in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29
Tabella 10.1 ARIA 3 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)	31
Tabella 10.2 ARIA 4 Principali parametri statistici (Periodo autunno – inverno). I valori statistici sono calcolati sulla media giornaliera e sono espressi in in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	31
Tabella 10.3 ARIA 4 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)	32
Tabella 10.4 ARIA 4: Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate). Concentrazione media giornaliera in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	32
Tabella 11.1 ARIA 5 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo autunno – inverno)	34
Tabella 11.2 Stazione ARIA 5: Andamento degli inquinanti gassosi nel periodo autunno – inverno in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	34
Tabella 11.3 ARIA 5 Analisi dei superamenti del limite normativo. (Periodo primavera - estate)	35
Tabella 11.4 ARIA 5: Principali parametri statistici (Periodo primavera – estate) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35