

# Cagliari 2017



## SARA

Relazione tecnica di valutazione  
della qualità dell'aria presso  
l'aeroporto di Cagliari

Terzo Quadrimestre  
(ottobre '17 – gennaio '18)

Anno 2017

## SOMMARIO

<b>1 - INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2 - RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>2</b>
<b>3 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO</b>	<b>3</b>
3.1 - Caratteristiche della strumentazione	4
3.2 - Acquisizione dati	4
3.3 - C.E.D.	4
3.4 - SARA	4
<b>4 - GESTIONE DEL SISTEMA</b>	<b>6</b>
4.1 - Calibrazioni	6
4.2 - Guasti e malfunzionamenti	6
<b>5 - L'AEROPORTO</b>	<b>7</b>
<b>6 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO</b>	<b>10</b>
6.1 - CAG08 - Testata 14 Aria	10
6.2 - Report guasti ed interventi di manutenzione	11
<b>7 - ANALISI DEI DATI</b>	<b>12</b>
7.1 - Meteo	12
7.2 - Inquinanti monitorati	14
<b>8 - CORRELAZIONE QUALITÀ ARIA - VOLI</b>	<b>20</b>
8.1 - Correlazione Voli - CO	21
8.2 - Correlazione Voli - SO <sub>2</sub>	22
8.3 - Correlazione Voli - O <sub>3</sub>	23
8.4 - Correlazione Voli - NO <sub>2</sub>	24
8.5 - Correlazione Voli - Benzene	25
<b>9 - STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA</b>	<b>26</b>
<b>10 - CONCLUSIONI</b>	<b>26</b>

## 1 - INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di analizzare i livelli della qualità dell'aria, in particolare le influenze con le attività di origine aeronautica, presso l'aeroporto civile di Cagliari nel terzo quadrimestre (ottobre '17-gennaio '18) dell'anno 2017.

Nello specifico, il rapporto si prefigge il compito di:

- Determinare la qualità dell'aria nelle aree interne e circostanti il sedime aeroportuale attraverso la misurazione in continuo dei valori degli inquinanti;
- Determinare l'influenza che le attività aeree dello scalo hanno sulle concentrazioni delle componenti gassose misurate;
- Dare informazioni sulle caratteristiche e sullo stato di funzionamento e manutenzione del sistema di acquisizione della qualità dell'aria.

Tale relazione è stata redatta rispettando le indicazioni riportate all'interno del D. Lgs. 155/2010, attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Tuttavia va precisato che l'analisi è stata effettuata sui dati grezzi ricavati dalle centraline di monitoraggio poiché non avviene alcun processo di validazione.

## 2 - RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito (Tabella 1: Riferimenti normativi) si riportano i principali riferimenti normativi della legislazione italiana che riguardano la qualità dell'aria.

Riferimento normativo	Titolo
D.lgs. 13 agosto 2010 n.155	"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"
DM Ambiente 29 novembre 2012	Individuazione delle stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dall'articolo 6, comma 1, e dall'articolo 8, commi 6 e 7 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155.
Decreto Legislativo n.250/2012	Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa
DM Ambiente 22 febbraio 2013	Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni.
DM Ambiente 13 marzo 2013	Individuazione delle stazioni per il calcolo dell'indicatore d'esposizione media per il PM <sub>2,5</sub> di cui all'articolo 12, comma 2, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155.
DM 5 maggio 2015	Metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155
DM 26 gennaio 2017	Attuazione della direttiva (UE) 2015/1480 del 28 agosto 2015, che modifica taluni allegati delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE nelle parti relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente.

Tabella 1: Riferimenti normativi

### 3 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Le stazioni di misura della rete di monitoraggio della qualità dell'aria sono di tipo non presidiato e possono essere di tipo fisso o installate su carrelli trainabili; sono costituite da una serie di analizzatori ciascuno dedicato alla misura della concentrazione di uno o più inquinanti nell'aria.

L'ubicazione delle stazioni di monitoraggio è stata determinata con cura, collocando le stesse all'interno dell'intorno aeroportuale. In questo modo, come già accennato nella parte introduttiva, è possibile verificare la correlazione tra i valori delle concentrazioni misurate e le sorgenti di immissione presenti sul territorio circostante la postazione.

Le centraline vengono posizionate in prossimità delle proiezioni al suolo delle rotte di atterraggio e decollo teoriche (pubblicate nelle AIP) per recepire l'incidenza del traffico aereo sulla qualità dell'area o nell'area "land side" di fronte all'aerostazione per misurare l'incidenza del traffico veicolare sui vari inquinanti presenti nell'aria.

Ogni centralina è stata posizionata garantendo un facile accesso del personale autorizzato, per garantire una pronta manutenzione. Tipicamente sono contenute in armadi da esterno fissati su piattaforme in cemento realizzate "ad hoc" o montate su trolley trainabili.



Figura 1: postazione su carrello (a sinistra) e postazione fissa (a destra).

### 3.1 - Caratteristiche della strumentazione

I componenti della strumentazione di misura rispettano tutte le prescrizioni delle normative vigenti (Tabella 2: normativa in materia di metodologie di misura) in materia di metodologie di misurazione.

Normative per analizzatori
ISO 10498, EN 14212 e VDI 4202
ISO 7996, EN 14211
ISO 4224, EN 14626
ISO 10473, EN 12341, EN 14907
ISO 13964, EN 14625
EN 14662-3

Tabella 2: normativa in materia di metodologie di misura

### 3.2 - Acquisizione dati

In funzione della loro configurazione e della tipologia di analizzatori che le compongono, le centraline del sistema di monitoraggio sono in grado di rilevare in continuo e con tempo di campionamento di 1 secondo i seguenti inquinanti:

- Ossidi di azoto (NO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>)
- Ossido di carbonio (CO)
- Particolato (PM10, PM2,5)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Anidride solforosa (SO<sub>2</sub>)
- Composti organici (Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni)
- Idrocarburi

### 3.3 - C.E.D.

Presso il Centro Elaborazione Dati (C.E.D.) è installato il software SARA che riceve i valori delle concentrazioni degli inquinanti misurati dalle singole stazioni, li elabora, archivia e memorizza nel database del sistema di monitoraggio ambientale.

Il sistema archivia:

- Valori delle concentrazioni mediate sul minuto;
- Indicazioni di anomalie nelle misurazioni.

I dati acquisiti dalle centraline della rete di monitoraggio dell'aeroporto di Cagliari sono trasferiti, mediante un sistema di collegamento su rete in fibra, al centro di raccolta generale, dove vengono elaborati dal software SARA che è in grado di eseguire tutte le procedure necessarie al fine di correlare l'andamento degli inquinanti con le operazioni di volo.

### 3.4 - SARA

SARA (Sistema Analisi Rumore Aeroportuale) è un software completamente progettato e sviluppato dalla Softech s.r.l. inizialmente per il monitoraggio dell'inquinamento acustico e successivamente esteso a quello della qualità dell'aria.

Il software realizzato a partire dalla fine degli anni '90 è stato più volte collaudato dal MATTM e dalle Commissioni di controllo di ARPA ed è ad oggi lo strumento di valutazione del rumore aeroportuale e della qualità dell'aria scelto dalla maggior parte degli aeroporti italiani dotati di un sistema di monitoraggio (Figura 2: SARA in Italia).



Figura 2: SARA in Italia

## 4 - GESTIONE DEL SISTEMA

Il sistema di monitoraggio, affinché sia in grado di raggiungere gli obiettivi prefissati, acquisisce i dati fonometrici e sulla qualità dell'aria con continuità. Qualunque tipo di malfunzionamento viene tempestivamente segnalato, automaticamente, dal sistema. I sensori presenti all'interno delle centraline gestiscono numerosi allarmi, permettendo una veloce diagnostica da remoto. Tale caratteristica permette di intervenire velocemente ed in modo mirato, qualora il sistema abbia manifestato un malfunzionamento.

Per garantire un corretto funzionamento degli impianti, la Softech opera un programma di manutenzione ordinaria ogni 90 giorni.

### 4.1 - Calibrazioni

Nel corso delle attività di manutenzione programmata trimestrale della strumentazione, viene eseguita la procedura di calibrazione di tutti gli analizzatori che compongono la postazione da parte di tecnici qualificati.

Ad ogni calibrazione fa seguito un rapporto di calibrazione archiviato nel registro elettronico dell'impianto.

### 4.2 - Guasti e malfunzionamenti

Sono diverse le tipologie di guasto che possono presentarsi in un sistema così complesso, ma essenzialmente si possono catalogare in tre aree principali:

- guasti all'apparato di alimentazione;
- guasto agli apparati di acquisizione dei parametri gassosi (analizzatori);
- guasto all'apparato di trasmissione/comunicazione.

A causa dell'elevato assorbimento di energia da parte della postazione, non è possibile installare batterie per garantire un backup alla rete primaria. La soluzione individuata è quella di utilizzare una linea di alimentazione con backup da UPS/ gruppo elettrogeno.

In caso di guasti che comportino la riparazione di un componente elettronico, di interesse per la misurazione della concentrazione di gas, quest'ultimo è generalmente cambiato con un apparato sostitutivo, in attesa della riparazione.

I guasti agli apparati di trasmissione determinano una perdita di dati poiché gli analizzatori vengono interrogati dal software centralizzato installato sul server SARA, e quando la rete si interrompe i dati non vengono trasferiti e memorizzati.

## 5 - L'AEROPORTO

L'aeroporto "Mario Mameli" di Cagliari è dotato di una pista 14/32 di 2.804 m affiancata da una taxiway di 2400 m: l'uso preferenziale della pista prevede atterraggi da testata 32 e decolli da testata 14. Nelle tabelle sottostanti si riportano alcuni dati caratteristici dell'infrastruttura aeroportuale (Tabella 3) e del traffico aeronautico che l'ha vista interessata nel periodo 2007 - 2017 (Tabella 4).

Caratteristiche	
<b>Nome aeroporto</b>	Mario Mameli
<b>Codice ICAO</b>	LIEE
<b>Codice IATA</b>	CAG
<b>Coordinate geografiche</b>	39°15' N 9°03' E
<b>Altitudine</b>	3 m
<b>Numero di piste</b>	1
<b>Lunghezza pista 14/32</b>	2.804 m
<b>Superficie aerostazione</b>	41.340 m <sup>2</sup>
<b>Società di gestione</b>	SOGAER S.p.A.

Tabella 3: Caratteristiche principali dell'aeroporto

Anno	Movimenti	Passeggeri	Merci [t]
<b>2007</b>	34.569	2.671.306	5.000
<b>2008</b>	37.252	2.929.870	4.891
<b>2009</b>	40.829	3.333.421	3.973
<b>2010</b>	39.147	3.443.227	3.612
<b>2011</b>	38.976	3.698.982	3.115
<b>2012</b>	36.377	3.592.020	3.052
<b>2013</b>	34.179	3.587.907	3.361
<b>2014</b>	34.099	3.639.631	2.999
<b>2015</b>	31.167	3.719.289	3.253
<b>2016</b>	31.515	3.695.045	2.988
<b>2017</b>	34.600	4.157.612	2.862

Tabella 4: traffico aeroportuale

### Movimenti

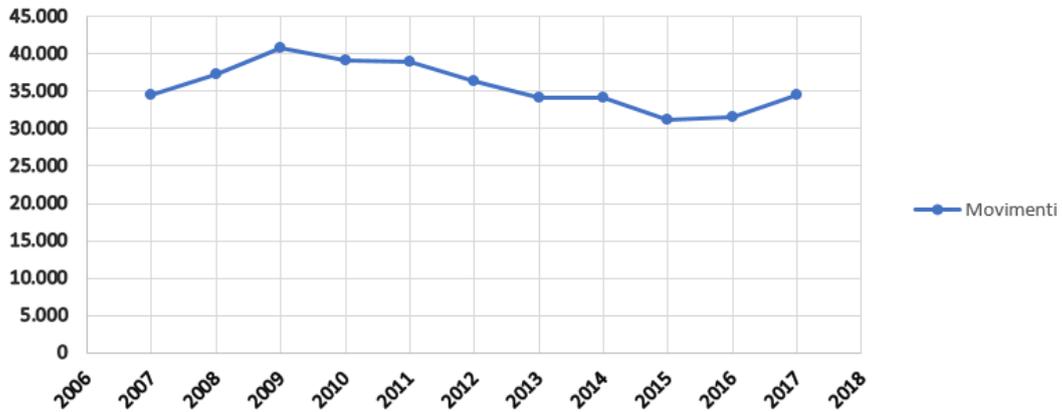


Figura 3: Movimenti 2007-2017

### Passeggeri

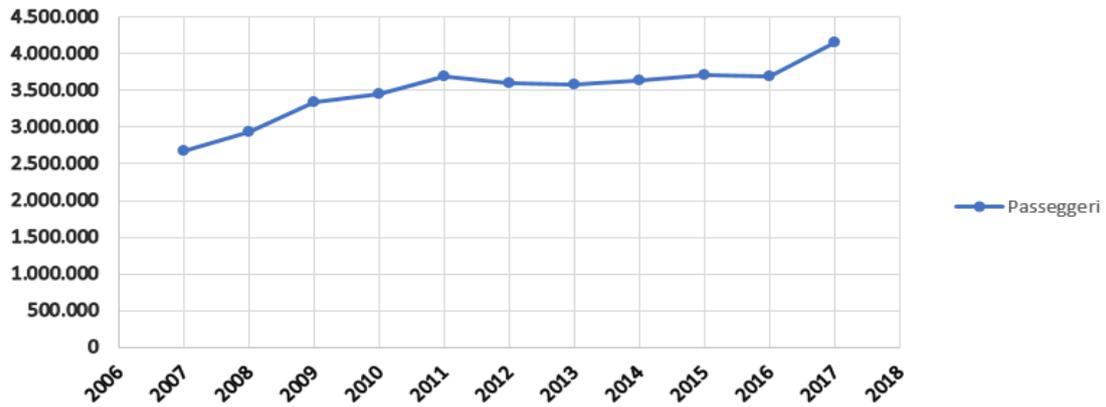


Figura 4: Passeggeri 2007-2017

### Merci

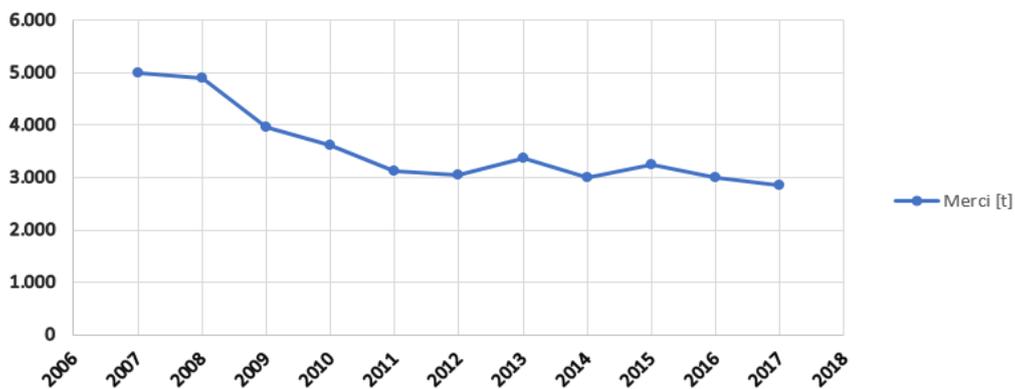


Figura 5: Merci 2007-2017

La struttura aeroportuale è dotata di una sola pista, con orientamento 08/26. Le lunghezze dichiarate sono riportate in tabella (Tabella 5).

Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA
<b>14</b>	2804	2864	2804	2804
INT TAKE-OFF B	2100	2160	2100	-
INT TAKE-OFF C/L	1600	1660	1600	-
<b>32</b>	2804	2964	2804	2804
INT TAKE-OFF E	2000	2160	2000	-

Tabella 5: Distanze dichiarate

La larghezza della *runway* 14 - 32 è di 45 m.



Figura 6: ubicazione dell'aeroporto

## 6 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'aeroporto di Cagliari è costituita da una centralina fissa ubicata in prossimità della testata 14 (Tabella 6 Tabella 6: rete di monitoraggio dell'aeroporto di Cagliari, Figura 8: Ubicazione della centralina).

Codice identificativo	Nome postazione	Coordinate geografiche	Analizzatori
CAG08	Testata 14 Aria	39°15'30.14"N 09°03'02.97"E	CO, SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , BTEX

Tabella 6: rete di monitoraggio dell'aeroporto di Cagliari

### 6.1 - CAG08 - Testata 14 Aria

La centralina CAG08 (Figura 7: La centralina, Figura 8: Ubicazione della centralina, Tabella 7: caratteristiche della centralina CAG08 - Testata 14 Aria) si trova in prossimità della testata 14, interessata principalmente dalle operazioni di decollo. È installata in un armadio da esterni e fissata su una platea di cemento.



Figura 7: La centralina



Figura 8: Ubicazione della centralina

CAG08 - Testata 14 Aria		
<b>Ubicazione</b>	<b>Posizione della centralina</b>	In prossimità della testata 14. 39°15'30.14"N 09°03'02.97"E
<b>Caratteristiche analizzatori e certificazioni</b>	<b>CO12M</b>	<i>IR Gas Filter Correlation Carbon Monoxide Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 4224 e EN 14626
	<b>AF22M</b>	<i>UV Fluorescent Sulphur Dioxide Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 10498, EN 14212 e VDI 4202
	<b>MP101M</b>	<i>Suspended Particulate Monitor</i> Conforme agli standard ISO 10473:2000

	<b>O342M</b>	<i>UV Absorption Ozone Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 13964 e EN 14625
	<b>AC32M</b>	<i>Chemiluminescent Nitrogen Oxides Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 7996, EN 14211 e VDI 4202
	<b>VOC72M</b>	<i>Gas Chromatography Volatil Organic Compounds (BTEX) Analyzer</i> Conforme agli standard VDI 4202-1:2010, VDI 4203-3:2010, EN 14662-3:2005, EN15267-1:2009 e EN15267-2:2009

Tabella 7: caratteristiche della centralina CAG08 - Testata 14 Aria

## 6.2 - Report guasti ed interventi di manutenzione

La tabella seguente (Tabella 8: Manutenzione) riporta le attività di manutenzione svolte nel periodo analizzato.

Manutenzione		
Centralina	Data	Operazioni svolte
CAG08	15/11/2017	Intervento di manutenzione

Tabella 8: Manutenzione



### Precipitazioni giornaliere

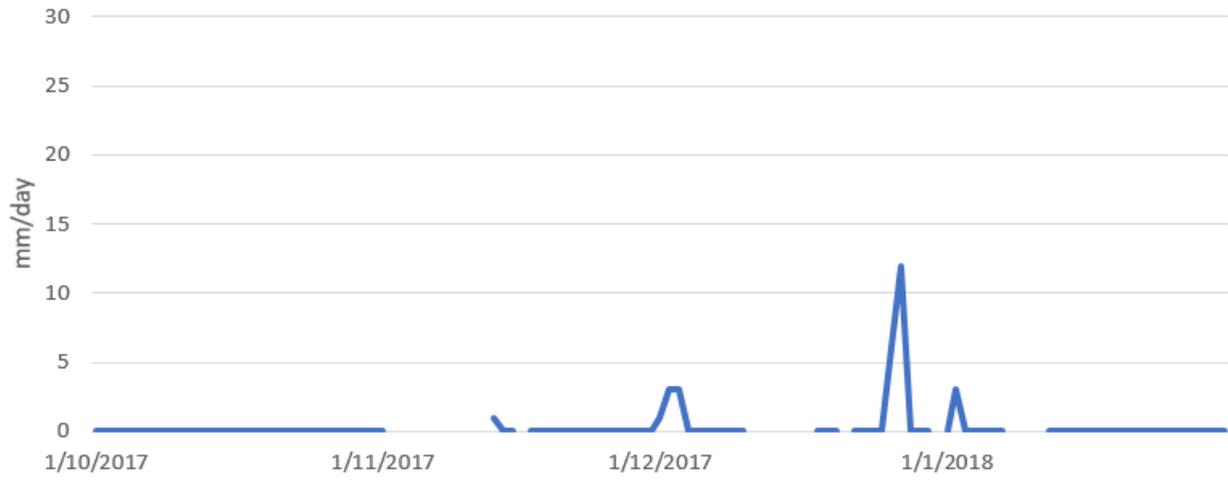


Grafico 2: precipitazioni giornaliere

### Temperatura media giornaliera



Grafico 3: temperatura media giornaliera

## 7.2 - Inquinanti monitorati

Le postazioni installate presso l'Aeroporto di Cagliari sono dotate di strumentazione per la misurazione dei seguenti contaminanti:

- CO - Monossido di carbonio
- SO<sub>2</sub> - Biossido di zolfo
- PM<sub>2.5</sub> - Particolato atmosferico
- O<sub>3</sub> - Ozono
- NO<sub>x</sub> - Ossidi di azoto
- BTEX - Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene

Gli analizzatori installati misurano le concentrazioni di inquinanti in termini di ppm (CO) e ppb (SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, BTEX), convertiti poi in fase di analisi dei dati rispettivamente in mg/m<sup>3</sup> e µg/m<sup>3</sup>, unità di misura indicate nella normativa di riferimento (D. Lgs. 155/2010).

### 7.2.1 - Monossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio è un gas inodore, incolore, infiammabile e molto tossico. È prodotto da reazioni di combustione in difetto di aria (combustione incompleta) e le sorgenti possono essere di tipo naturale (incendi, vulcani, emissioni da oceani, etc.) o di tipo antropico (traffico veicolare, riscaldamento, attività industriali, etc.).

In tabella 10 è riportato il limite di legge per la protezione della salute umana, definito all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>

Tabella 10: limiti di legge per il monossido di carbonio

Nel grafico 4 sono riportate le concentrazioni di monossido di carbonio registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

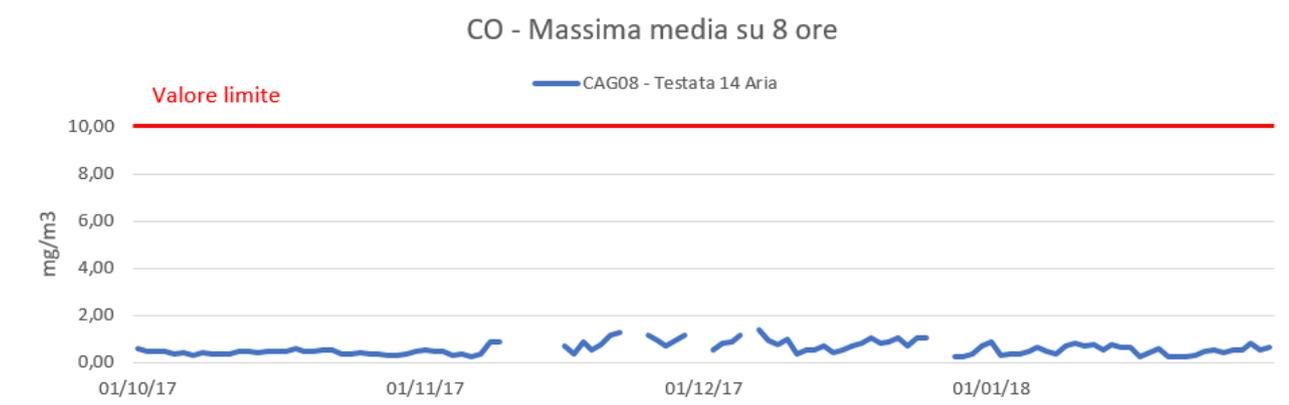


Grafico 4: concentrazione di monossido di carbonio - massima media su 8 ore

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante molto bassi e inferiori al limite di legge.

## 7.2.2 - Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua. La presenza in atmosfera è dovuta soprattutto alla combustione di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. In natura è prodotto prevalentemente dall'attività vulcanica mentre le principali sorgenti antropiche sono gli impianti per il riscaldamento e la produzione di energia alimentati a gasolio, carbone e oli combustibili.

In tabella 11 sono riportati i limiti di legge per la protezione della salute umana, definiti all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite
SO <sub>2</sub>	Media giornaliera	125 µg/m <sup>3</sup> (max 3 superamenti in un anno)
SO <sub>2</sub>	Media oraria	350 µg/m <sup>3</sup> (max 24 superamenti in un anno)

Tabella 11: limiti di legge per il biossido di zolfo

Nel grafico 5 sono riportate le concentrazioni di biossido di zolfo registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media giornaliera.



Grafico 5: concentrazione di biossido di zolfo - media giornaliera

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante bassi e inferiori al limite di legge.

### 7.2.3 - Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un gas instabile e tossico per gli esseri viventi. In natura più del 90% si trova nella stratosfera (fascia di atmosfera che va indicativamente dai 10 ai 50 km di altezza), dove costituisce una indispensabile barriera protettiva nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Nella troposfera (fascia di atmosfera che va dal suolo fino a circa 12 km di altezza) l'ozono si forma a seguito di reazioni chimiche tra ossidi di azoto e composti organici volatili. Si tratta, quindi, di un inquinante secondario i cui precursori sono generalmente prodotti da combustione civile e industriale e da processi che utilizzano o producono sostanze chimiche volatili, come solventi e carburanti.

In tabella 12 sono riportati i limiti di legge per la protezione della salute umana, definiti all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Tipo di limite	Periodo di mediazione	Limite
O <sub>3</sub>	Soglia d'informazione	Media oraria	180 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Soglia d'allarme	Media oraria	240 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m <sup>3</sup>

Tabella 12: limiti di legge per l'ozono

Nel grafico 6 sono riportate le concentrazioni di ozono registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media massima giornaliera calcolata su 8 ore, mentre nel grafico 7 sono analizzate come media massima oraria.



Grafico 6: concentrazione di ozono - massima media su 8 ore

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante inferiori al limite di legge.

### O3 - Massima media oraria

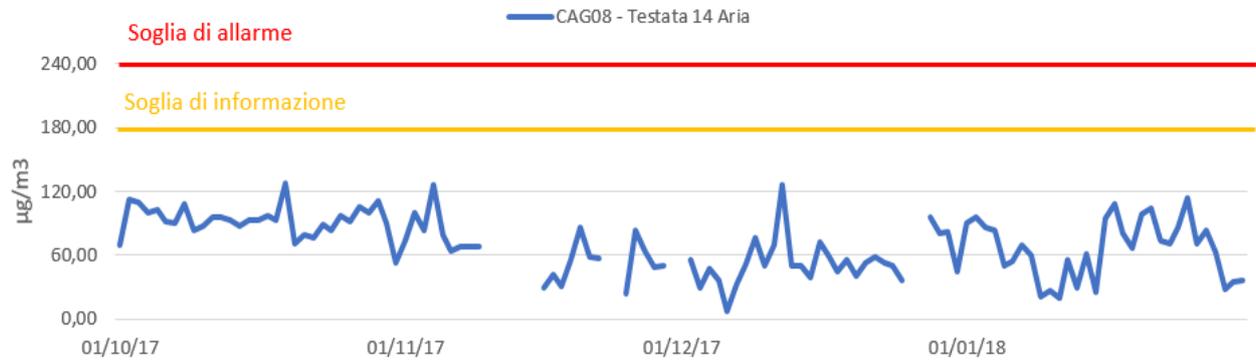


Grafico 7: concentrazione di ozono - massima media oraria

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante bassi e inferiori ai limiti di legge.

### 7.2.4 - Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub> è una sigla generica che identifica collettivamente tutti gli ossidi di azoto e le loro miscele. In generale, gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) vengono prodotti da tutti i processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, etc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, in piccola parte, per ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili.

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), gas di colore rosso bruno altamente tossico e irritante, è un inquinante per lo più secondario, che si forma in atmosfera principalmente per ossidazione del monossido di azoto (NO).

In tabella 13 sono riportati i limiti di legge per la protezione della salute umana, definiti all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite
NO <sub>2</sub>	Media oraria	200 µg/m <sup>3</sup> (max 18 superamenti in un anno)
NO <sub>2</sub>	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

Tabella 13: limiti di legge per il biossido di azoto

Nel grafico 8 sono riportate le concentrazioni di biossido di azoto registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media massima oraria.



Grafico 8: concentrazione di biossido di azoto - massima media oraria

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante bassi e inferiori al limite di legge.

Il biossido di azoto viene anche monitorato in termini di media sull'anno civile. La concentrazione media dell'inquinante nel quadrimestre di riferimento è riportata nella seguente tabella (Tabella 14):

Nome centralina	Concentrazione media (µg/m <sup>3</sup> )	Limite (µg/m <sup>3</sup> )
CAG08 - Testata 14 Aria	34.59	40

Tabella 14: concentrazione media nel quadrimestre di NO<sub>2</sub>

La concentrazione media di biossido di azoto nel quadrimestre per la postazione CAG08 - Testata 14 Aria rispetta il limite di legge.

### 7.2.5 - Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene (BTEX)

BTEX è l'acronimo di benzene, toluene, etilbenzene e xilene. Queste sostanze fanno parte dei composti organici volatili (COV) che si trovano nei prodotti derivati dal petrolio.

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un costituente naturale del petrolio e viene sintetizzato a partire da composti chimici presenti nel petrolio stesso. Possiede notevoli proprietà solventi e viene utilizzato come materia prima per produrre plastiche, resine sintetiche e pesticidi e come antidetonante nelle benzine. La maggior parte del benzene presente in atmosfera deriva da combustioni incomplete di composti ricchi di carbonio: in natura è prodotto dai vulcani o negli incendi di foreste mentre le principali fonti antropogeniche sono il traffico veicolare (soprattutto motori a benzina) e svariati processi di combustione industriale.

In tabella 15 è riportato il limite di legge per la protezione della salute umana, definito all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite
Benzene	Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>

Tabella 15: limite di legge per il benzene

Nel grafico 9 sono riportate le concentrazioni di benzene registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media giornaliera.

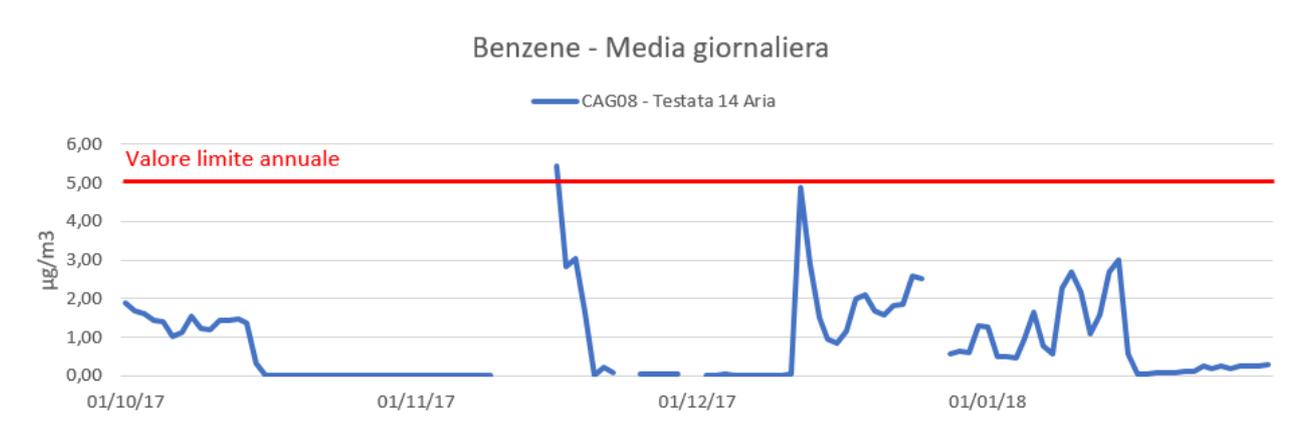


Grafico 9: concentrazione di benzene - media giornaliera

Il limite di legge è valutato come media annua della concentrazione di benzene. Nella tabella 16 sono riportate le concentrazioni medie nel periodo di riferimento (ott 2017 - gen 2018).

Nome centralina	Concentrazione media (µg/m <sup>3</sup> )	Limite (µg/m <sup>3</sup> )
CAG08 - Testata 14 Aria	0.82	5

Tabella 16: concentrazione media di benzene nel quadrimestre di riferimento.

La centralina CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori principalmente bassi dell'inquinante e la media del periodo di riferimento risulta inferiore al limite annuo.

## 8 - CORRELAZIONE QUALITÀ ARIA - VOLI

Tramite il software SARA è stato possibile recuperare il numero di voli effettuati sull'aeroporto e le concentrazioni degli inquinanti monitorati suddivisi per fasce orarie, in modo da verificare se esiste una relazione tra l'andamento di queste due variabili.

Per l'analisi di correlazione "Qualità aria - Voli" si è deciso di studiare la settimana di maggior traffico di questo quadrimestre, la quale corrisponde al periodo riportato nella seguente tabella (Tabella 17).

Periodo di riferimento
25/10/2017 al 31/10/2017

Tabella 17: settimana di maggior traffico del quadrimestre

La correlazione tra i voli effettuati e gli inquinanti monitorati è stata eseguita tramite l'utilizzo della seguente formula:

$$\text{Correlazione}(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Equazione 1: il calcolo della correlazione voli (X) e inquinante (Y)

L'analisi di correlazione valuta la tendenza di una variabile (X = numero di voli effettuati) a variare in funzione di un'altra (Y = inquinante monitorato).

La correlazione è detta positiva (o diretta) se al crescere di una variabile cresce anche l'altra, oppure è detta negativa (o inversa) se al crescere di una variabile, l'altra decresce. Il grado di correlazione tra le due variabili viene espresso mediante l'indice di correlazione, il quale può assumere un valore compreso tra -1 (variabili inversamente correlate) e +1 (variabili direttamente correlate). Un indice pari a 0 indica un'assenza di correlazione.

## 8.1 - Correlazione Voli - CO

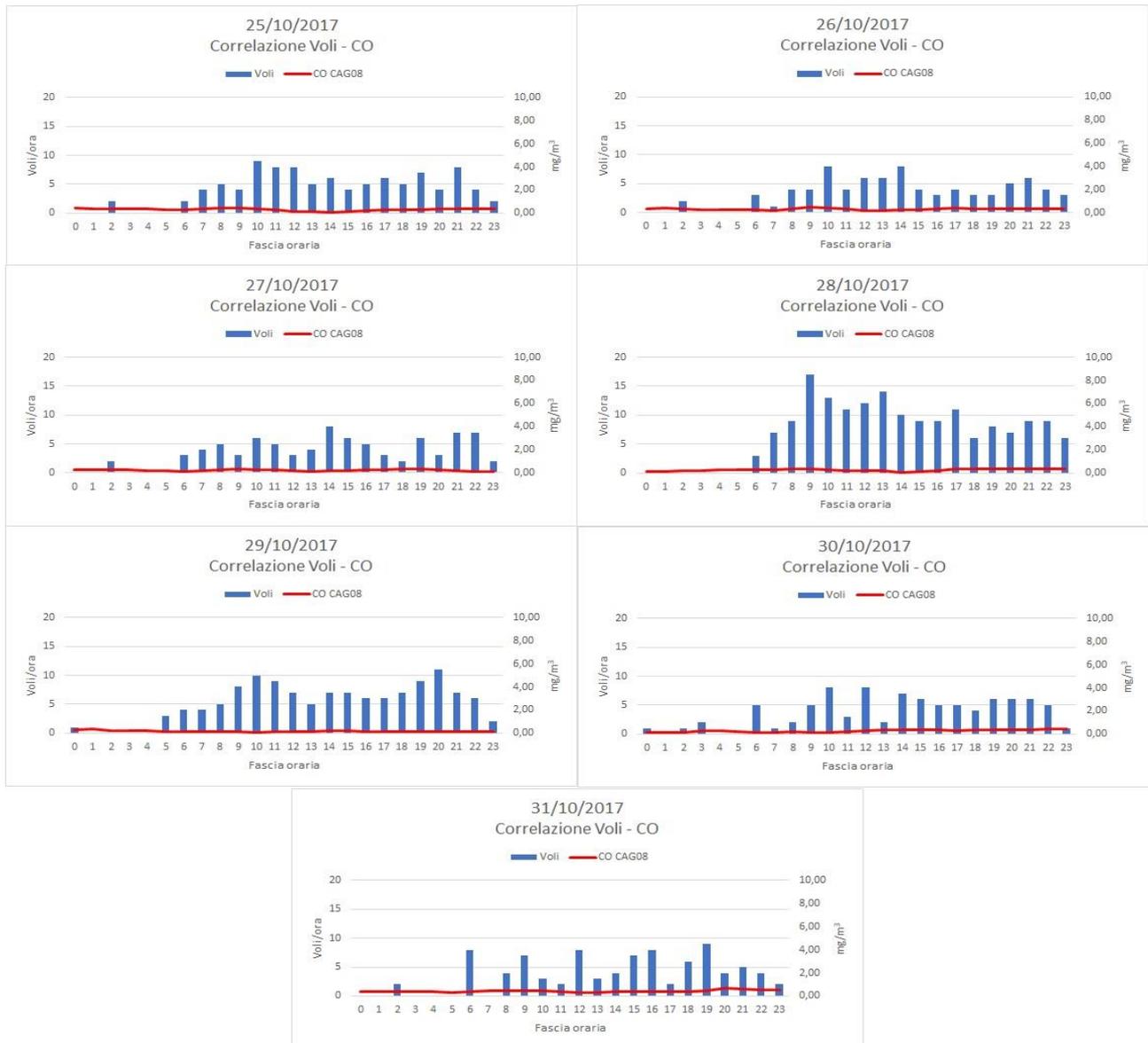


Figura 9: correlazione Voli - CO nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di monossido di carbonio registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate molto basse, come si può osservare dai grafici riportati in figura 9, e non si notano relazioni tra l'andamento orario dell'inquinante e i voli effettuati nelle medesime fasce orarie.

L'analisi di correlazione è stata effettuata sia per la settimana di maggior traffico sia per l'intero quadrimestre in analisi, escludendo le giornate in cui non è stato possibile recuperare il numero di voli suddivisi per fascia oraria, e ha dato i seguenti risultati (Tabella 18):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
CO	Settimana di maggior traffico	-0.12
CO	Intero quadrimestre	-0.11

Tabella 18: analisi di correlazione Voli - CO

Non è stata trovata correlazione tra la concentrazione oraria di monossido di carbonio e il numero di voli effettuati.

## 8.2 - Correlazione Voli - SO<sub>2</sub>

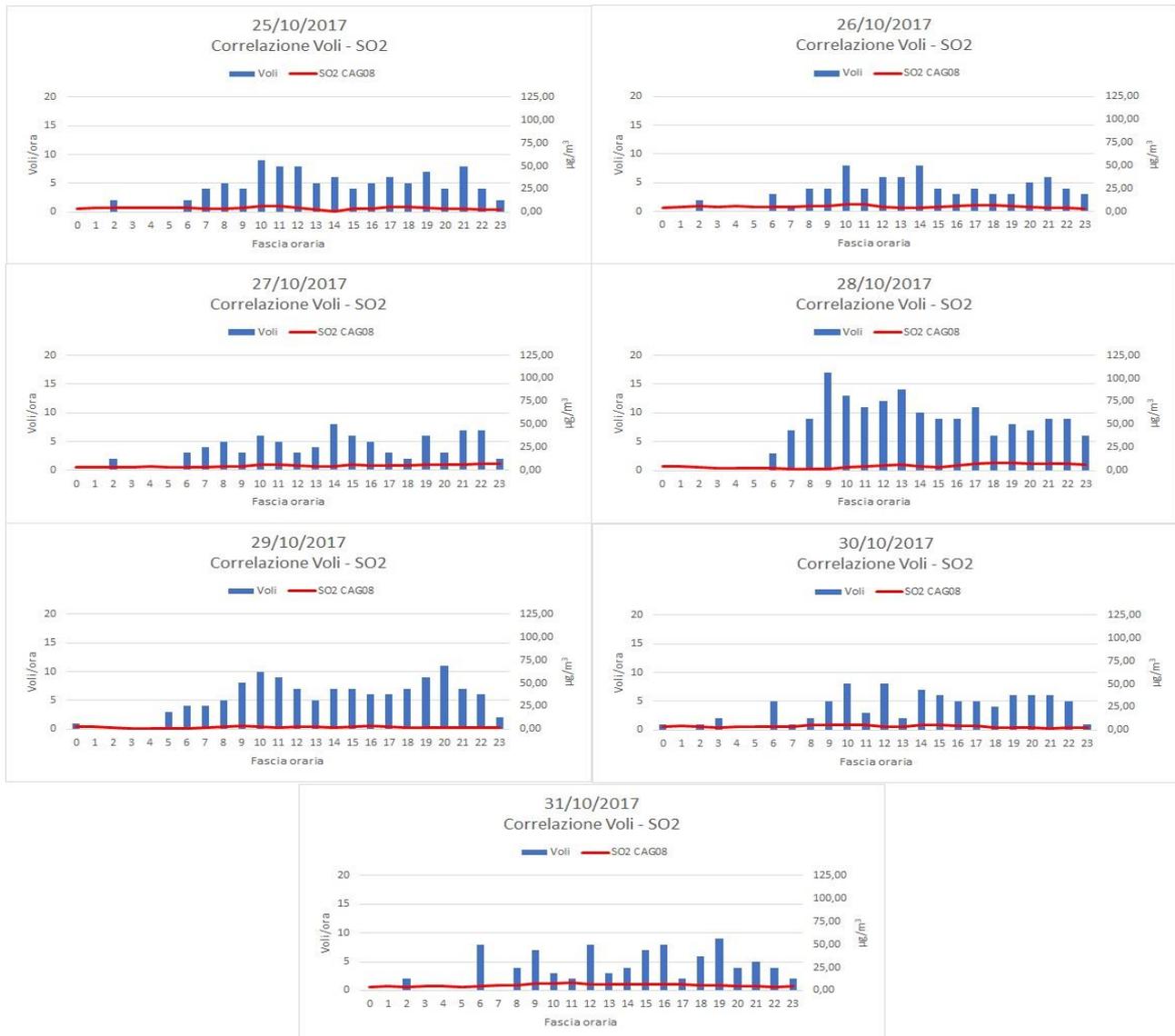


Figura 10: correlazione Voli - SO<sub>2</sub> nella settimana di riferimento.

Le concentrazioni di biossido di zolfo registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate molto basse, come si può osservare dai grafici riportati in figura 10, e non si notano relazioni tra l'andamento orario dell'inquinante e i voli effettuati nelle medesime fasce orarie.

L'analisi di correlazione è stata effettuata sia per la settimana di maggior traffico sia per l'intero quadrimestre in analisi, escludendo le giornate in cui non è stato possibile recuperare il numero di voli suddivisi per fascia oraria, e ha dato i seguenti risultati (Tabella 19):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
SO <sub>2</sub>	Settimana di maggior traffico	0.11
SO <sub>2</sub>	Intero quadrimestre	0.10

Tabella 19: analisi di correlazione Voli - SO<sub>2</sub>

Non è stata trovata correlazione tra la concentrazione oraria di monossido di carbonio e il numero di voli effettuati.

### 8.3 - Correlazione Voli - O<sub>3</sub>

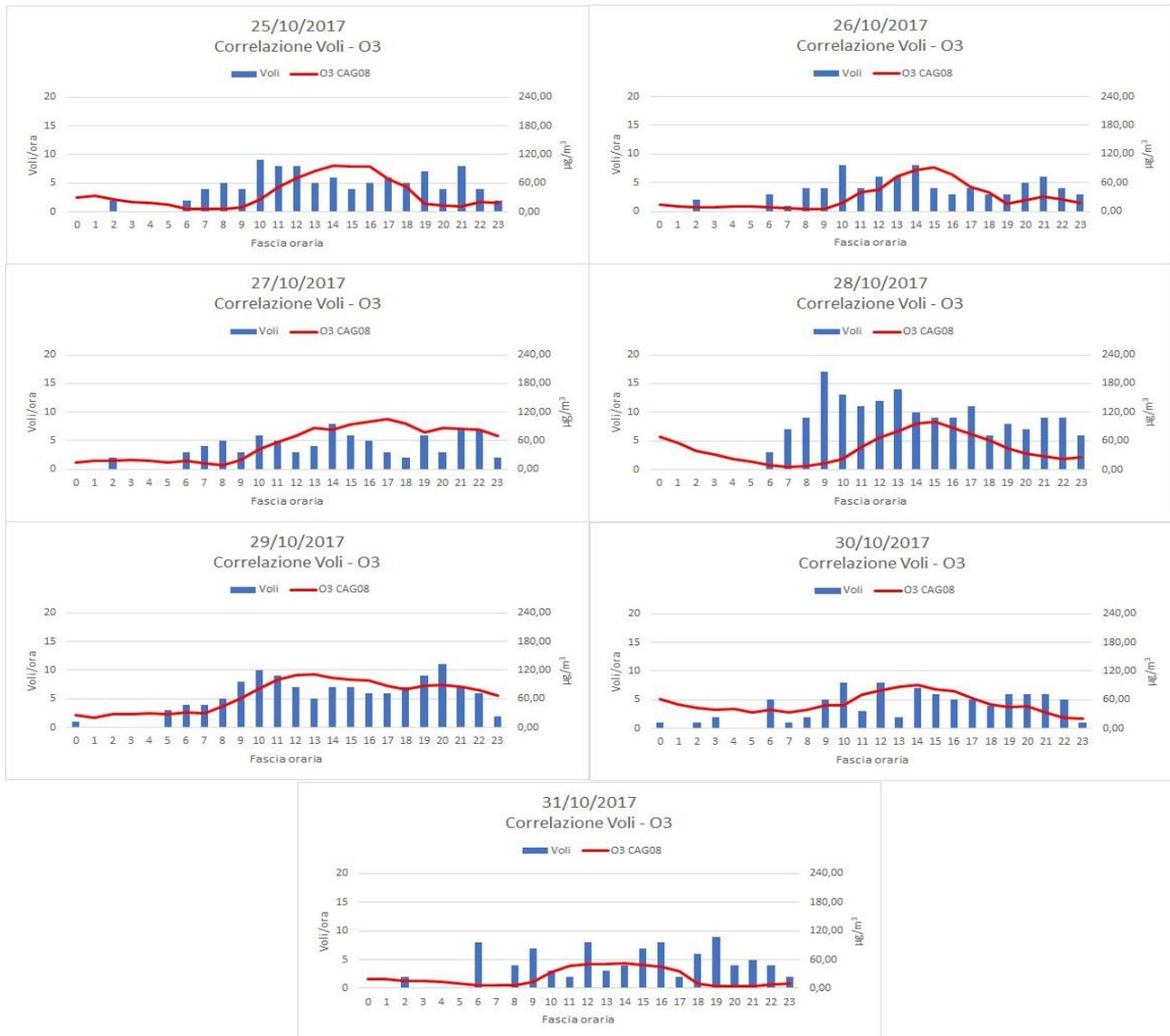


Figura 11: correlazione Voli - O<sub>3</sub> nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di ozono registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate basse e l'andamento è stato simile per tutta la settimana (Figura 11).

L'analisi di correlazione è stata effettuata sia per la settimana di maggior traffico sia per l'intero quadrimestre in analisi, escludendo le giornate in cui non è stato possibile recuperare il numero di voli suddivisi per fascia oraria, e ha dato i seguenti risultati (Tabella 20: analisi di correlazione Voli - O<sub>3</sub>):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
O <sub>3</sub>	Settimana di maggior traffico	0.37
O <sub>3</sub>	Intero quadrimestre	0.30

Tabella 20: analisi di correlazione Voli - O<sub>3</sub>

I risultati mostrano una correlazione leggermente positiva tra le concentrazioni di ozono e il numero di voli effettuati, sia nella settimana di maggior traffico sia nell'intero quadrimestre in analisi. Tuttavia l'ozono è un inquinante secondario, non viene emesso direttamente, ma si forma a seguito di reazioni tra ossidi di azoto e composti organici volatili.

## 8.4 - Correlazione Voli - NO<sub>2</sub>

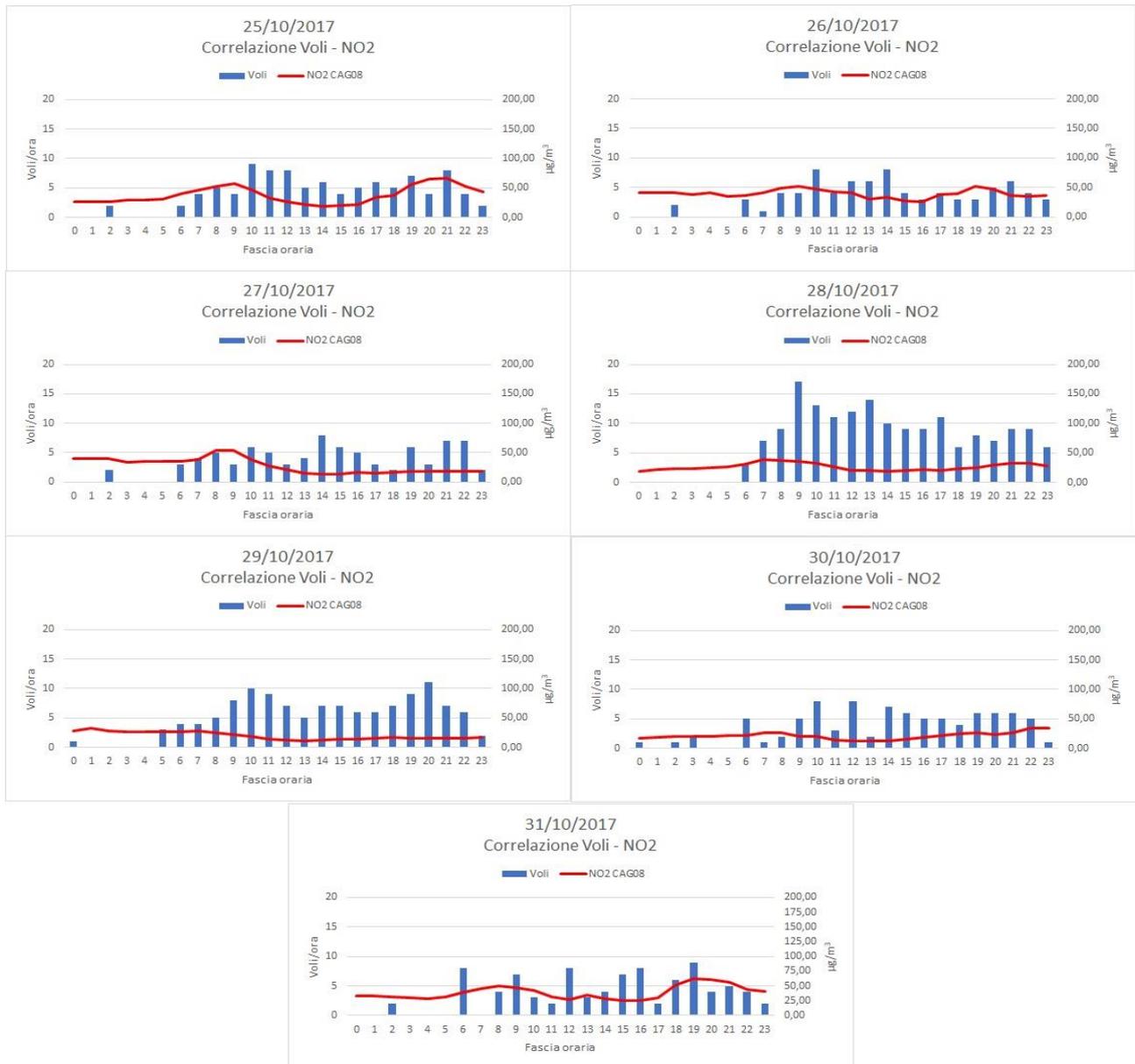


Figura 12: correlazione Voli - NO<sub>2</sub> nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di biossido di azoto registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate molto basse, come si può osservare dai grafici riportati in figura 12, e non si notano relazioni tra l'andamento orario dell'inquinante e i voli effettuati nelle medesime fasce orarie.

L'analisi di correlazione è stata effettuata sia per la settimana di maggior traffico sia per l'intero quadrimestre in analisi, escludendo le giornate in cui non è stato possibile recuperare il numero di voli suddivisi per fascia oraria, e ha dato i seguenti risultati (Tabella 21):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
NO <sub>2</sub>	Settimana di maggior traffico	-0.11
NO <sub>2</sub>	Intero quadrimestre	-0.09

Tabella 21: analisi di correlazione Voli - NO<sub>2</sub>

Non è stata trovata correlazione tra la concentrazione oraria di biossido di azoto e il numero di voli effettuati.

## 8.5 - Correlazione Voli - Benzene

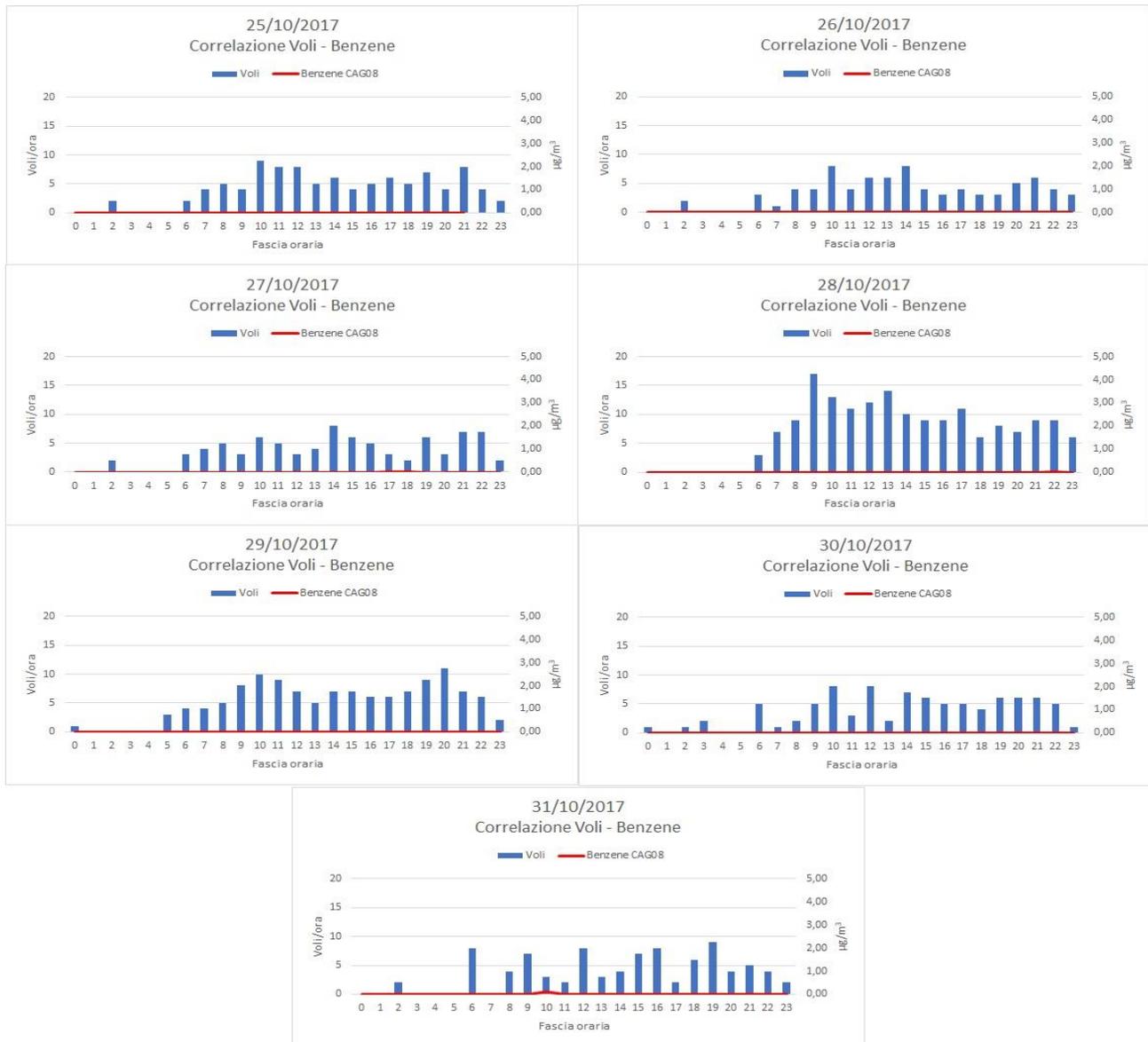


Figura 13: correlazione Voli - Benzene nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di benzene registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate molto basse, come si può osservare dai grafici riportati in figura 13, e non si notano relazioni tra l'andamento orario dell'inquinante e i voli effettuati nelle medesime fasce orarie.

L'analisi di correlazione è stata effettuata sia per la settimana di maggior traffico sia per l'intero quadrimestre in analisi, escludendo le giornate in cui non è stato possibile recuperare il numero di voli suddivisi per fascia oraria, e ha dato i seguenti risultati (Tabella 22):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
Benzene	Settimana di maggior traffico	-0.01
Benzene	Intero quadrimestre	-0.06

Tabella 22: analisi di correlazione Voli - Benzene

Non è stata trovata alcuna correlazione tra la concentrazione oraria di benzene e il numero di voli effettuati.

## 9 - STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA

Ad oggi il sistema di monitoraggio dell'aeroporto di Cagliari è in ottimo stato di conservazione. Gli interventi di manutenzione ordinari previsti sono stati svolti regolarmente e con successo, assicurando al sistema un funzionamento regolare.

La mancanza di valori in alcuni giorni del periodo di riferimento (Tabella 9) è dovuto a problemi degli apparati di trasmissione dei dati via cavo interni all'aeroporto e non al malfunzionamento della centralina stessa o degli analizzatori utilizzati.

## 10 - CONCLUSIONI

Il monitoraggio della qualità dell'aria presso l'aeroporto di Cagliari viene effettuato mediante l'utilizzo di una centralina (CAG08 - Testata 14 Aria) in grado di analizzare le concentrazioni degli inquinanti CO, SO<sub>2</sub>, PM 2.5, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e BTEX.

L'analisi dei dati registrati dalla stazione di monitoraggio è stata effettuata secondo quanto riportato nel D.Lgs. 155/2010, tuttavia va precisato che sono stati utilizzati i dati grezzi campionati, in quanto non avviene alcun processo di validazione.

I risultati presentati nel capitolo 7 mostrano concentrazioni molto basse di tutti gli inquinanti monitorati, rispettando i limiti di legge.

L'analizzatore per il monitoraggio delle concentrazioni di particolato atmosferico è installato presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, tuttavia non è ancora entrato in funzione.

I risultati delle analisi di correlazione tra gli inquinanti e i voli effettuati presso l'aeroporto di Cagliari non hanno mostrato valori significativi, perciò non è stata evidenziata una dipendenza tra queste due variabili. Il livello degli inquinanti monitorati non dipende esclusivamente dalle attività aeroportuali, bensì sono valori rappresentativi delle emissioni complessive presenti nel territorio.

Considerando la continuità di campionamento del sistema di monitoraggio si può ritenere che i dati registrati dalla stazione CAG08 - Testata 14 Aria siano indicativi della qualità dell'aria presso l'aeroporto di Cagliari.

**Data**

16 marzo 2018

**Firma**