

Cagliari 2019



SARA

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

Primo Quadrimestre
(Febbraio '19 – Maggio '19)
Anno 2019

SOMMARIO

1 - INTRODUZIONE	2
2 - RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO	3
3.1 - Caratteristiche della strumentazione	4
3.2 - Acquisizione dati	4
3.3 - C.E.D.	4
3.4 - SARA	4
4 - GESTIONE DEL SISTEMA	6
4.1 - Calibrazioni	6
4.2 - Guasti e malfunzionamenti	6
5 - L'AEROPORTO	7
6 - IL SISTEMA DI MONITORAGGIO	10
6.1 - CAG08 - Testata 14 Aria	10
6.2 - Report guasti ed interventi di manutenzione	11
7 - ANALISI DEI DATI	12
7.1 - Meteo	14
7.2 - Inquinanti monitorati	16
8 - CORRELAZIONE QUALITÀ ARIA - VOLI	23
8.1 - Correlazione Voli - CO	24
8.2 - Correlazione Voli - SO ₂	25
8.3 - Correlazione Voli - O ₃	26
8.4 - Correlazione Voli - NO ₂	27
8.5 - Correlazione Voli - Benzene	28
8.6 - Correlazione Voli - Particolato atmosferico PM10	29
9 - STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA	30
10 - CONCLUSIONI	30

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 primo quadrimestre (febbraio '19-maggio '19) dell'anno 2019.

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 aereeonautiche 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.

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 _{2,5} 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'intero 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_x, NO₂)
- Ossido di carbonio (CO)
- Particolato (PM₁₀, PM_{2,5})
- Ozono (O₃)
- Anidride solforosa (SO₂)
- 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	
Nome aeroporto	Mario Mameli
Codice ICAO	LIEE
Codice IATA	CAG
Coordinate geografiche	39°15' N 9°03' E
Altitudine	3 m
Numero di piste	1
Lunghezza pista 14/32	2.804 m
Superficie aerostazione	41.340 m ²
Società di gestione	SOGAER S.p.A.

Tabella 3: Caratteristiche principali dell'aeroporto

Anno	Movimenti	Passeggeri	Merci [t]
2007	34.569	2.671.306	5.000
2008	37.252	2.929.870	4.891
2009	40.829	3.333.421	3.973
2010	39.147	3.443.227	3.612
2011	38.976	3.698.982	3.115
2012	36.377	3.592.020	3.052
2013	34.179	3.587.907	3.361
2014	34.099	3.639.631	2.999
2015	31.167	3.719.289	3.253
2016	31.515	3.695.045	2.988
2017	34.600	4.157.612	2.862
2018	35.459	4.370.014	3.588

Tabella 4: traffico aeroportuale

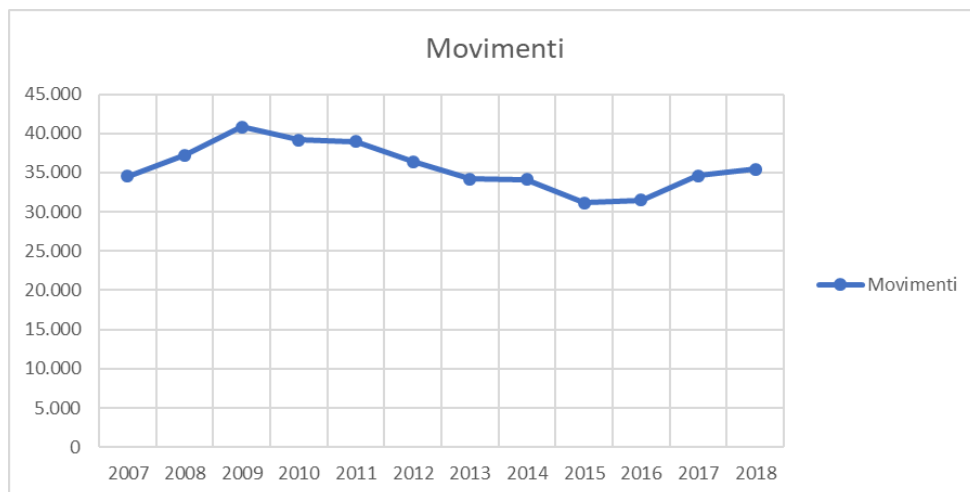


Figura 3: Movimenti 2007-2018

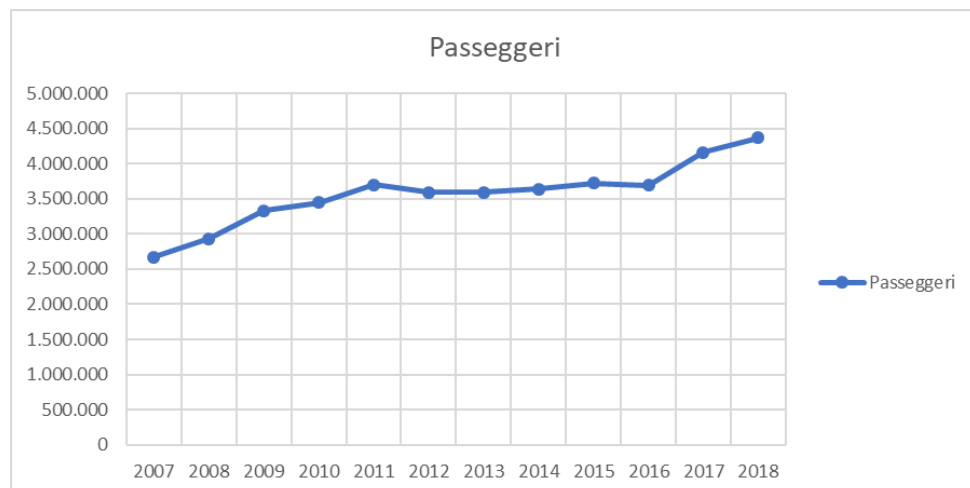


Figura 4: Passeggeri 2007-2018

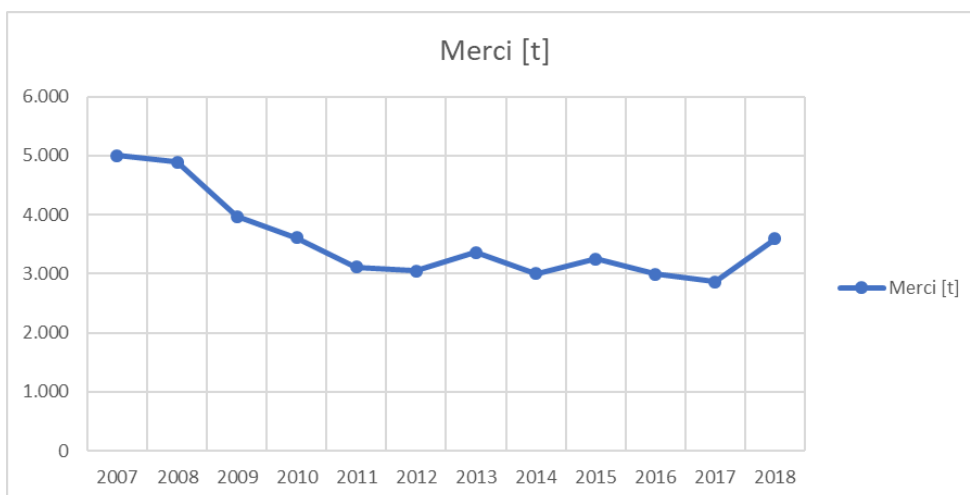


Figura 5: Merci 2007-2018

La struttura aeroportuale è dotata di una sola pista, con orientamento 14/32. Le lunghezze dichiarate sono riportate in tabella (Tabella 5).

Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA
14	2804	2864	2804	2804
INT TAKE-OFF B	2100	2160	2100	-
INT TAKE-OFF C/L	1600	1660	1600	-
32	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: 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 ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , NO _x , 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

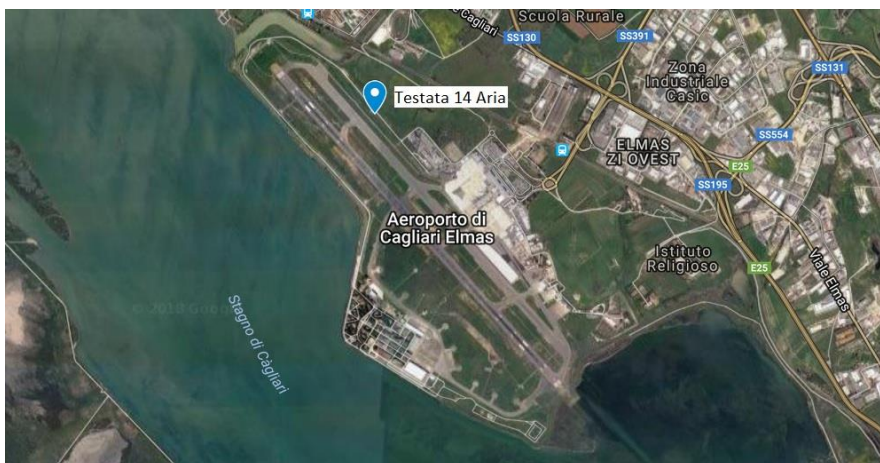


Figura 8: Ubicazione della centralina

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

	O342M	<i>UV Absorption Ozone Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 13964 e EN 14625
	AC32M	<i>Chemiluminescent Nitrogen Oxides Analyzer</i> Conforme agli standard ISO 7996, EN 14211 e VDI 4202
	VOC72M	<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 l'ultima attività di manutenzione svolta presso la centralina CAG08.

Manutenzione		
Centralina	Data	Operazioni svolte
CAG08	08/03/2019	Intervento di manutenzione

Tabella 8: Manutenzione

7 - ANALISI DEI DATI

I paragrafi successivi mostrano l'analisi dei dati relativi alla qualità dell'aria dell'aeroporto di Cagliari e l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti monitorati durante il primo quadrimestre dell'anno 2019 (Febbraio '19 - Maggio '19).

Tale analisi è stata effettuata secondo quanto riportato all'interno del D. Lgs. 155/2010.

Durante il periodo di riferimento, le centraline di monitoraggio non hanno trasmesso informazioni nei seguenti periodi riportati nella tabella sottostante (Tabella 9), a causa di guasti agli apparati di trasmissione via cavo interni all'aeroporto o a causa di malfunzionamenti degli analizzatori.

Postazione	Periodo
CAG08 - Testata 14 Aria	26-28 Febbraio 2019
	1-7 Marzo 2019
	2-3 Maggio 2019
	1 Febbraio - 7 Marzo 2019 (PM10)

Tabella 9: periodi del quadrimestre con mancanza di dati.

Il D. Lgs. 155/2010 riporta che si debbano utilizzare i criteri riportati in tabella (Tabella 10: percentuale minima di acquisizione dei dati) per verificare la validità dell'aggregazione dei dati e del calcolo dei parametri statistici, tuttavia indica come obiettivo di qualità una raccolta minima pari al 90%.

Parametro	Percentuale richiesta di dati validi
Valori su 1 ora	75% (ossia 45 minuti)
Valori su 8 ore	75% dei valori (ovvero 6 ore)
Valore medio massimo giornaliero su 8 ore	75% delle concentrazioni medie consecutive su 8 ore calcolate in base a dati orari (ossia 18 medie su 8 ore al giorno)
Valori su 24 ore	75% delle medie orarie (ossia almeno 18 valori orari)
Media annuale	90% dei valori di 1 ora o (se non disponibile) dei valori di 24 ore nel corso dell'anno

Tabella 10: percentuale minima di acquisizione dei dati

Nel grafico sottostante (Grafico 1) sono riportate le percentuali di acquisizione dei dati della centralina CAG08 - Testata 14 Aria, la quale ha registrato un'efficienza di campionamento del 92% ed ha raggiunto la percentuale richiesta per il 90% del periodo di riferimento.

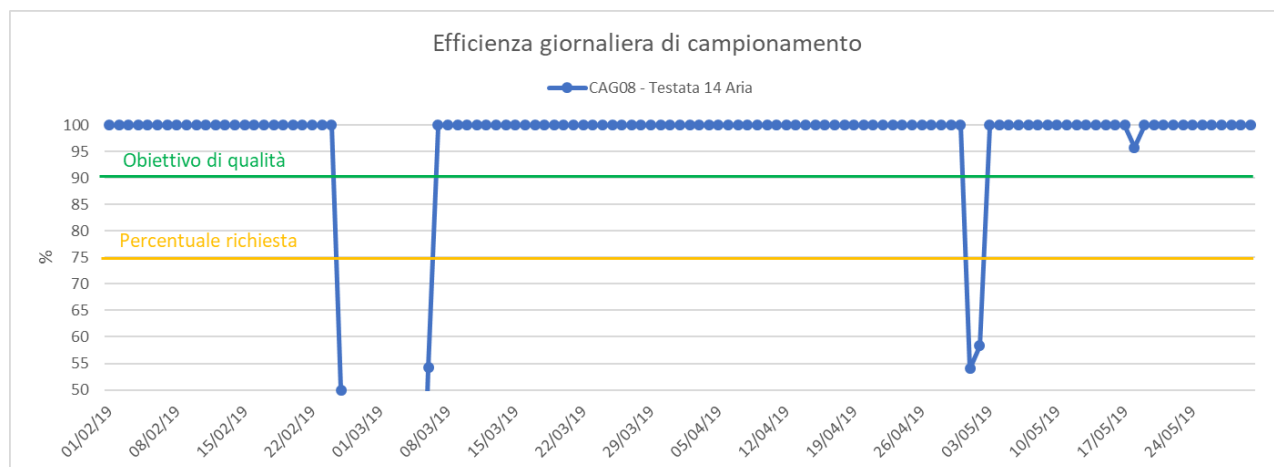


Grafico 1: efficienza giornaliera di campionamento della postazione CAG08 - Testata 14 Aria

7.1 - Meteo

Nei grafici sottostanti sono riportate le condizioni meteorologiche registrate dalla centralina CAG04 - Palazzetto dello Sport e CAG05 - Protezione Civile, dotate di sensore meteo, durante il periodo di riferimento. I risultati sono espressi in termini di velocità media giornaliera del vento (Grafico 2), precipitazioni giornaliere (Grafico 3) e temperatura media giornaliera (Grafico 4).

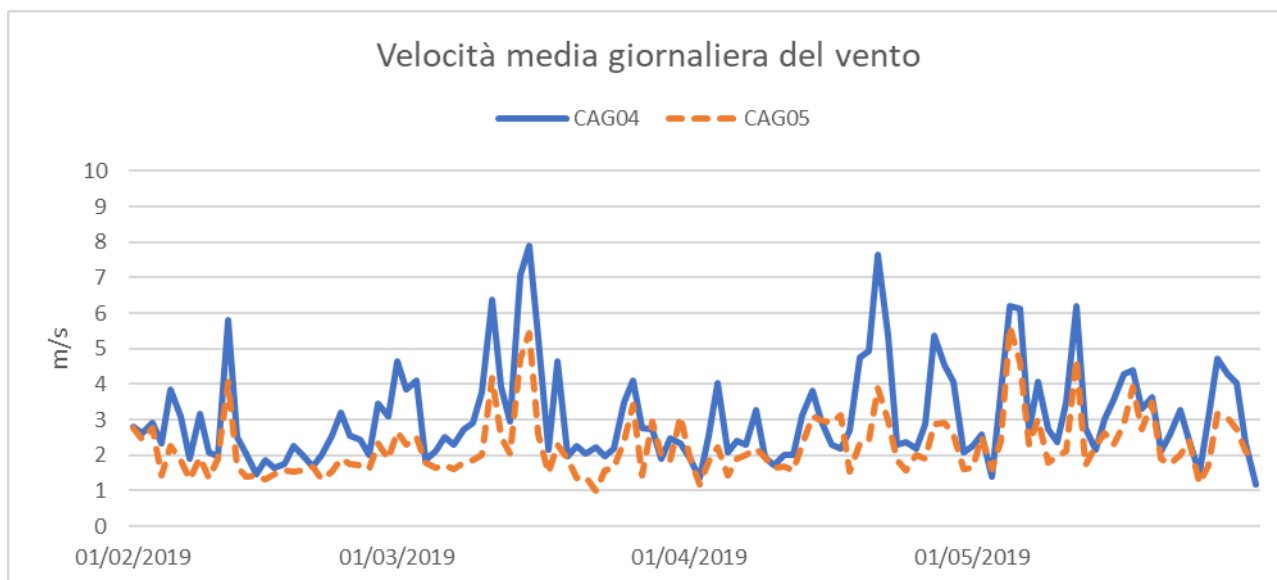


Grafico 2: velocità media giornaliera del vento.

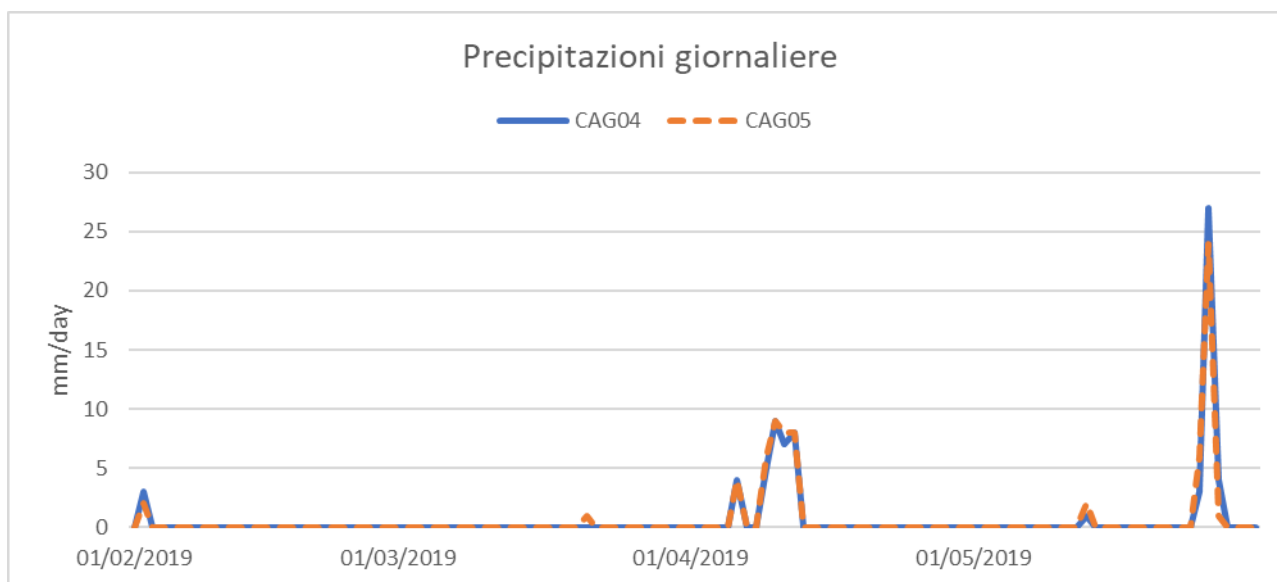


Grafico 3: precipitazioni giornaliere

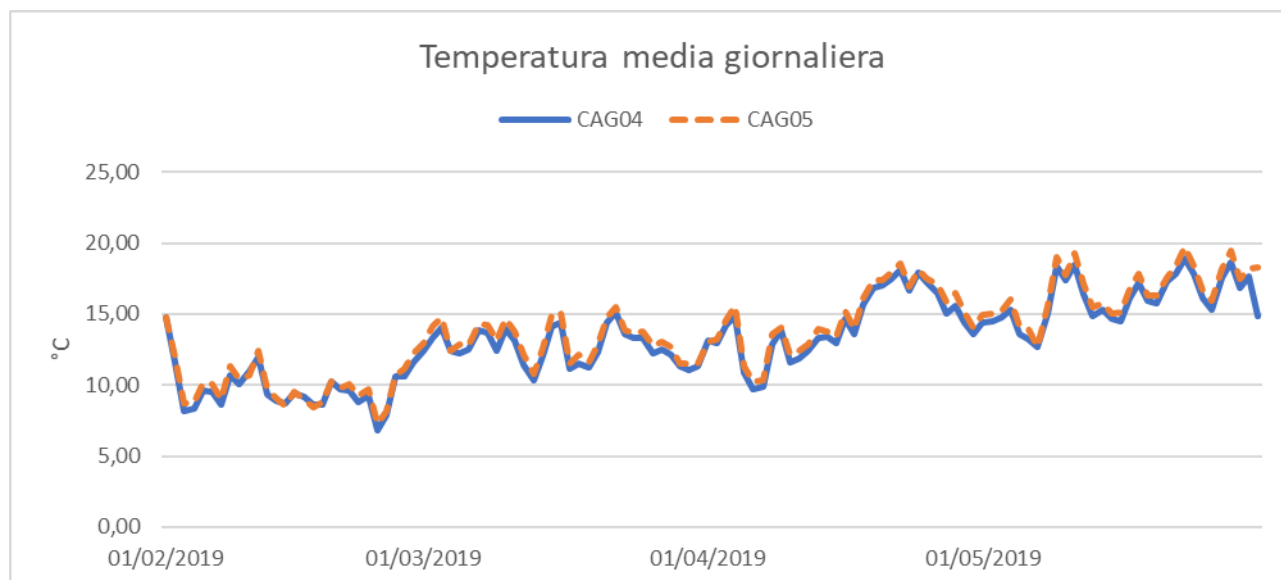


Grafico 4: temperatura media giornaliera

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
- SO₂ - Biossido di zolfo
- PM₁₀ - Particolato atmosferico
- O₃ - Ozono
- NO_x - Ossidi di azoto
- BTEX - Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xilene

Gli analizzatori installati misurano le concentrazioni di inquinanti in termini di ppm (CO) e ppb (SO₂, O₃, NO_x, BTEX), convertiti poi in fase di analisi dei dati rispettivamente in mg/m³ e µg/m³, 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 11 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 ³

Tabella 11: limiti di legge per il monossido di carbonio

Nel grafico 5 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.

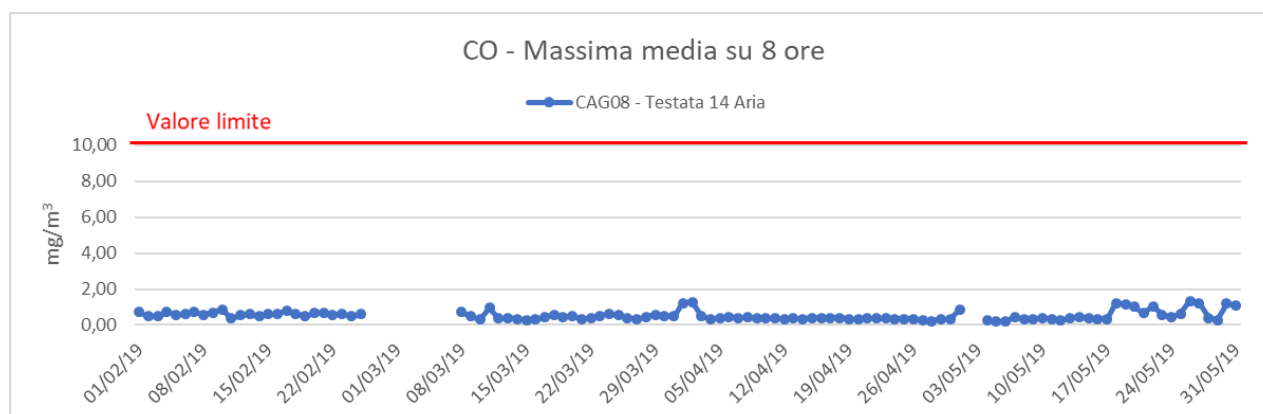


Grafico 5: concentrazione di monossido di carbonio - massima media su 8 ore

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 (SO₂)

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 12 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 ₂	Media giornaliera	125 µg/m ³ (max 3 superamenti in un anno)
SO ₂	Media oraria	350 µg/m ³ (max 24 superamenti in un anno)

Tabella 12: limiti di legge per il biossido di zolfo

Nel grafico 6 sono riportate le concentrazioni di biossido di zolfo registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media giornaliera.

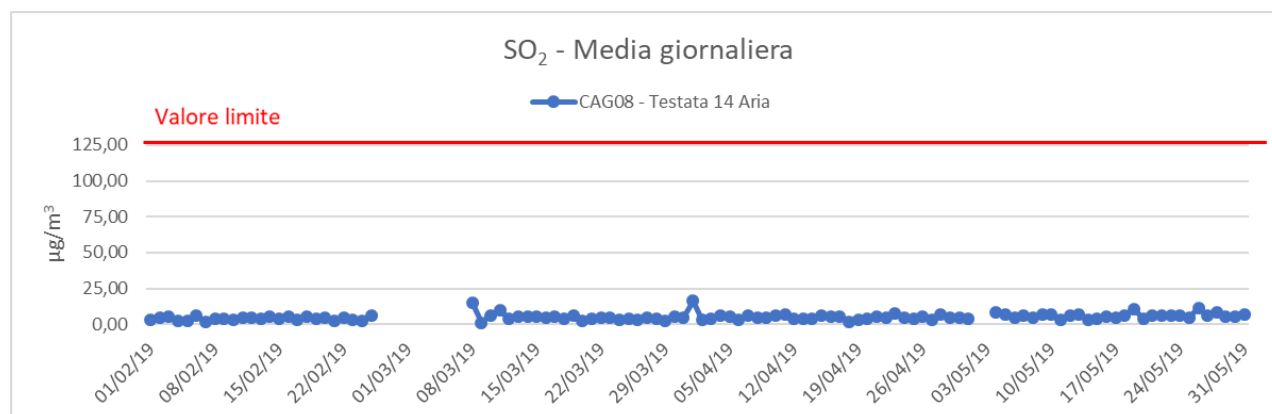


Grafico 6: concentrazione di biossido di zolfo - media giornaliera

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

7.2.3 - Ozono (O₃)

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 13 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 ₃	Soglia d'informazione	Media oraria	180 µg/m ³
O ₃	Soglia d'allarme	Media oraria	240 µg/m ³
O ₃	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³

Tabella 13: limiti di legge per l'ozono

Nel grafico 7 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 8 sono analizzate come media massima oraria.



Grafico 7: concentrazione di ozono - massima media su 8 ore

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante inferiori al limite di legge in tutto il quadrimestre in esame.



Grafico 8: concentrazione di ozono - massima media oraria

La postazione CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori dell'inquinante bassi e inferiori alla soglia di informazione per tutto il periodo in esame.

7.2.4 - Ossidi di azoto (NO_x)

NO_x è una sigla generica che identifica collettivamente tutti gli ossidi di azoto e le loro miscele. In generale, gli ossidi di azoto (NO_x) 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 (NO₂), 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 14 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 ₂	Media oraria	200 µg/m ³ (max 18 superamenti in un anno)
NO ₂	Anno civile	40 µg/m ³

Tabella 14: limiti di legge per il biossido di azoto

Nel grafico 9 sono riportate le concentrazioni di biossido di azoto registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media massima oraria.



Grafico 9: concentrazione di biossido di azoto - massima media oraria

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

Il biossido di azoto viene anche monitorato in termini di media sull'anno civile. La concentrazione media dell'inquinante per l'anno 2019 (Gennaio-Maggio) è riportata nella seguente tabella (Tabella 15):

Nome centralina	Concentrazione media 2019 (µg/m ³)	Limite (µg/m ³)
CAG08 - Testata 14 Aria	19,22	40

Tabella 15: concentrazione media nell'anno 2019 di NO₂

La concentrazione media di biossido di azoto per l'anno 2019 per la postazione CAG08 - Testata 14 Aria rispetta il limite previsto.

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_6H_6) 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 16 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 $\mu g/m^3$

Tabella 16: limite di legge per il benzene

Nel grafico 10 sono riportate le concentrazioni di benzene registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media giornaliera.

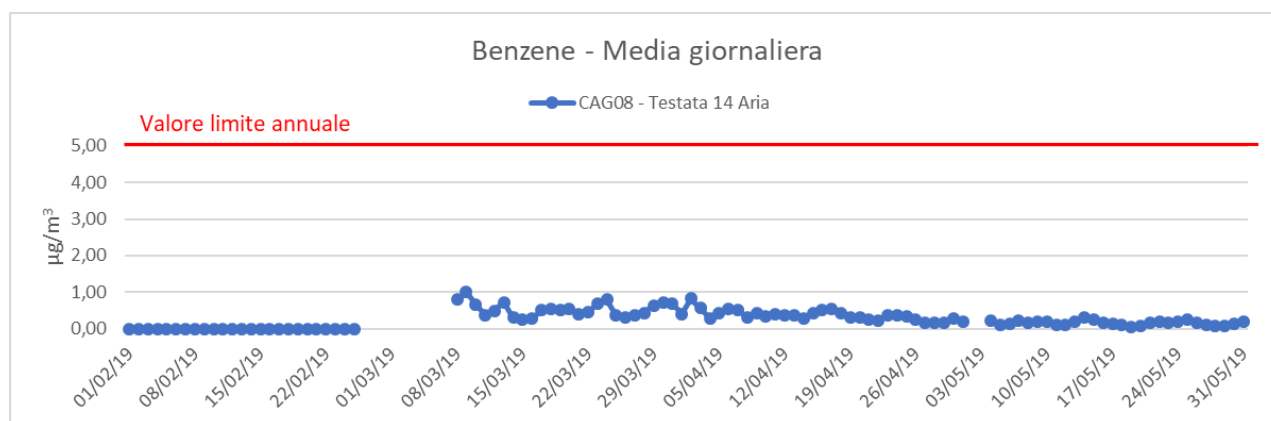


Grafico 10: concentrazione di benzene - media giornaliera

Le concentrazioni registrate sono state per l'intero periodo in esame molto basse e inferiori ai 5 $\mu g/m^3$.

Il limite di legge è valutato come media annua della concentrazione di benzene. La concentrazione media dell'inquinante da gennaio 2019 a maggio 2019 è riportata nella seguente tabella (Tabella 17):

Nome centralina	Concentrazione media 2019 ($\mu g/m^3$)	Limite ($\mu g/m^3$)
CAG08 - Testata 14 Aria	0,21	5

Tabella 17: concentrazione media di benzene nell'anno 2019

La centralina CAG08 - Testata 14 Aria ha registrato valori principalmente bassi dell'inquinante e la media nell'anno 2019 risulta inferiore al limite annuo.

7.2.6 - Particolato atmosferico (PM10)

Il particolato atmosferico è un insieme di particelle, solide e liquide, con una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, etc.) o antropogenico (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze. Si tratta, dunque, di un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà.

Il PM10 è la frazione di particelle raccolte con un sistema di selezione avente efficienza stabilita dalla norma (UNI EN 12341/2001) e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 μm .

In tabella 18 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
PM 10	Limite giornaliero	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Max 35 superamenti)
PM 10	Limite annuo	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 18: limiti di legge per il PM10

Nel grafico 11 sono riportate le concentrazioni di PM10 registrate presso la centralina CAG08 - Testata 14 Aria, analizzate come media giornaliera.

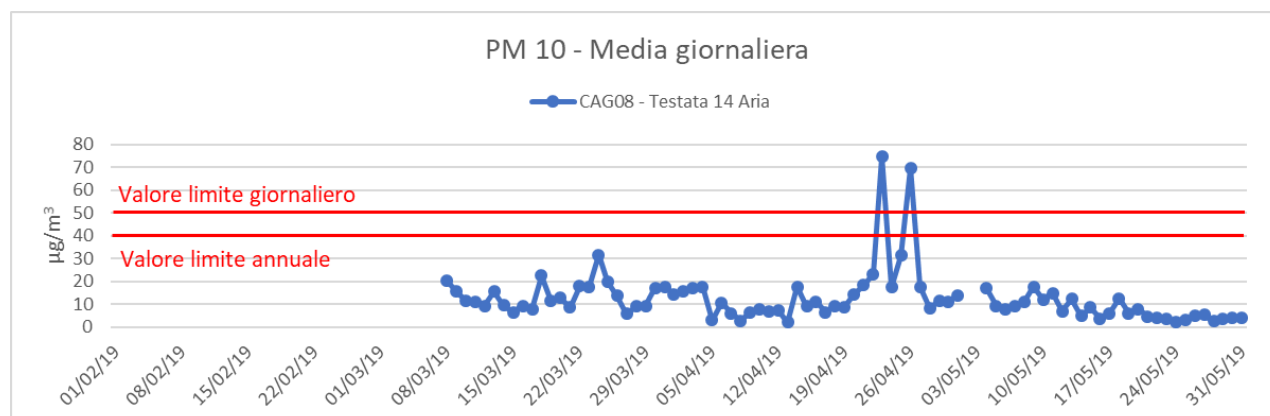


Grafico 11: concentrazione di PM10 - media giornaliera

Durante il periodo di riferimento le concentrazioni sono risultate principalmente basse, ad eccezione di due giornate in cui si è verificato il superamento del valore limite giornaliero. Il limite di legge è valutato anche come media annua della concentrazione di PM 10. Nella tabella 19 sono riportate le concentrazioni medie dell'inquinante nell'anno 2019 (Gennaio - Maggio).

Nome centralina	Concentrazione media 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CAG08 - Testata 14 Aria	14,39	40

Tabella 19: concentrazione media PM10 per l'anno 2019

La concentrazione media durante l'anno 2019 risulta inferiore al limite di legge.

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, di cui si dispongono tutti i dati di monitoraggio e in cui vi sia stata assenza di precipitazioni significative, la quale corrisponde al periodo riportato nella seguente tabella (Tabella 20).

Periodo di riferimento
22/05/2019 al 28/05/2019

Tabella 20: 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

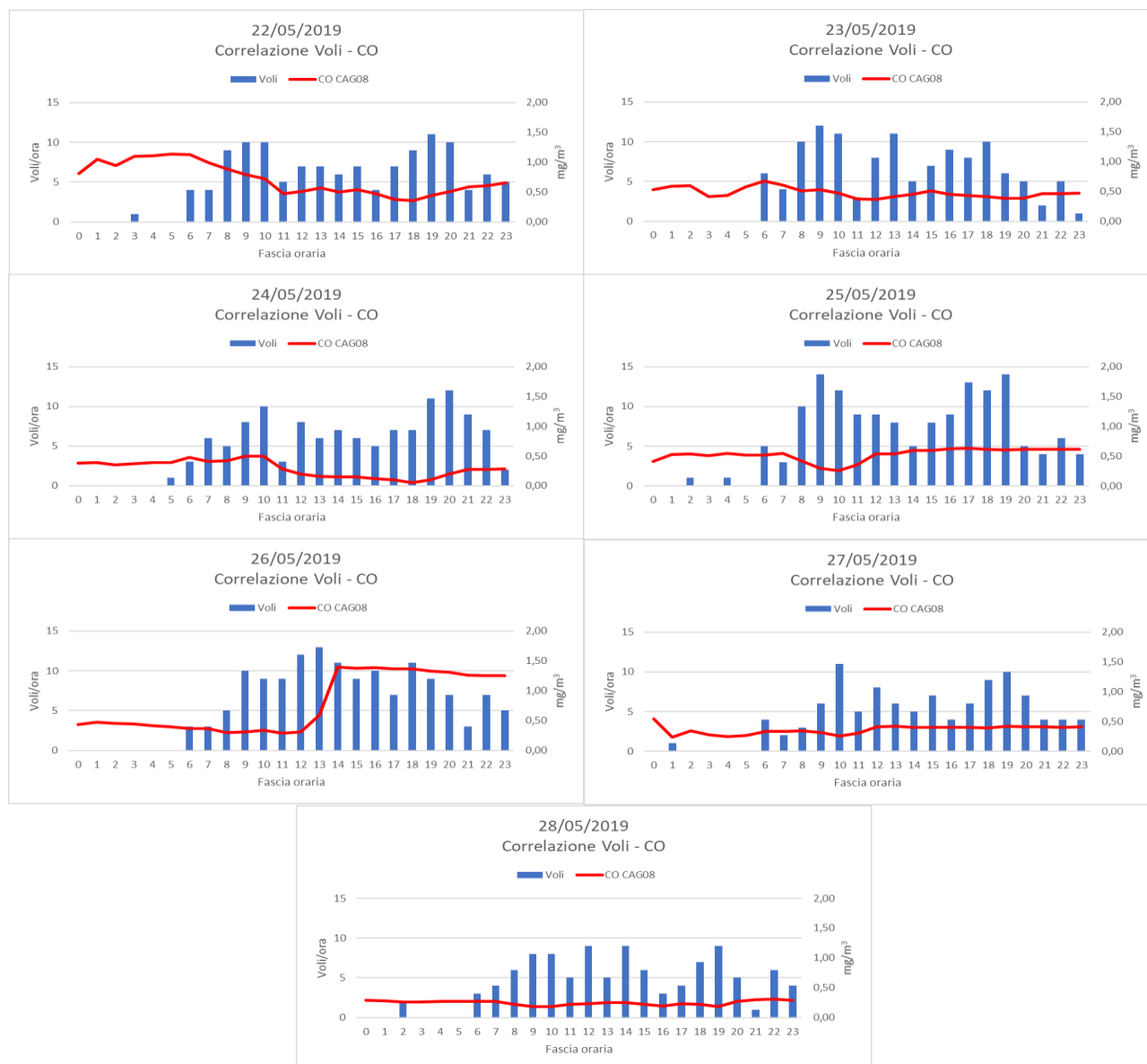


Figura 9: correlazione Voli - CO nella settimana di riferimento

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 21):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
CO	Settimana di maggior traffico	0,05
CO	Intero quadrimestre	-0,09

Tabella 21: 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 - SO₂

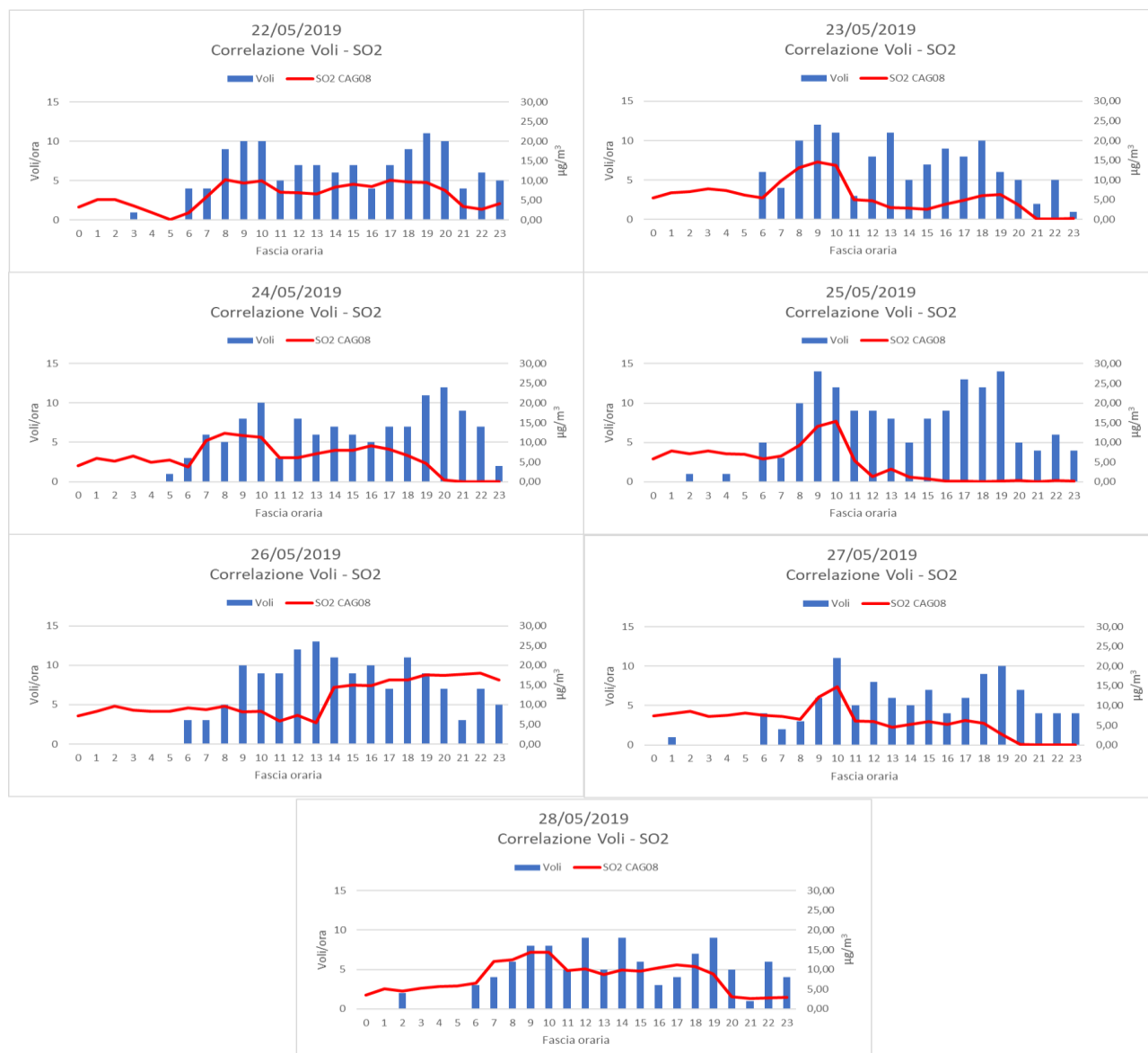


Figura 10: correlazione Voli - SO₂ nella settimana di riferimento.

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 22):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
SO ₂	Settimana di maggior traffico	0,20
SO ₂	Intero quadrimestre	0,21

Tabella 22: analisi di correlazione Voli - SO₂

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

8.3 - Correlazione Voli - O₃

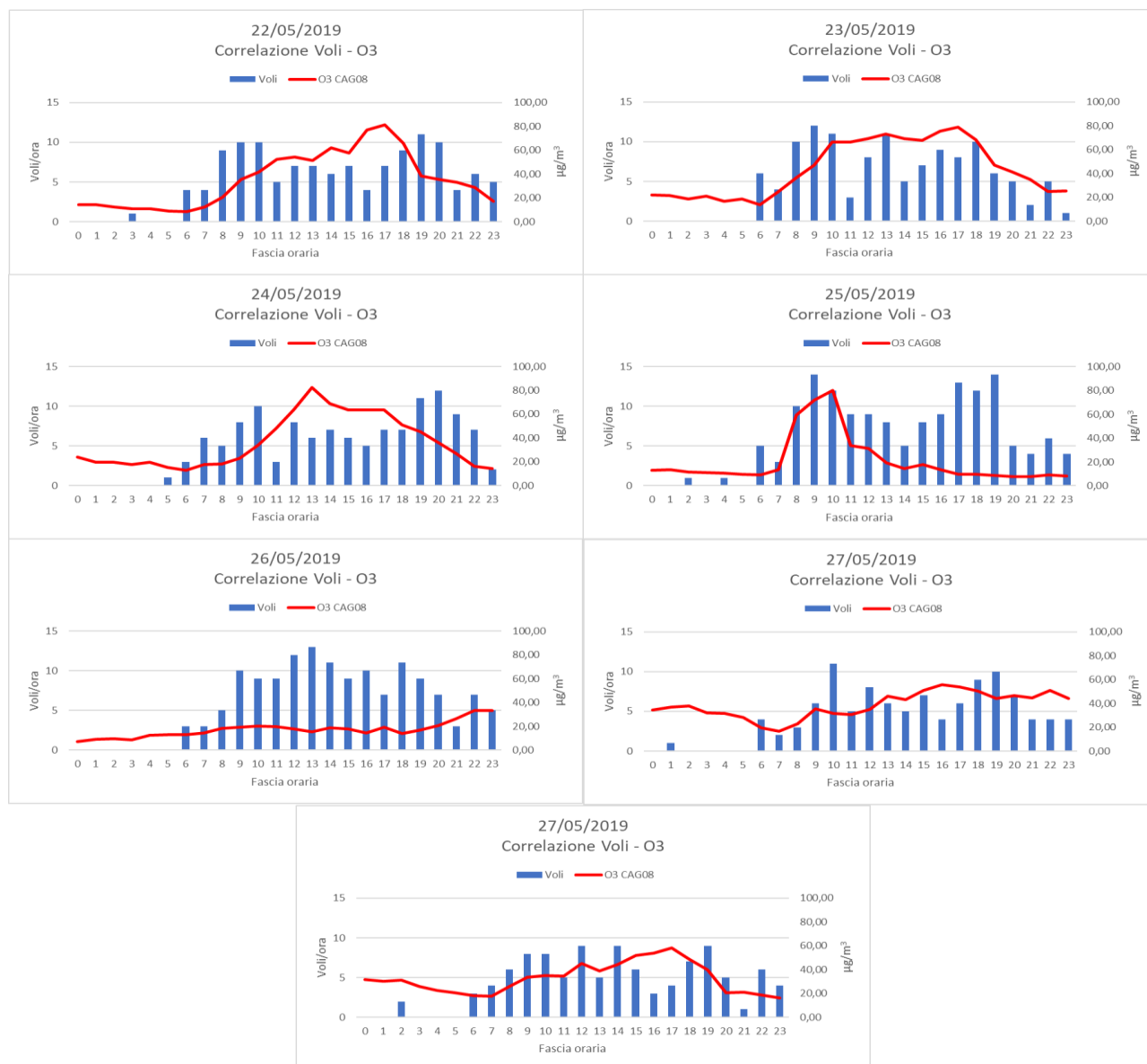


Figura 11: correlazione Voli - O₃ nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di ozono registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate inferiori alla soglia di informazione e l'andamento (Figura 11) è stato simile per tutta la settimana, con picchi di concentrazione massima durante le ore pomeridiane, infatti l'ozono è il principale tracciante dello smog fotochimico.

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 23: analisi di correlazione Voli - O₃):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
O ₃	Settimana di maggior traffico	0,36
O ₃	Intero quadrimestre	0,32

Tabella 23: analisi di correlazione Voli - O₃

Non è stata trovata correlazione tra la concentrazione di ozono e il numero di voli effettuati.

8.4 - Correlazione Voli - NO₂

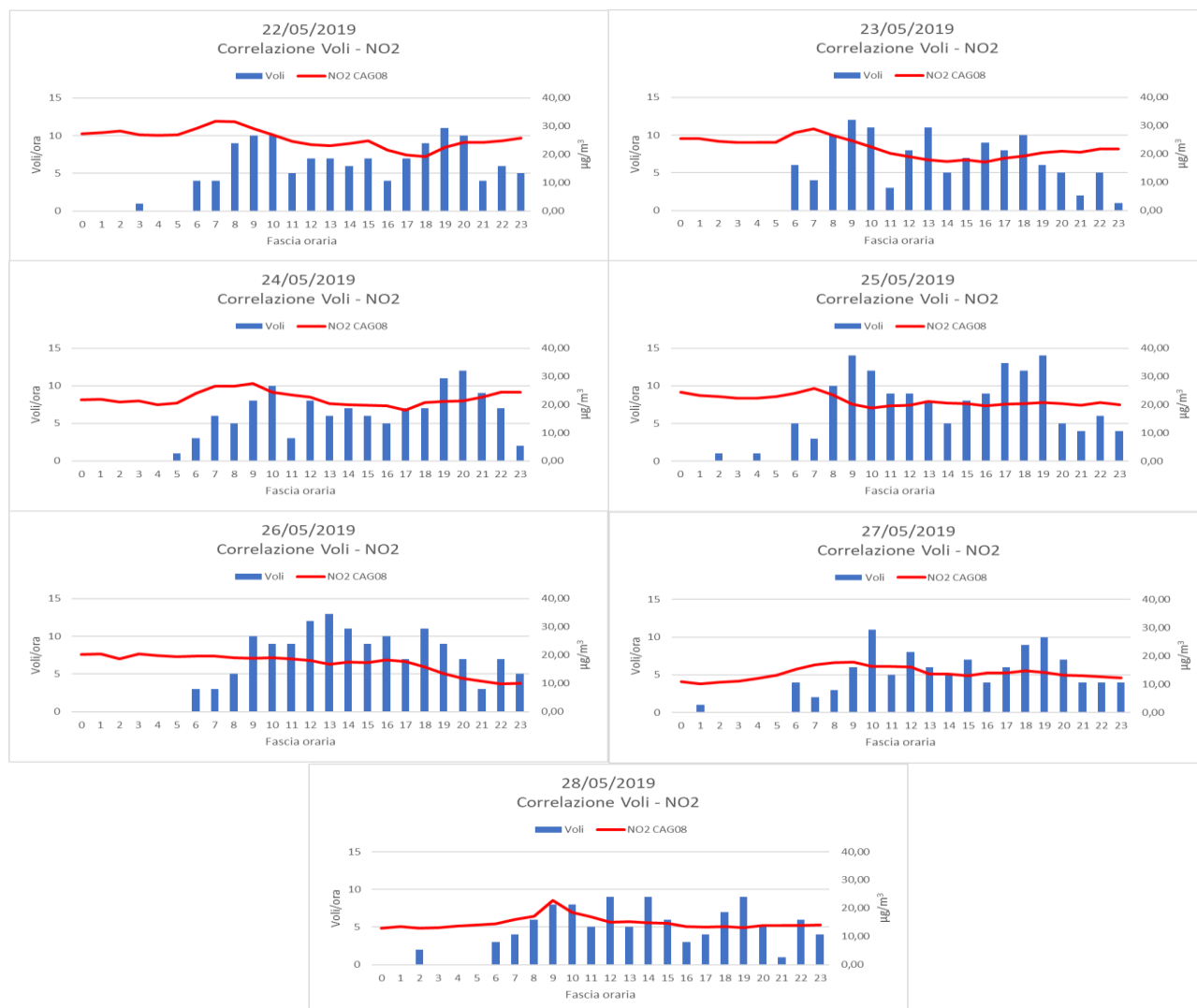


Figura 12: correlazione Voli - NO₂ nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di biossido di azoto registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate principalmente 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. Le concentrazioni sono risultate pressoché stabili durante tutta la settimana, con concentrazioni leggermente più elevate nelle prime ore della giornata (Fascia oraria 6-9).

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 24):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
NO ₂	Settimana di maggior traffico	0,00
NO ₂	Intero quadrimestre	-0,02

Tabella 24: analisi di correlazione Voli - NO₂

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

8.5 - Correlazione Voli - Benzene

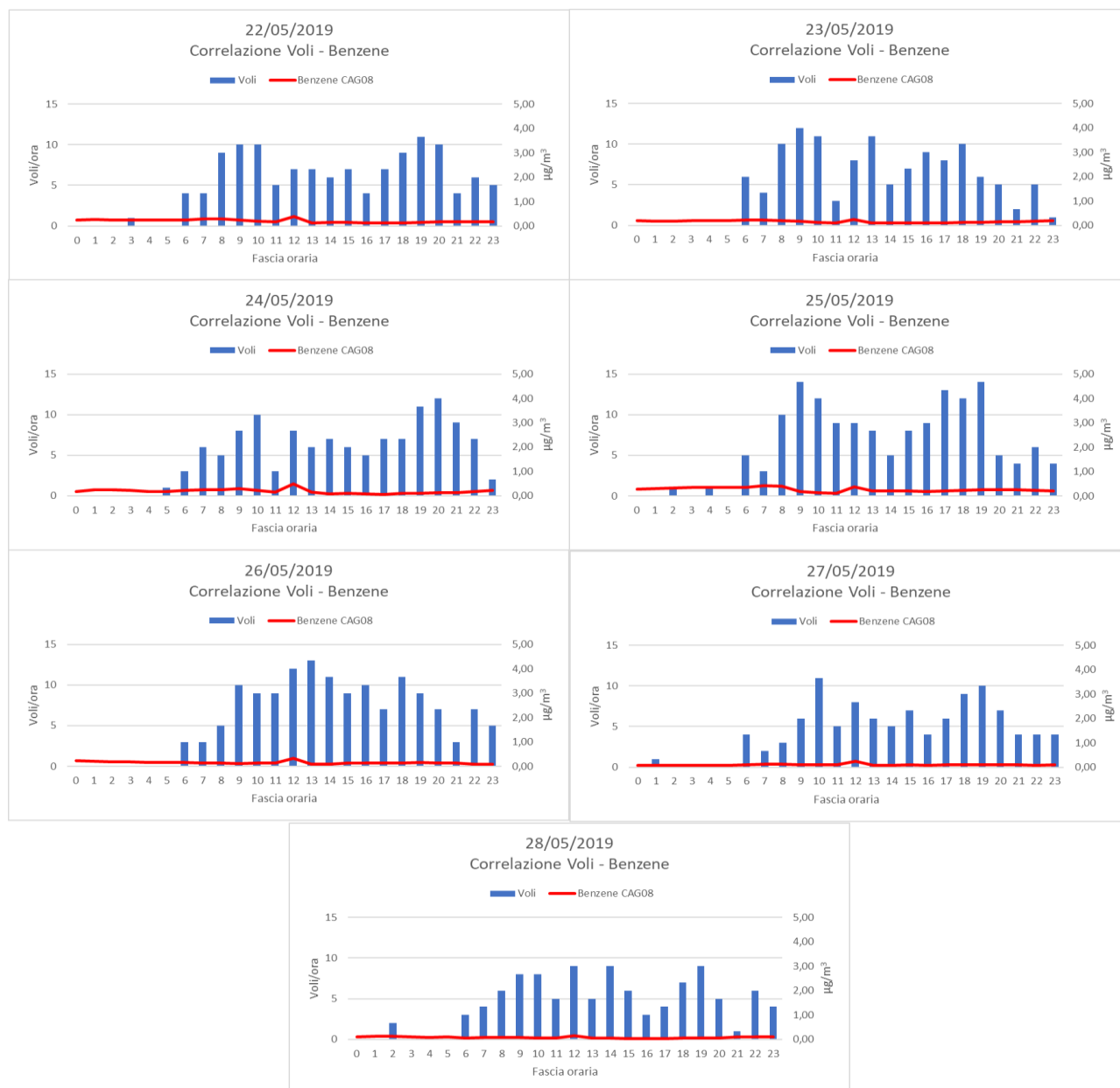


Figura 13: correlazione Voli - Benzene nella settimana di riferimento

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. 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 25).

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
Benzene	Settimana di maggior traffico	-0,09
Benzene	Intero quadrimestre	-0,04

Tabella 25: analisi di correlazione Voli - Benzene

8.6 - Correlazione Voli - Particolato atmosferico PM10

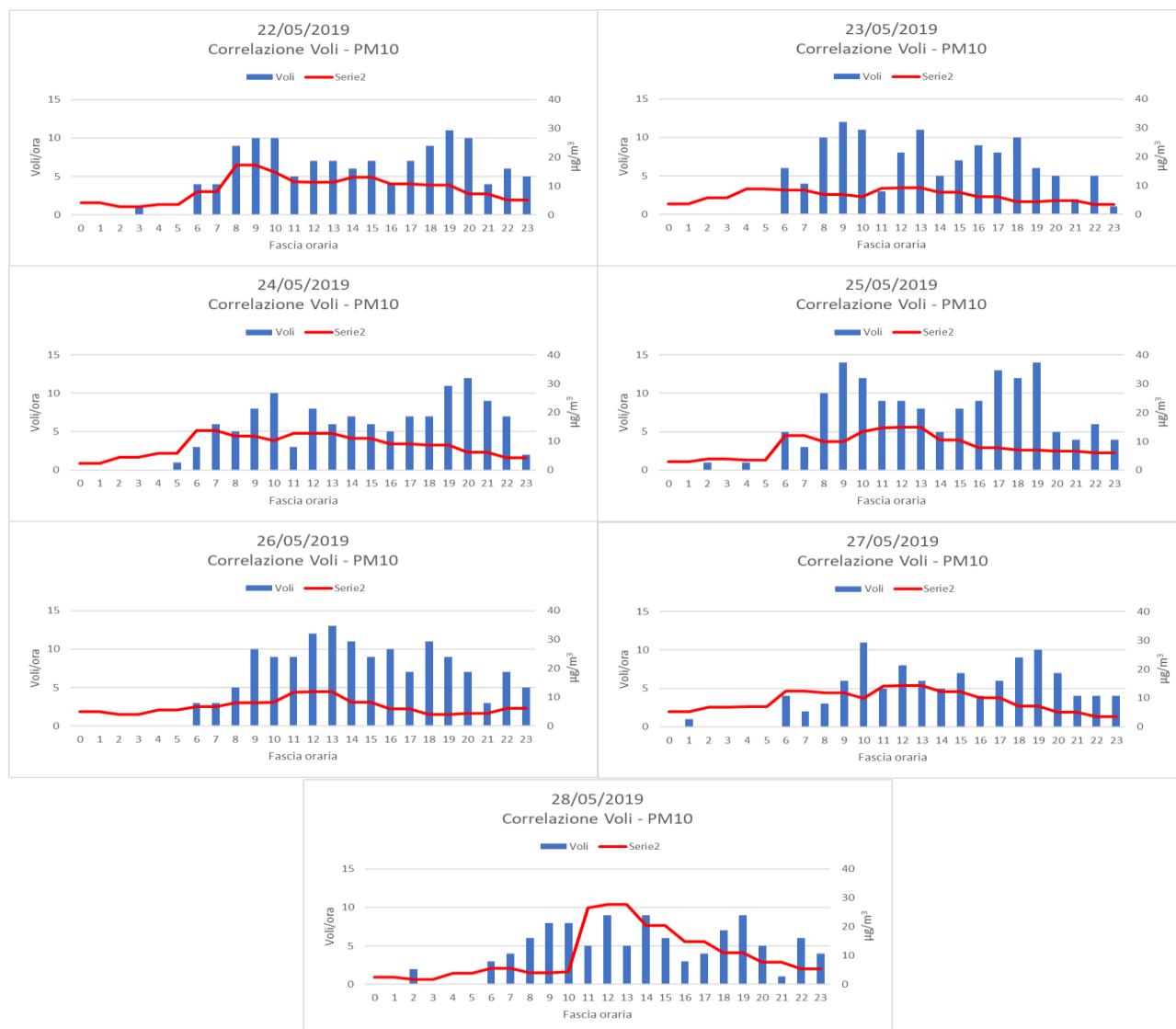


Figura 14: correlazione Voli - PM10 nella settimana di riferimento

Le concentrazioni di PM10 registrate dalla centralina CAG08 - Testata 14 Aria durante la settimana di riferimento sono risultate basse 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 26):

Inquinante	Periodo di riferimento	Correlazione CAG08
PM10	Settimana di maggior traffico	0,39
PM10	Intero quadrimestre	0,09

Tabella 26: analisi di correlazione Voli - PM10

Non è stata trovata alcuna correlazione tra la concentrazione oraria di PM10 e il numero di voli effettuati, tuttavia il sistema di monitoraggio restituisce i valori come medie biorarie e non orarie. Si raccomanda per cui di impostare la strumentazione in modo da poter restituire i valori delle medie orarie al fine di effettuare un'indagine più precisa.

9 - STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA

Ad oggi il sistema di monitoraggio dell'aeroporto di Cagliari è in buono 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 principalmente 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, SO₂, PM 10, O₃, NO₂ e BTEX.

L'analisi dei dati registrati dalla stazione di monitoraggio è stata effettuata secondo quanto riportato nel D.Lgs. 155/2010.

I risultati presentati nel capitolo 7 mostrano concentrazioni molto basse per tutti gli inquinanti monitorati, i cui livelli rispettano i limiti indicati dalla normativa, ad eccezione di due superamenti nel limite giornaliero di PM10.

Per quanto riguarda il monitoraggio dell'ozono, le concentrazioni sono risultate prevalentemente basse e non si sono verificati superamenti del valore limite, sia per quanto riguarda la massima media mobile sulle 8 ore, sia per la massima media oraria.

Le concentrazioni di benzene sono state basse per tutto il quadrimestre e la media nell'anno 2019 è risultata inferiore al limite annuo.

Il monitoraggio delle concentrazioni di particolato atmosferico ha rilevato valori inferiori al limite giornaliero per tutto il quadrimestre in esame, ad eccezione di due superamenti. La media per l'anno 2019 è risultata essere inferiore al valore limite annuo.

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.

La continuità di campionamento del sistema di monitoraggio ha avuto un'ottima efficienza nel quadrimestre in indagine e la centralina è stata in grado di registrare dati indicativi della qualità dell'aria presso l'aeroporto di Cagliari. Per garantire una migliore analisi dei dati acquisiti risulta necessario provvedere all'installazione di tecnologie che permettano la continuità di campionamento anche in caso di malfunzionamenti della linea elettrica o della rete per la trasmissione dei dati.

Data

20 Agosto 2019

Firma