

**CAMPAGNA INDICATIVA DI RILEVAMENTO  
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON  
MEZZO MOBILE**

**presso**

***Livorno – Calata Bengasi***  
***Livorno – Spianata del Molo Mediceo***  
***Livorno – Via Costa***

**10 settembre 2019 – 22 luglio 2020**  
**27 luglio 2020 – 18 aprile 2021**  
**27 agosto 2020 – 31 maggio 2021**

**Centro Regionale Tutela Qualità dell'aria**

REPORT

ARIA 

## **RELAZIONE CAMPAGNE INDICATIVE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA CON MEZZO MOBILE**

Livorno – Calata Bengasi, 10 settembre 2019 – 16 luglio 2020

Livorno – Spianata del Molo Mediceo, 27 luglio 2020 – 12 aprile 2021

Livorno – Via Costa, 27 agosto 2020 – 10 maggio 2021

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

ARPAT–Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Autori:

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Stefano Fortunato

ARPAT–Settore Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

Le attività di prova per il monitoraggio di PM10 e PM2,5 sono effettuate presso il laboratorio del Centro regionale di riferimento per la qualità dell'aria (CRRQA).

I metalli su PM10 sono stati determinati presso il Settore Laboratorio dell'Area Vasta Centro.

**Luglio 2021**

# INDICE

<b>SINTESI</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>1. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA E DEL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO</b>	<b>7</b>
<b>2. LIMITI NORMATIVI</b>	<b>9</b>
<b>3. ANALISI DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE RILEVATI</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Polveri PM10</b>	<b>11</b>
3.1.1. <i>I dati delle campagne di monitoraggio</i>	11
3.1.2. <i>I confronti tra le campagne</i>	14
3.1.3 <i>I risultati dei confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale</i>	15
<b>3.2. Polveri PM2,5</b>	<b>20</b>
3.2.1. <i>I dati delle campagne di monitoraggio</i>	20
3.2.2. <i>I confronti tra le campagne</i>	24
3.2.3 <i>I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale</i>	25
<b>3.3. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>27</b>
3.3.1. <i>I dati delle campagne di monitoraggio</i>	27
3.3.2. <i>I confronti tra le campagne</i>	29
3.3.3 <i>I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale</i>	30
<b>3.4. Monossido di carbonio (CO)</b>	<b>33</b>
<b>3.5. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>37</b>
3.5.1. <i>I dati delle campagne di monitoraggio</i>	37
3.5.2. <i>I confronti tra le campagne</i>	39
3.5.3 <i>I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale</i>	40
<b>3.6 Benzene</b>	<b>44</b>
3.6.1. <i>I dati delle campagne di monitoraggio</i>	44
3.6.2. <i>I confronti tra le campagne</i>	46
3.6.3 <i>I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale</i>	47
<b>3.7. Toluene</b>	<b>50</b>
<b>3.8. Ossido di azoto (NO)</b>	<b>55</b>
<b>3.9. Metalli su PM10</b>	<b>58</b>
<b>4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>60</b>

## SINTESI

In previsione del profondo riassetto della infrastruttura portuale, ARPAT, nell'ambito di una convenzione con l'Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno settentrionale, ha effettuato il rilevamento delle concentrazioni in aria ambiente di alcuni inquinanti mediante campagne di misura con postazione mobile collocata in due siti. Le postazioni sono state scelte con l'obiettivo di descrivere al meglio lo stato attuale e i cambiamenti determinati dal traffico indotto in funzione della realizzazione dei vari interventi e dalle variazioni strutturali e infrastrutturali previste.

La postazione di Calata Bengasi è collocata nell'area nord del porto prospiciente l'area dove è prevista la realizzazione della Piattaforma Europa, la postazione di Spianata del Molo Mediceo è collocata nella zona sud dell'area portuale, la postazione di Via Costa si trova in un'area limitrofa alla Fortezza vecchia all'interno dell'area di interfaccia porto-città (UTOE 5-C-1 "Stazione Marittima").

Per i due siti di Via Costa e Spianata del Molo Mediceo sono state svolte, nel periodo da estate 2020 a primavera 2021, 4 indagini di almeno 15 giorni ciascuna, distribuite una per ogni stagione in modo che gli indicatori calcolati sull'intero periodo fossero rappresentativi secondo le indicazioni della normativa vigente.

Per il sito di Calata Bengasi la campagna di campionamento ha interessato in maniera continuativa circa 10 mesi, da autunno 2019 a estate 2020; il campionamento ha avuto inizio il 10 Settembre 2019 ed è terminato il 22 Luglio 2020, senza subire interruzioni.

Per effettuare la campagna nei due siti scelti del porto di Livorno è stato utilizzato un mezzo mobile gestito da ARPAT dotato di analizzatori per la misura in continuo della qualità dell'aria relativi ai seguenti parametri: biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio e benzene ed attrezzato con campionatori in continuo per le polveri PM10 e PM2,5, che raccolgono campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica in laboratorio.

La campagna che si è svolta nel porto di Livorno ha evidenziato nel complesso una situazione positiva in riferimento al rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria. Presso tutte le postazioni di misura non sono mai stati superati i limiti normativi.

L'analisi dei dati è stata svolta singolarmente per ciascuna delle tre postazioni, confrontando tra di loro i risultati ottenuti per le tre postazioni e valutando questi ultimi in relazione ai dati rilevati nello stesso periodo presso le stazioni di rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno.

### **Particolato PM10**

Per tutte le campagne il limite imposto sui valori medi giornalieri di PM10 ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte per anno civile) è stato rispettato per tutti i periodi di indagine. Il 90,4° percentile relativo all'intero periodo dell'indagine è sempre inferiore al valore limite giornaliero. La media annuale è risultata essere inferiore al limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per tutte le postazioni.

Si osserva una diversa risposta stagionale dei tre siti: per il Molo mediceo e via Costa i livelli più alti di concentrazione del PM10 sono stati rilevati nel corso della campagna invernale e autunnale, mentre presso il sito di Calata Bengasi i livelli di concentrazione maggiori sono stati rilevati nel corso delle campagne primaverile e estiva.

In generale, il livello medio di concentrazione del PM10 presso la postazione di Calata Bengasi è confrontabile con i livelli medi di concentrazione rilevati nello stesso periodo presso la stazione di traffico LI-Carducci per tutti i periodi di campionamento. I livelli medi rilevati presso la postazione di via Costa e Molo Mediceo sono, invece, più simili ai valori riscontrati presso le stazioni di fondo di LI-Cappiello e LI-La Pira.

### **Particolato PM2,5**

Il limite di  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla media annuale è stato rispettato in tutti e quattro i periodi di indagine per tutte le postazioni di monitoraggio.

L'incidenza media annuale della frazione PM2,5 sulla frazione PM10 è pari circa al 50% per la postazione di via Costa, come per entrambe le stazioni di rete regionale presso cui viene effettuato il monitoraggio del PM2,5, LI-Cappiello e LI-Carducci. Si osserva, invece, un'incidenza della

frazione fine PM<sub>2,5</sub> superiore per le postazioni di Calata Bengasi e Molo Mediceo che presentano un'incidenza media annua del PM<sub>2,5</sub> pari a circa il 60%.

Per tutte e tre le postazioni mobili si osservano valori minimi di incidenza della frazione PM<sub>2,5</sub> sempre superiori rispetto alle due stazioni di rete regionale, fatta eccezione per il campionamento invernale in via Costa.

### **Biossido di azoto NO<sub>2</sub>**

I valori di NO<sub>2</sub> non hanno fatto registrare alcun superamento del valore massimo orario di 200 µg/m<sup>3</sup> in nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine per tutte le campagne di monitoraggio.

Le medie orarie di concentrazione rilevate presso le postazioni di Molo Mediceo e via Costa presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso le stazioni di fondo della rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno, sebbene inferiore al range dei dati rilevati presso la postazione di traffico di LI-Carducci.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi si differenzia rispetto a quella delle altre due postazioni in quanto presenta un valore per il 25° percentile, la mediana e il 75° percentile superiore rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e via Costa, più simile ai dati della stazione di traffico di LI-Carducci, in particolare in relazione a mediana e 25° percentile.

### **Monossido di carbonio CO**

Per nessuna delle postazioni di monitoraggio è stato superato il valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup>, come media mobile di 8 ore. Si osserva una situazione di omogeneità delle concentrazioni di CO, molto contenute in tutti i siti.

### **Biossido di zolfo SO<sub>2</sub>**

I limiti indicati dalla normativa per il biossido di zolfo, un numero massimo di 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m<sup>3</sup> ed un numero massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m<sup>3</sup> nell'arco dell'anno, non sono mai stati superati in nessuno dei tre siti di monitoraggio.

Le medie orarie di concentrazione rilevate presso tutte le postazioni di monitoraggio presentano in generale un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso la stazione di fondo di LI-La Pira, con valori del 75° percentile più alti ma con valori della mediana confrontabili con quelli di questa stazione.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi presenta un valore per il 75° percentile e per il livello massimo di concentrazione rilevato superiore rispetto alle altre due postazioni. La postazione di via Costa presenta dati di concentrazione media e minima superiori rispetto ai siti di Calata Bengasi e Molo Mediceo. Il sito di Molo Mediceo è il sito in area portuale con il range di variazione dei dati più simile a quello della stazione di LI-La Pira sebbene con un valore del 75° percentile ad essa superiore.

### **Benzene**

Il limite normativo di riferimento per il benzene, la media annuale che non deve superare il valore di 5 µg/m<sup>3</sup>, non è stato mai superato presso nessuno dei tre siti di monitoraggio.

Le medie orarie di concentrazione rilevate presso tutte le postazioni di monitoraggio presentano, in generale, un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) meno ampio di quello osservato presso la stazione di fondo di LI-La Pira, con valori del 75° percentile e della mediana inferiori rispetto a quelli della stazione di LI-La Pira. Il valore della mediana dei livelli di concentrazione rilevati presso le postazioni in area portuale è confrontabile con il livello minimo di concentrazione rilevato presso la stazione di LI-La Pira. I livelli di concentrazione delle postazioni mobili corrispondenti al 75° percentile sono confrontabili con la mediana dei livelli di concentrazione della stazione fissa di LI-La Pira.

### **Toluene**

La normativa non indica un valore di riferimento per il toluene. I risultati per tale parametro sono stati presentati in quanto di interesse per l'area oggetto delle campagne; i combustibili navali sono una miscela di idrocarburi che spesso contiene toluene.

Le medie orarie di concentrazione rilevate presso la stazione di LI-La Pira presentano in generale un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) meno ampio di quello osservato presso le postazioni in area portuale di Calata Bengasi e Spianata del Molo Mediceo, con valori della mediana confrontabili con tali postazioni ma valori del 75° percentile inferiori.

La postazione di via Costa presenta, invece, un range di variabilità delle concentrazioni di toluene confrontabile con quello della stazione fissa di LI-La Pira ma livelli di concentrazione generalmente inferiori a quelli rilevati presso tale stazione.

### **Monossido di azoto NO**

La normativa non indica un valore di riferimento per l'ossido di azoto. I risultati per tale parametro sono stati presentati in quanto di interesse per l'area oggetto delle campagne. L'ossido di azoto è un inquinante primario che si forma generalmente dai processi di combustione ad alta temperatura. Vista la collocazione delle postazioni di monitoraggio in area portuale, limitrofe ad aree di transito e stazionamento di diverse tipologie di imbarcazioni, è stato ritenuto interessante valutare le concentrazioni di tale inquinante rilevate presso i siti in area portuale rispetto alle stazioni di rete regionale presenti sul territorio comunale.

Le medie orarie di concentrazione rilevate presso tutte le postazioni di monitoraggio presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso le stazioni di fondo della rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno, sebbene inferiore al range dei dati rilevati presso la postazione di traffico di LI-Carducci.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi si differenzia rispetto a quella delle altre due postazioni in quanto presenta un valore per il 25° percentile, la mediana e il 75° percentile superiore rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e via Costa, più simile ai dati della stazione di traffico di LI-Carducci, in particolare in relazione a mediana e 25° percentile.

## **INTRODUZIONE**

Il Piano Regolatore del Porto di Livorno prevede un profondo riassetto della infrastruttura portuale con numerosi interventi strutturali tra i quali il più importante è la realizzazione di un nuovo ampio bacino esterno, denominato "Piattaforma Europa", nell'area nord del porto; tale riassetto avrà ripercussioni importanti anche sull'assetto delle aree di tessuto urbano limitrofe all'area portuale.

In questo contesto si inserisce l'Accordo di programma quadriennale tra Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno settentrionale (A.d.S.P.) e ARPAT indirizzato a completare ed aggiornare il Quadro Conoscitivo Ambientale del territorio di Livorno circostante l'area portuale nel quale le opere stesse e le conseguenti variazioni verranno a collocarsi.

ARPAT ha stipulato con A.d.S.P. una convenzione finalizzata, tra le altre, al rilevamento di dati ambientali mediante campagne di misura dei livelli di concentrazione in atmosfera con postazione mobile collocata nel 2019-2021 in tre postazioni strategiche individuate in accordo con l'Autorità Portuale; tali postazioni sono state scelte con l'obiettivo di descrivere al meglio lo stato attuale e i cambiamenti determinati dal traffico indotto in funzione della realizzazione dei vari interventi e dalle variazioni strutturali e infrastrutturali previste.

### **1. DESCRIZIONE DEI SITI DI MISURA E DEL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO**

La campagna si è articolata in tre indagini, presso siti che si trovano:

1. presso la Calata Bengasi, sito "BENGASI"
2. presso la Spianata del Molo Mediceo, sito "MOLO MEDICEO"
3. presso Via Costa, sito "VIA COSTA".

Le tre postazioni sono così collocate: la prima nell'area nord del porto prospiciente l'area dove è prevista la realizzazione della Piattaforma Europa, la seconda nella zona sud dell'area portuale, la terza si trova in un'area limitrofa alla Fortezza vecchia all'interno dell'area di interfaccia porto-città (UTOE 5-C-1 "Stazione Marittima").

La collocazione dei siti di monitoraggio, scelta in accordo con l'Autorità di Sistema Portuale, è stata definita con lo scopo di monitorare aree che verranno interessate dal riassetto dell'area portuale previsto nel nuovo Piano regolatore. L'area presso la quale è stato individuato il sito di seguito definito "Bengasi" sarà, infatti, interessata dai lavori di realizzazione del un nuovo bacino esterno della "Piattaforma Europa", il sito "Molo mediceo" si trova in prossimità dell'area di realizzazione del porto turistico nel Porto Mediceo e nella Darsena Nuova, di ampliamento dell'accesso al porto Vecchio, tra Molo Mediceo e Calata Carrara e di realizzazione di un approdo per la piccola nautica nello specchio acqueo della Bellana, infine il sito di Via Costa si trova nell'area di riqualificazione dell'interfaccia porto-città interessata dal piano attuativo UTOE 5C-1.



*Immagine 1.1. Postazioni di misura*

Le campagne di monitoraggio sono state svolte nel periodo da autunno 2019 a primavera 2021. Nei siti di Spianata del Molo Mediceo e via Costa sono state svolte campagne indicative di quattro indagini per almeno 15 giorni ciascuna, distribuite una per ogni stagione in modo che gli indicatori calcolati sull'intero periodo fossero rappresentativi secondo le indicazioni della normativa vigente. Presso il sito di Calata Bengasi è stato, invece, effettuato un campionamento continuato per l'intero periodo Settembre 2019 - Luglio 2020 per tutti i parametri monitorati; fanno eccezione il PM10 e PM2,5 per i quali il campionamento è stato condotto con le stesse modalità di una campagna indicativa e il BTX per il quale è stato necessario, per motivi tecnico-organizzativi, interrompere il campionamento nel corso del periodo primaverile effettuando, comunque, il monitoraggio per un numero di giorni non inferiore a 15, come richiesto dalla normativa. Nel 2019 non è stato possibile per l'AdSP fornire accesso ad una seconda postazione di monitoraggio, che invece è stata fornita nel 2020; pertanto ARPAT ha valutato comunque positivamente l'opportunità di effettuare un monitoraggio continuativo nella postazione di Calata Bengasi acquisendo i dati dei parametri gassosi per oltre 10 mesi. I periodi di interesse sono stati rispettivamente:

	2019				2020												2021					
	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	
CALATA BENGASI	10										22											
VIA COSTA												27	22	31	22	22	22				19	31
MOLO MEDICEO											27	19			25	15		17	8	9	18	

CAMPAGNA ESTIVA     
 CAMPAGNA AUTUNNALE     
 CAMPAGNA INVERNALE     
 CAMPAGNA PRIMAVERILE

Tabella 1.1. Periodi di indagine

Per effettuare la campagna nei siti scelti è stato utilizzato un mezzo mobile di proprietà e gestione di ARPAT. Il furgone (AUTOLAB-SI408060) è dotato di analizzatori per la misura della qualità dell'aria in continuo, relativi ai seguenti parametri: biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio e benzene. Inoltre il mezzo mobile è attrezzato con un campionatore in continuo per le polveri PM10 e PM2,5, che raccoglie campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica in laboratorio. Gli strumenti e i metodi utilizzati sono riassunti nella tabella 1.2.

Inquinante	Marca/Modello	Metodo
CO	API300E	UNI EN 14626:2012
NO <sub>x</sub>	API200A	UNI EN 14211:2012
SO <sub>2</sub>	API100E	UNI EN 14212:2012
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (BTX)	Chromatec AirToxicGC866	UNI EN 14662:2005
PM10/PM2,5	Swam Dual Channel	UNI EN 12341:2014 UNI EN 16450:2017

Tabella 1.2. Strumenti e metodi

I dati degli indicatori giornalieri relativi ai monitoraggi nelle tre postazioni sono reperibili sul sito web di ARPAT : [http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete\\_monitoraggio/struttura\\_autolaboratori/](http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/rete_monitoraggio/struttura_autolaboratori/)

## 2. LIMITI NORMATIVI

Si riportano i riferimenti normativi in vigore per gli inquinanti oggetto dell'indagine:

Tabella 2.1. Particolato PM10 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>

Per poter utilizzare le misure indicative al fine di valutare il rispetto del limite sulle 24 ore, occorre stimare il 90.4° percentile delle medie giornaliere acquisite, che deve essere inferiore o uguale a

50 µg/m³. La valutazione del numero di superamenti risulta, infatti, fortemente influenzata dal periodo di copertura della campagna (Allegato I, D.Lgs. 155/2010).

Tabella 2.2. Particolato PM2,5 – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI ed all.XIV e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m³

Tabella 2.3. Biossido di azoto NO<sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m³

Per il biossido di azoto è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 400 µg/m³ calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

Tabella 2.4. Monossido di carbonio CO – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m³

Tabella 2.5. Biossido di zolfo SO<sub>2</sub> – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Per il biossido di zolfo è inoltre definita dall'allegato XII del D.Lgs. 155/2010 una soglia di allarme che è pari a 500 µg/m³ calcolata come concentrazione media da ripetersi per tre ore consecutive.

Tabella 2.6. Benzene – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.)

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m³

### 3. ANALISI DEI LIVELLI DI CONCENTRAZIONE RILEVATI

#### 3.1. Polveri PM10

##### 3.1.1. I dati delle campagne di monitoraggio

Per quanto riguarda il PM10, la normativa indica come limiti una media annuale di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ed un numero massimo di 35 superamenti della media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che per le campagne discontinue equivale al 90,4° percentile del valore medio giornaliero che non deve essere superiore a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I campionamenti relativi al **sito di Bengasi** hanno fornito i seguenti risultati:

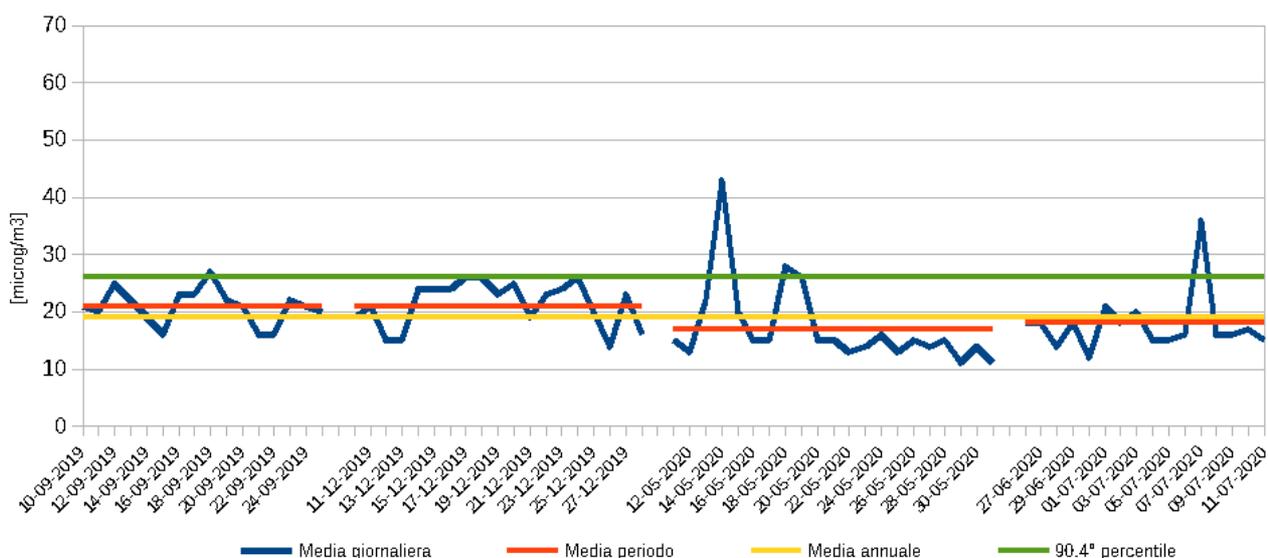
PM10	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	27	21
Inverno	100%	26	21
Primavera	100%	43	17
Estate	100%	36	18
Annuale	100%	43	19

*Tabella 3.1.1. Risultati PM10 indagine Calata Bengasi*

Come mostrano i dati in tabella i valori medi giornalieri di PM10 registrati sono inferiori a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , per tutti i periodi di indagine. Il 90,4° percentile relativo all'intero periodo dell'indagine è pari a 26  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anch'esso inferiore al valore limite giornaliero. La media annuale è risultata essere inferiore al limite di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I livelli medi giornalieri di concentrazione più alti sono stati rilevati nel corso della campagna primaverile e estiva.

Si segnala che il massimo valore medio giornaliero rilevato nel corso della campagna primaverile presso il sito il Calata Bengasi è in parte influenzato da un episodio di avvezione sahariana di materiale particolato; tale episodio è stato rilevato anche presso le postazioni di tipo rurale fondo della rete regionale. La regione Toscana, come anche il continente europeo, è regolarmente raggiunta da masse d'aria che portano con sé le frazioni del materiale particolato fra cui il PM10, il quale dalle alte quote dell'atmosfera, passa a livello del suolo. I contributi emissivi naturali riferiti alle avvezioni di polveri che hanno interessato il territorio regionale sono stati analizzati nelle relazioni annuali sullo stato della qualità dell'aria in Regione Toscana pubblicati sul sito di ARPAT.



**Grafico 3.1.1. Risultati PM10 indagine Calata Bengasi**

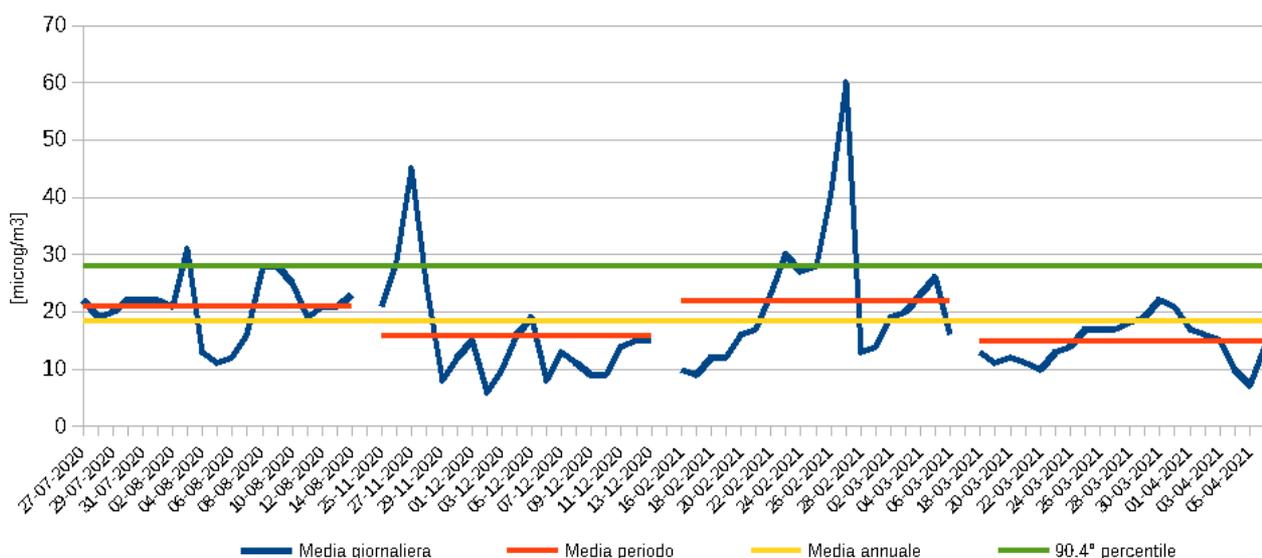
I campionamenti relativi al sito Molo medico hanno fornito i seguenti risultati:

PM10	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	45	16
Inverno	100%	60	22
Primavera	100%	22	15
Estate	100%	31	21
Annuale	100%	60	18

**Tabella 3.1.2. Risultati PM10 indagine Molo medico**

Come mostrano i dati in tabella i valori medi giornalieri di PM10 registrati sono inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per tutti i periodi di indagine ad eccezione del periodo invernale. Il 90,4° percentile relativo all'intero periodo dell'indagine è pari a  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore al valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media annuale è molto inferiore al limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I livelli medi giornalieri di concentrazione più alti sono stati rilevati nel corso della campagna autunnale e invernale.



*Grafico 3.1.2. Risultati PM10 indagine Molo medico*

I campionamenti relativi al sito di Via Costa hanno fornito i seguenti risultati:

PM10	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	33	19
Inverno	100%	15	9
Primavera	100%	25	16
Estate	100%	22	16
Annuale	100%	33	15

*Tabella 3.1.3. Risultati PM10 indagine Via Costa*

Come mostrano i dati in tabella i valori medi giornalieri di PM10 registrati sono sempre inferiori a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , per tutti i periodi di indagine. Il 90,4° percentile relativo all'intero periodo dell'indagine è pari a  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore al valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media annuale è inferiore al limite di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I livelli medi giornalieri di concentrazione più alti sono stati rilevati nel corso della campagna autunnale.

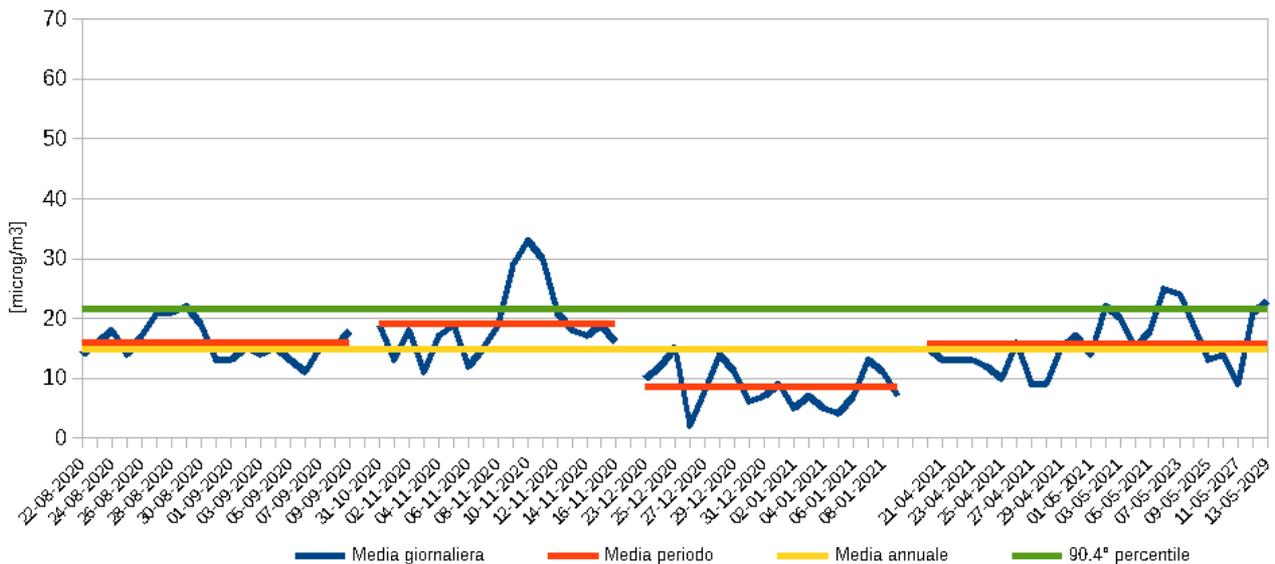


Grafico 3.1.3. Risultati PM10 indagine Via Costa

### 3.1.2. I confronti tra le campagne

Nel grafico successivo sono state affiancate le distribuzioni dei dati rilevati nel corso dell'intero periodo di indagine presso le tre postazioni e i livelli medi, massimi e minimi rilevati nel corso delle quattro diverse campagne presso ciascun sito di monitoraggio.

Il sito del Molo Mediceo presenta una variabilità dei livelli di concentrazione più ampia rispetto alle altre due postazioni di misura, mentre presso il sito di Via Costa sono stati rilevati livelli di concentrazione in generale più bassi rispetto agli altri siti.

I livelli di concentrazione medi rilevati nel corso del monitoraggio non differiscono in modo sostanziale tra le tre postazioni.

Si osserva una diversa risposta stagionale dei tre siti: per il Molo mediceo e via Costa i livelli più alti di concentrazione del PM10 sono stati rilevati nel corso della campagna invernale e autunnale con valori massimi meno rilevanti per i periodi estivo e primaverili, mentre presso il sito di Calata Bengasi i livelli di concentrazione maggiori sono stati rilevati nel corso delle campagne primaverile e estiva.

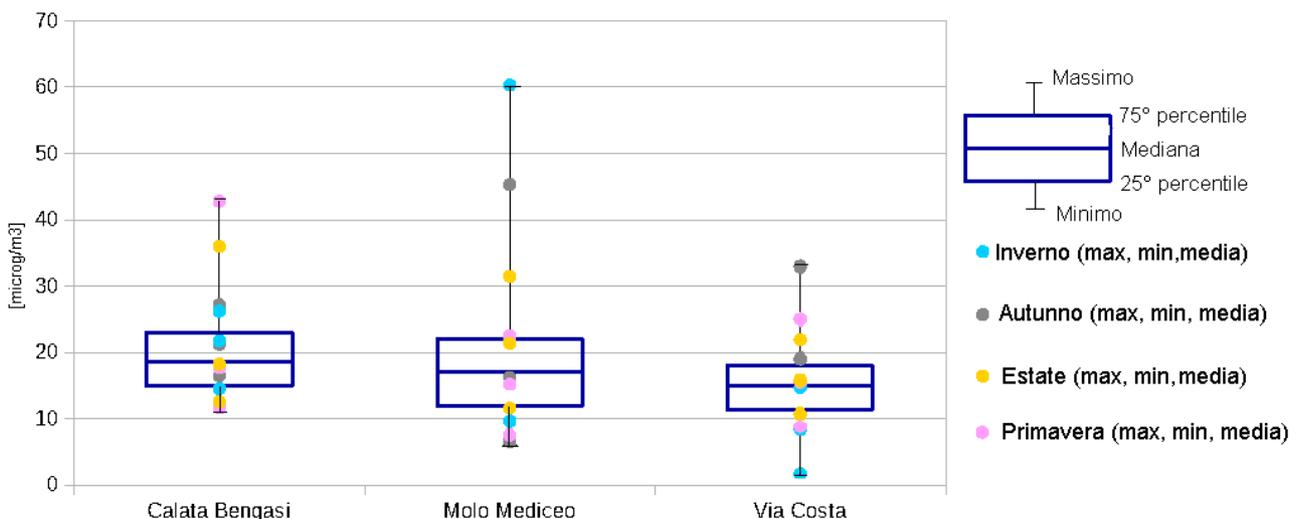


Grafico 3.2.5. PM10: confronto risultati

Nel corso del periodo di campionamento delle campagne sono stati osservati contributi emissivi naturali alle concentrazioni di PM10 rilevate riferibili alle avvezioni sahariane di polveri che hanno interessato il territorio regionale. Tali quote emissive hanno contribuito al raggiungimento di alcuni livelli massimi di concentrazione rilevati nel corso delle campagne di monitoraggio, in particolare:

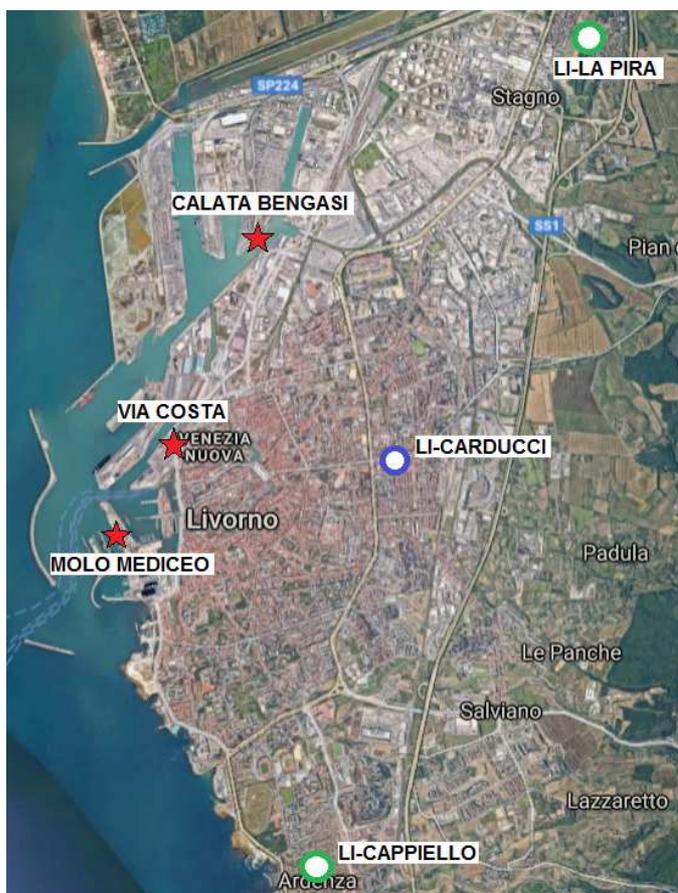
Postazione	Data	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Calata Bengasi	14-05-2020	43
Calata Bengasi	20-12-2019	25
Molo Mediceo	27-02-2021	60

*Tabella 3.1.2.1. Eventi di avvezione sahariana di polveri osservati nel corso delle campagne*

I livelli di concentrazione rilevati il 14 maggio 2020 presso Calata Bengasi e il 27 febbraio 2021 presso il Molo Mediceo rappresentano anche i livelli massimi di concentrazione rilevati nel corso dell'intero periodo di campionamento presso i due siti, i confronti di seguito effettuati con le stazioni di rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno verranno, perciò, effettuati escludendo tali valori e tenendo conto del valore massimo rilevato immediatamente successivo come livello di concentrazione.

### 3.1.3 I risultati dei confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale

Nel territorio del Comune di Livorno sono presenti 3 stazioni appartenenti alla rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria, le stazioni di tipo urbana fondo LI-Cappiello e LI-La Pira e la stazione di tipo urbana traffico di LI-Carducci.



*Figura 3.1.3.1. Posizionamento postazioni di monitoraggio e stazioni di rete regionale*

I valori di PM10 ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di qualità dell'aria sul territorio del Comune di Livorno nel periodo di svolgimento delle campagne.

Si riportano di seguito i livelli medi di concentrazione rilevati nel corso dei diversi periodi di campionamento presso le postazioni di Calata Bengasi, Molo Mediceo e via Costa e le stazioni di rete regionale.

	Calata Bengasi	LI-Cappiello	LI-Carducci	LI-La Pira
Autunno	21	14	21	15
Inverno	21	20	25	20
Primavera	17	14	18	14
Estate	18	14	20	14
Annuale	19	16	21	16

*Tabella 3.1.3.1. Media di periodo – Calata Bengasi e stazioni di rete regionale*

	Molo mediceo	LI-Cappiello	LI-Carducci	LI-La Pira
Autunno	16	13	17	16
Inverno	22	21	29	26
Primavera	15	14	20	15
Estate	21	18	24	18
Annuale	18	16	22	19

*Tabella 3.1.3.2. Media di periodo – Molo Mediceo e stazioni di rete regionale*

	via Costa	LI-Cappiello	LI-Carducci	LI-La Pira
Autunno	19	17	25	20
Inverno	9	11	12	11
Primavera	16	15	18	15
Estate	16	14	21	14
Annuale	15	14	19	15

*Tabella 3.1.3.3. Media di periodo – via Costa e stazioni di rete regionale*

Si osserva che, in generale, il livello medio di concentrazione del PM10 presso la postazione di Calata Bengasi è confrontabile con i livelli medi di concentrazione rilevati nello stesso periodo presso la stazione di traffico LI-Carducci per tutti i periodi di campionamento.

I livelli medi rilevati presso la postazione di via Costa e Molo Mediceo sono, invece, più simili ai valori riscontrati presso le stazioni di fondo di LI-Cappiello e LI-La Pira.

Di seguito vengono confrontate graficamente le serie dei dati rilevati presso le postazioni mobili e le stazioni di rete regionale in relazione all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, tra settembre 2019 e maggio 2021, e in relazione alle diverse stagionalità.

Nel primo caso la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana).

Come osservato per le campagne di monitoraggio, anche nel caso delle stazioni di rete regionale sono stati osservati contributi emissivi naturali alle concentrazioni di PM10 rilevate riferibili alle avvezioni sahariane di polveri; tali quote emissive hanno contribuito al raggiungimento di alcuni livelli massimi di concentrazione rilevati nel corso delle campagne di monitoraggio, in particolare:

Data	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	LI-Cappiello	LI-Carducci	LI-La Pira
20/12/2019	26	30	19
28/03/2020	94	97	93
29/03/2020	37	40	42
30/03/2020	24	31	26
18/04/2020	20	20	17
19/04/2020	18	19	13
14/05/2020	35	40	36
18/05/2020	22	26	22
19/05/2020	24	28	20
11/11/2020	27	36	30
27/02/2021	66	69	69

I livelli di concentrazione rilevati il 28 marzo 2020 e il 27 febbraio 2021 presso le stazioni di rete regionale e quelli rilevati il 14 maggio 2020 presso Calata Bengasi e il 27 febbraio 2021 presso il Molo Mediceo (Tabella 3.1.2.1) rappresentano anche i livelli massimi di concentrazione rilevati nel corso dell'intero periodo di campionamento delle campagne; nei grafici di seguito riportati verranno rappresentati i livelli massimi di concentrazione effettivamente rilevati nel corso del periodo di svolgimento delle campagne e i valori massimi immediatamente successivi, come livello di concentrazione, ai livelli massimi riscontrati in corrispondenza di fenomeni di avvezione sahariana di polveri.

Nel grafico successivo viene riportata, inoltre, l'indicazione del 90.4° percentile in quanto tale indice viene utilizzato, nel caso di misurazioni discontinue, per valutare il rispetto del valore limite del PM10; il valore del 90,4° percentile relativo all'intero periodo di campionamento dovrà essere inferiore o uguale a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

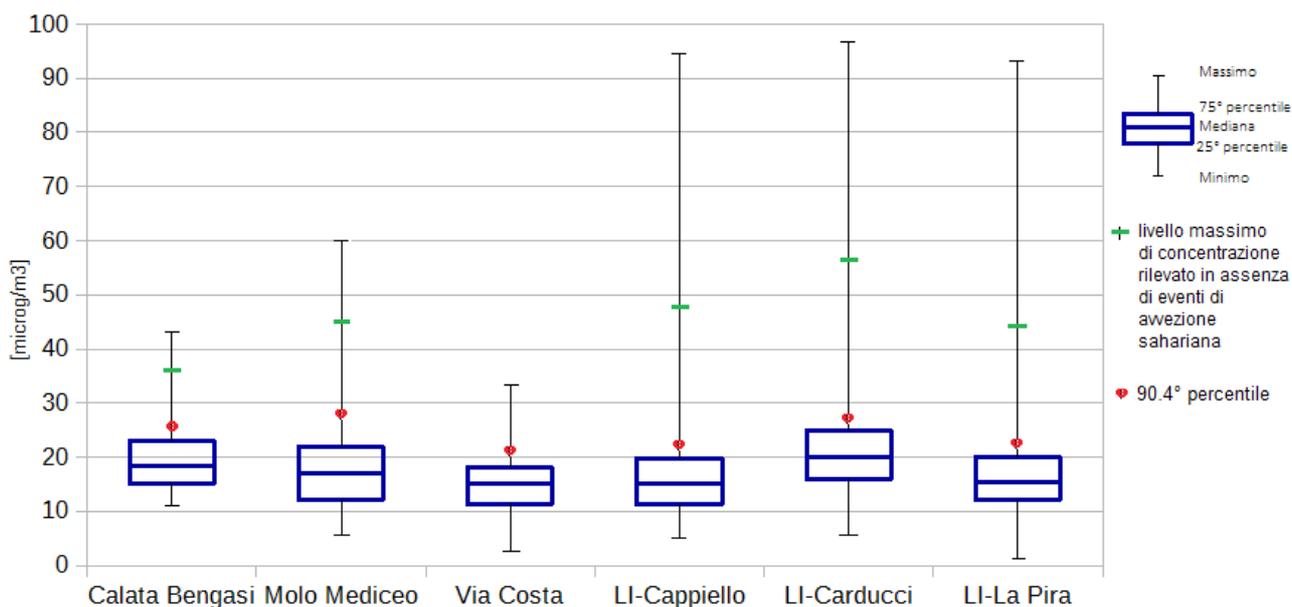


Grafico 3.1.3.1. PM10: confronto dati campagne – stazioni di rete regionale

Le medie giornaliere di concentrazione rilevate presso le postazioni di monitoraggio delle campagne presso il Molo Mediceo e in via Costa presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile, 90.4° percentile) molto simile a quello osservato presso le stazioni di fondo della rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno, sebbene i livelli di concentrazione rilevati presso il Molo Mediceo presentino un valore del 75° percentile maggiore.

I dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi, invece, presentano un valore per il 25° percentile, la mediana e il 75° percentile superiore rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e via Costa, più simile ai dati della stazione di traffico di LI-Carducci .

Si rilevano, inoltre, differenze nei dati di minimo e massimo che caratterizzano le diverse postazioni di monitoraggio in area portuale. La postazione di via Costa presenta dati di concentrazione minima e massima rilevati nel corso dell'intero periodo di monitoraggio inferiori rispetto ai siti di Bengasi e Molo Mediceo e livelli massimi di concentrazione inferiori anche rispetto alle stazioni di fondo della rete regionale, LI-Cappiello e LI-La Pira.

Il sito di Calata Bengasi è caratterizzato da livelli minimi di concentrazione superiori ai livelli minimi rilevati presso gli altri siti e presso le stazioni di rete regionale, anche presso la stazione di traffico di LI-Carducci, per tutti i periodi di campionamento.

Il sito di Molo Mediceo presenta livelli minimi e massimi di concentrazione paragonabili a quelli rilevati presso le stazioni di tipo fondo della rete regionale.

Per tutte le postazioni non è stato mai superato il limite normativo in quanto il valore del 90.4° percentile è sempre molto inferiore al limite di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Di seguito si riporta il grafico dei valori di media, minimo e massimo rilevati nel corso dei diversi periodi di campionamento presso le postazioni mobili e presso le centraline di rete regionale:

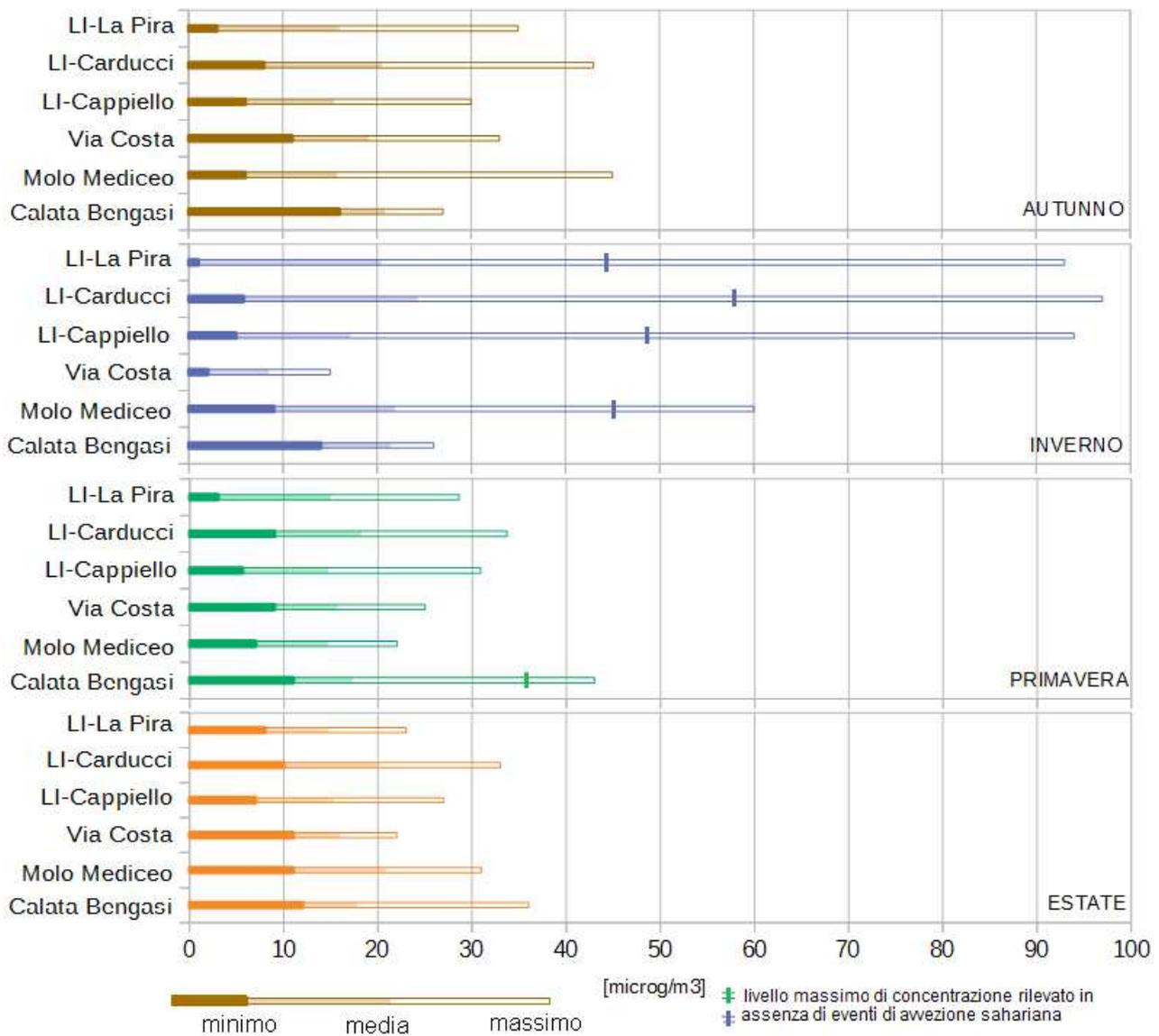


Grafico 3.1.3.2. PM10: confronto dati stagionali campagne – stazioni di rete regionale

Dal confronto dei dati rilevati nelle diverse stagioni, non considerando i livelli massimi di concentrazione rilevati in corrispondenza di fenomeni di avvezione di polveri sahariane, si osserva che la postazione di Calata Bengasi presenta nel periodo autunnale valori medi di concentrazione paragonabili alla stazione di traffico di rete regionale, tuttavia i livelli massimi di concentrazione osservati presso tale postazione sono simili a quelli rilevati presso le stazioni di tipo fondo della rete. I campionamenti effettuati presso tale postazione nel periodo primaverile ed estivo presentano valori medi inferiori rispetto ai periodi autunnale e invernale ma valori massimi superiori rispetto a questi due periodi, superiori anche ai livelli massimi rilevati presso la stazione di traffico di LI-Carducci.

I livelli massimi di concentrazione nel periodo autunnale, invernale rilevati presso la postazione del Molo Mediceo sono confrontabili con quelli della stazione di traffico di LI-Carducci mentre nel periodo estivo sono confrontabili a quelli della stazione di Carducci sia i valori medi che i massimi. Nel periodo primaverile, invece, i livelli riscontrati presso tale postazione sono simili a quelli delle stazioni di fondo della rete.

La postazione di via Costa che presenta per tutte le campagne valori dei livelli minimi, medi e massimi confrontabili con quelli delle stazioni di fondo della rete regionale.

I livelli più alti di concentrazione si rilevano per tutte le postazioni nel periodo invernale.

### 3.2. Polveri PM2,5

#### 3.2.1. I dati delle campagne di monitoraggio

Per quanto riguarda il PM2,5 la normativa indica come limite una media annuale di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , che è stata rispettata in tutti e quattro i periodi di indagine per tutte le postazioni di monitoraggio.

I campionamenti relativi al sito di **Calata Bengasi** hanno fornito i seguenti risultati:

PM2,5	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	18	13
Inverno	100%	22	11
Primavera	100%	14	9
Estate	100%	17	11
Annuale	100%	22	11

Tabella 3.2.1.1. Risultati PM2,5 indagine Calata Bengasi

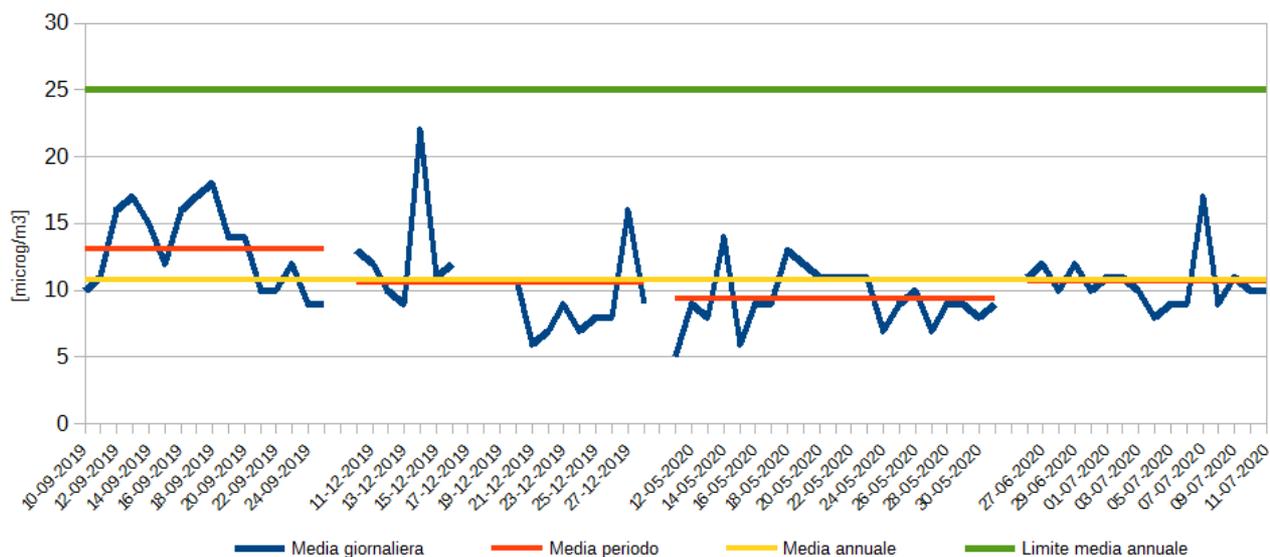


Grafico 3.2.1. Risultati PM2,5 indagine Calata Bengasi

La media annuale è inferiore al limite di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Confrontando i valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 registrati durante l'indagine in Calata Bengasi si nota che le percentuali medie della frazione più fine contenuta nel PM10 variano sensibilmente con il variare delle stagioni.

% PM2,5 nel PM10	Min	Media	Max
Autunno	43%	63%	79%
Inverno	27%	51%	92%
Primavera	30%	59%	85%
Estate	47%	61%	83%
Annuale	27%	58%	92%

Grafico 3.2.1.1. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Calata Bengasi

La percentuale più alta è stata raggiunta in inverno con il 92% del PM10 mediamente composto da PM2,5 e percentuali giornaliere medie pari al 51%. In generale, tutti i periodi sono stati caratterizzati da valori medi di frazione fine sempre superiori al 50%. I valori minimi più alti sono stati rilevati nel corso della campagna autunnale e estiva.

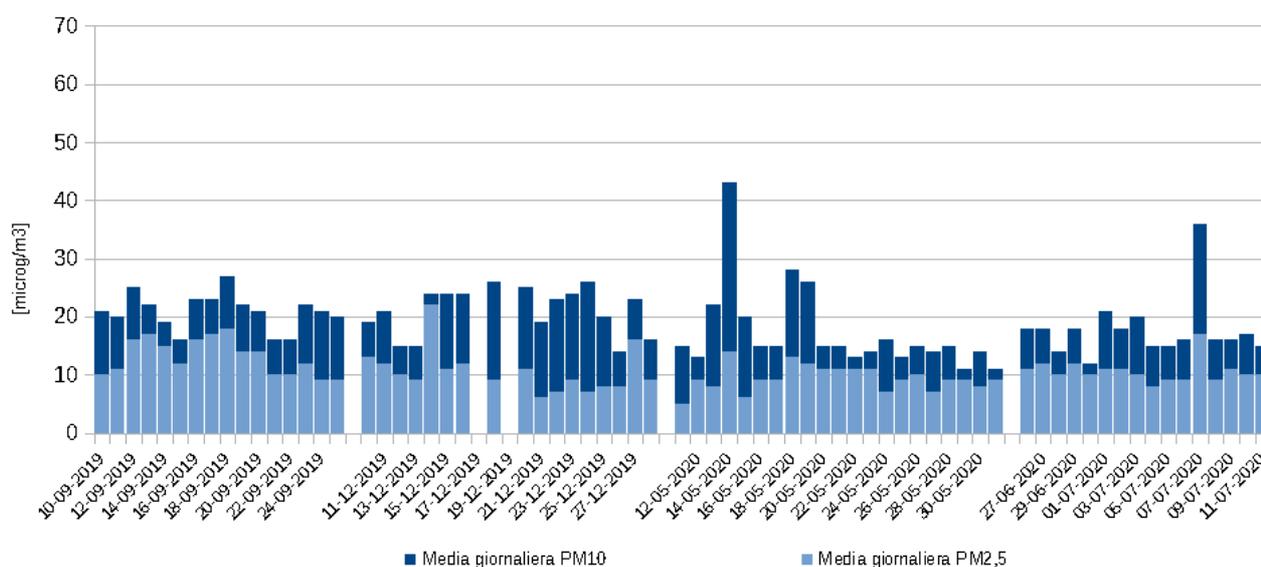


Grafico 3.2.1.2. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Calata Bengasi

I campionamenti relativi al sito del **Molo medico** hanno fornito i seguenti risultati:

PM2,5	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	28	11
Inverno	100%	23	12
Primavera	100%	13	8
Estate	100%	18	13
Annuale	100%	28	11

Tabella 3.2.1.2. Risultati PM2,5 indagine Molo Mediceo

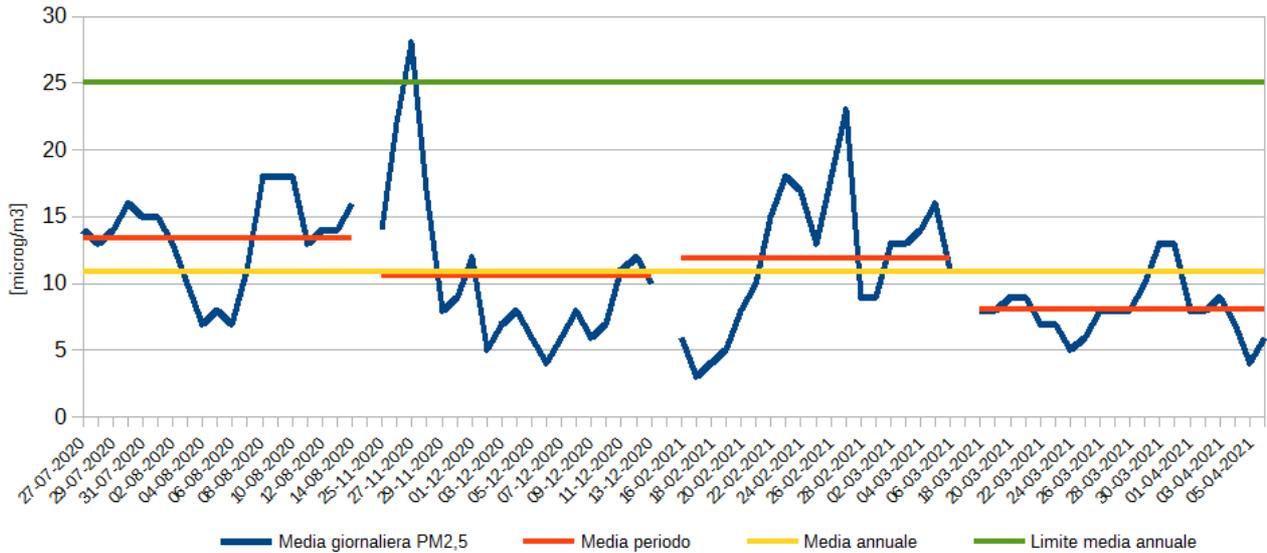


Grafico 3.2.1.3. Risultati PM2,5 indagine Molo Mediceo

I risultati del confronto dei valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 registrati durante l'indagine presso il Molo Mediceo sono riportati in tabella:

% PM2,5 nel PM10	Min	Media	Max
Autunno	32%	68%	100%
Inverno	33%	55%	69%
Primavera	35%	56%	82%
Estate	32%	65%	73%
Annuale	32%	61%	100%

Tabella 3.2.1.3. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Molo Mediceo

La percentuale più alta è stata raggiunta in inverno con il 100% del PM10 mediamente composto da PM2,5 e percentuali giornaliere medie pari al 68%. In generale, tutti i periodi sono stati caratterizzati da valori medi di frazione fine sempre superiori al 50%. I valori minimi della frazione di PM2,5 su PM10 non ha mostrato rilevanti variazioni nel corso della campagna.

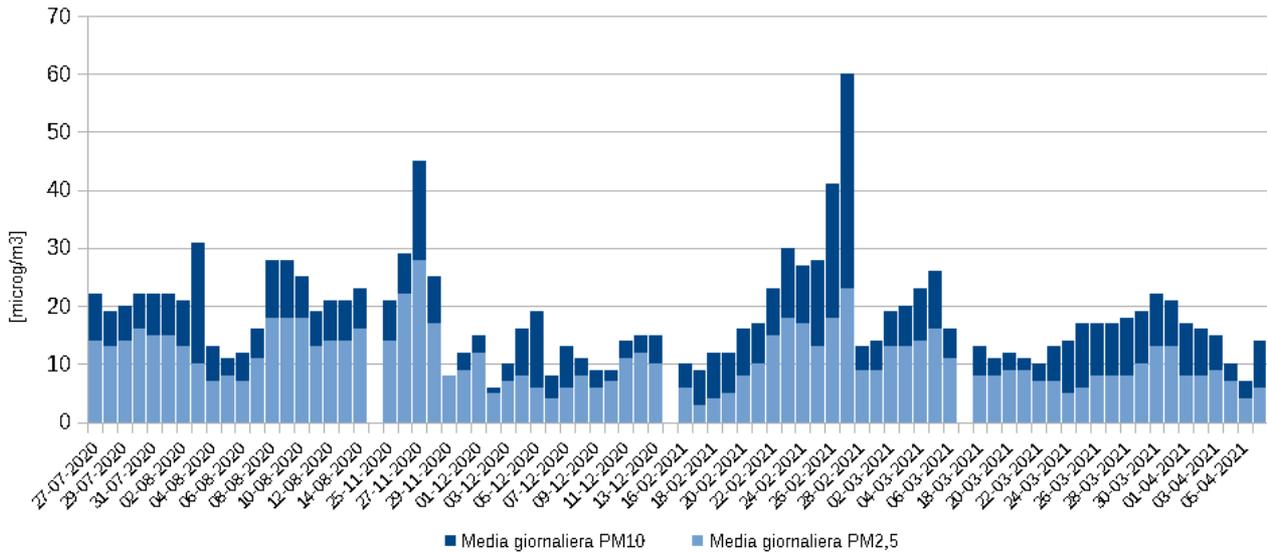


Grafico 3.2.1.4. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Molo Mediceo

I campionamenti relativi al sito di **Via Costa** hanno fornito i seguenti risultati:

PM2,5	Valori medi giornalieri validi	Massimo valore medio giornaliero ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	23	12
Inverno	100%	7	4
Primavera	100%	9	6
Estate	100%	12	8
Annuale	100%	23	8

Tabella 3.2.1.4. Risultati PM2,5 indagine Via Costa

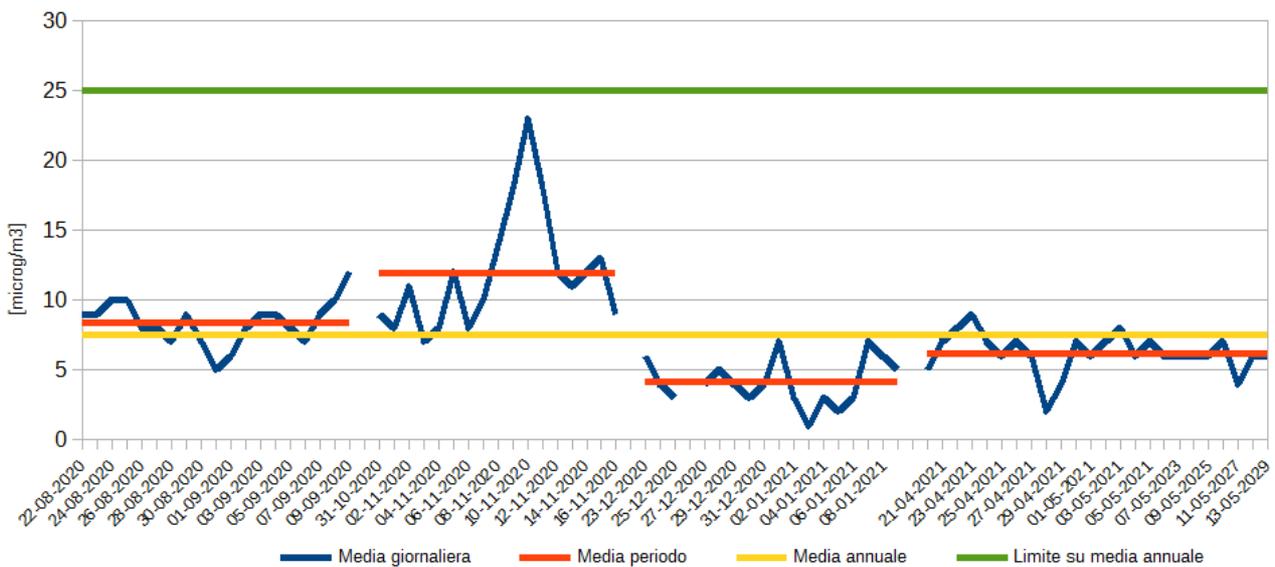


Grafico 3.2.1.5. Risultati PM2,5 indagine Via Costa

I risultati del confronto dei valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 registrati durante l'indagine in Via Costa sono riportati in tabella:

% PM2,5 nel PM10	Min	Media	Max
Autunno	47%	62%	74%
Inverno	14%	49%	78%
Primavera	22%	42%	69%
Estate	33%	54%	71%
Annuale	14%	51%	78%

Tabella 3.2.1.5. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Via Costa

La percentuale più alta è stata raggiunta in inverno con il 78% del PM10 mediamente composto da PM2,5 e percentuali giornaliere medie pari al 49%. Il periodo autunnale è stato caratterizzato, però, da valori mediamente più alti rispetto a quello invernale. In generale, tutti i periodi sono stati caratterizzati da valori medi di frazione fine sempre superiori al 40%.

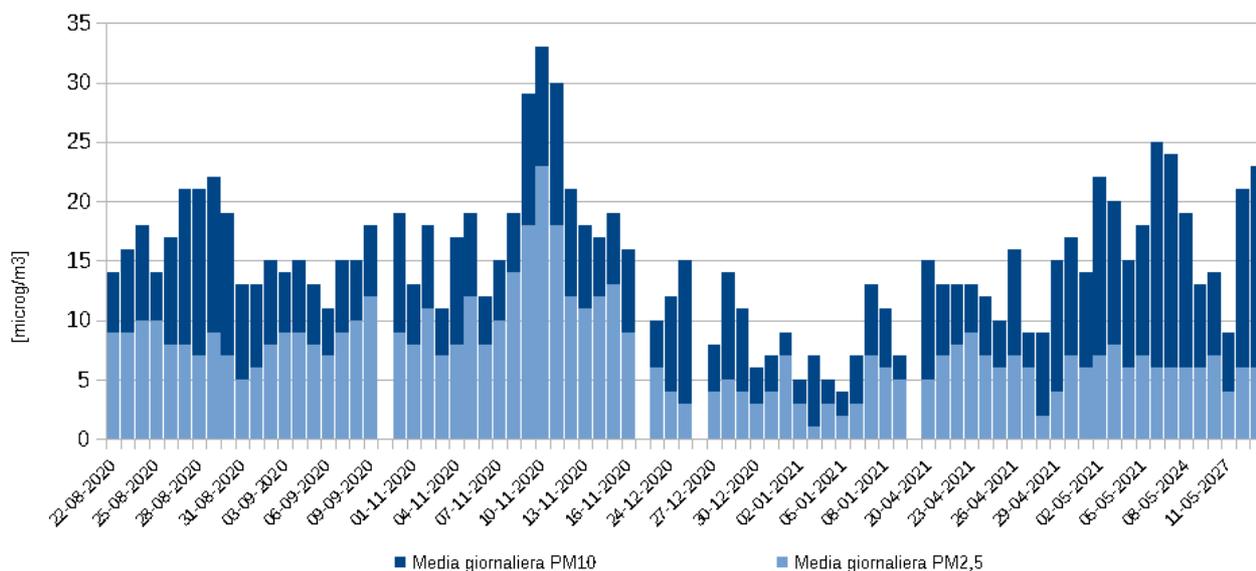


Grafico 3.2.1.6. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10 Via Costa

### 3.2.2. I confronti tra le campagne

Dal confronto dei livelli di concentrazione della frazione PM2,5 rispetto alla frazione PM10 non si osserva una forte variabilità stagionale della frazione PM2,5 rispetto a quella PM10 per tutte e tre le postazioni. I valori medi variano tra il 40% e il 60% per tutte le postazioni, ad eccezione del caso delle campagne estiva e autunnale presso il Molo Mediceo. I livelli più bassi sono stati rilevati presso il sito di via Costa nel periodo invernale e primaverile.

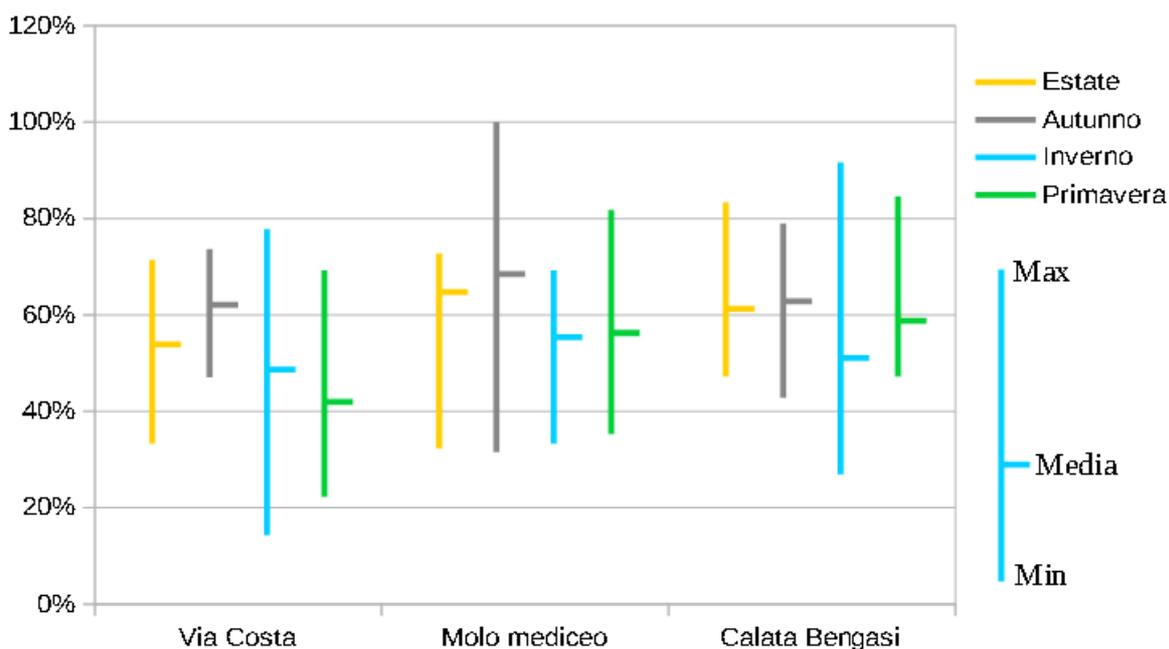


Grafico 3.2.2.1. Frazione di PM2,5 nel PM10: confronto risultati campagne

### 3.2.3 I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale

Vengono di seguito riportati i risultati dei confronti dell'incidenza della frazione PM2,5 sulla frazione PM10 rilevati nel corso dell'intero periodo di campionamento, tra settembre 2019 e maggio 2021, presso le postazioni mobili di monitoraggio e presso le centraline di rete regionale.

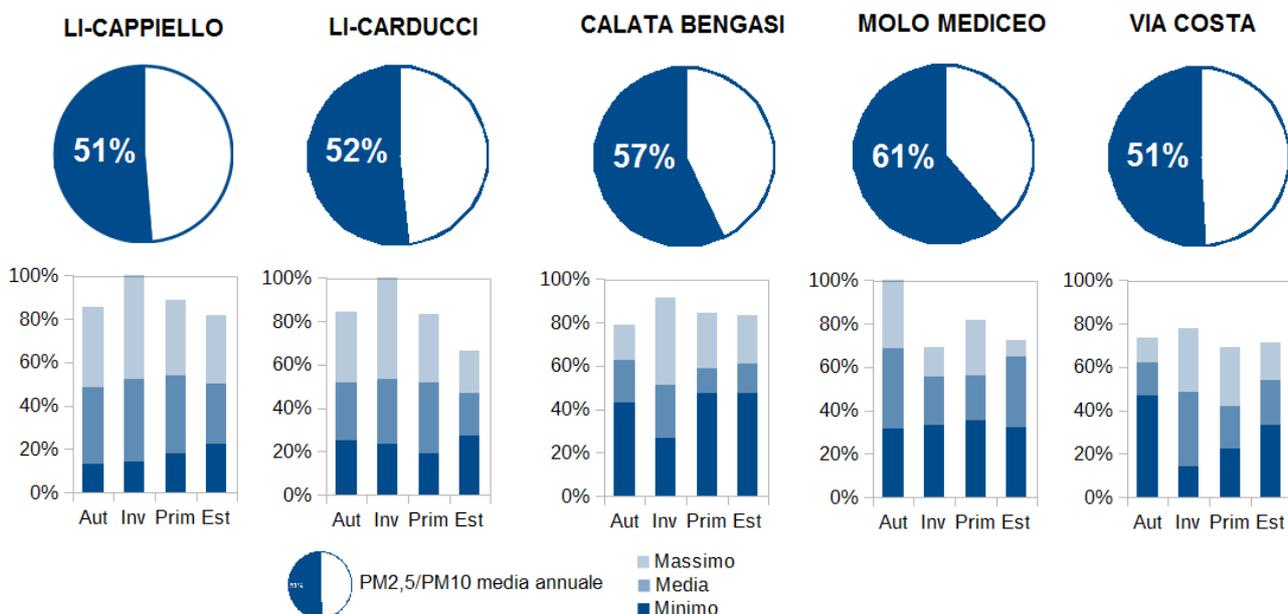


Grafico 3.2.3.1. Frazione di PM2,5 nel PM10: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale

L'incidenza media annuale della frazione PM<sub>2,5</sub> sulla frazione PM<sub>10</sub> campionata è circa pari al 50% per la postazione di via Costa e per entrambe le stazioni di rete regionale presso cui viene effettuato il monitoraggio del PM<sub>2,5</sub>, LI-Cappiello e LI-Carducci. Si osserva, invece, un'incidenza della frazione fine PM<sub>2,5</sub> superiore per le postazioni di Calata Bengasi e Molo Mediceo che presentano un'incidenza media annua del PM<sub>2,5</sub> pari a circa il 60%.

Per tutte e tre le postazioni mobili si osservano valori minimi di incidenza della frazione PM<sub>2,5</sub> sempre superiori rispetto alle due stazioni di rete regionale, fatta eccezione per il campionamento invernale in via Costa. Lo stesso si può osservare per i valori medi relativi alle postazioni di Calata Bengasi e Molo Mediceo per tutti i periodi di campionamento; livelli medi di incidenza superiori a quelli rilevati presso le stazioni di rete regionale si osservano solo nel periodo autunnale per il sito di via Costa. I valori massimi di incidenza, paragonabili per le postazioni di Molo Mediceo e Calata Bengasi rispetto alle stazioni fisse, sono sempre più bassi nel caso del sito di via Costa.

### 3.3. Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

#### 3.3.1. I dati delle campagne di monitoraggio

La normativa indica per il biossido di azoto due limiti normativi: una media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> ed un numero massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup>.

I campionamenti relativi al sito di **Calata Bengasi** hanno fornito i seguenti risultati:

NO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	98%	74	26
Inverno	98%	108	31
Primavera	94%	87	21
Estate	88%	80	21
Annuale	95%	108	25

Tabella 3.3.1.1. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Calata Bengasi

Come mostrano i dati in tabella, i valori di NO<sub>2</sub> registrati non hanno registrato in nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine alcun superamento del valore massimo orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, con massima media oraria registrata in inverno, pari a circa il 50% del valore di riferimento. Anche i valori medi sono stati contenuti in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine, con media complessiva di 25 µg/m<sup>3</sup>, pari poco più del 65% del limite. Durante la campagna invernale sono stati rilevati i valori medi e i valori medi orari più elevati.

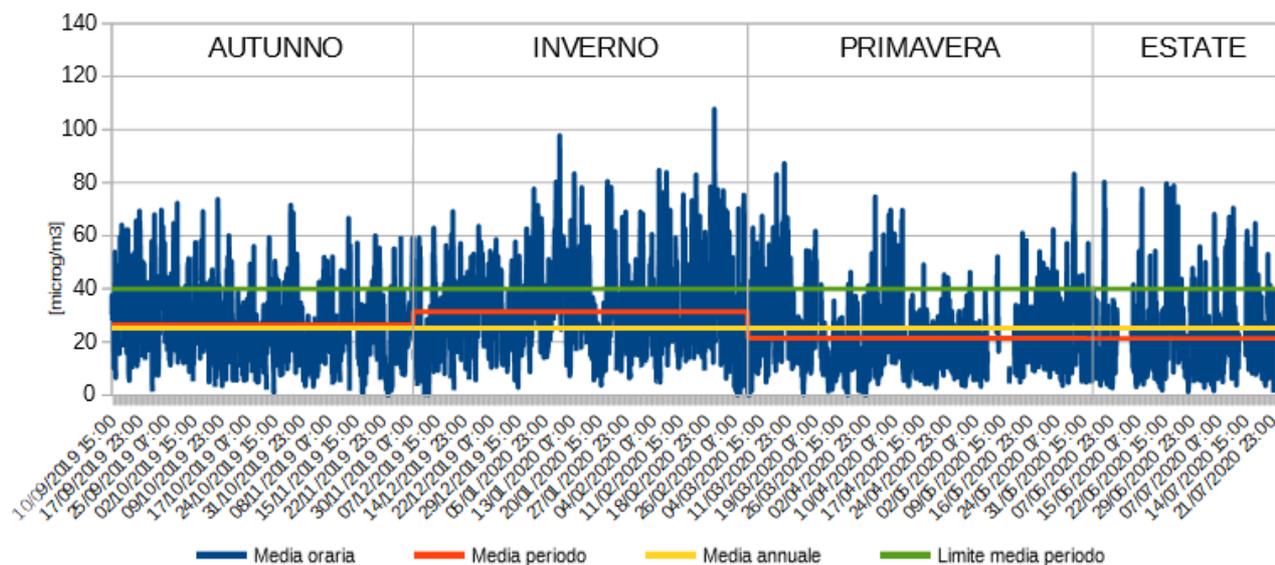


Grafico 3.3.1.1. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Calata Bengasi

I campionamenti relativi al sito di Spianata del **Molo Mediceo** hanno fornito i seguenti risultati:

NO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	99%	66	26
Inverno	99%	90	26
Primavera	98%	123	23
Estate	97%	78	19
Annuale	96%	123	24

Tabella 3.3.1.2. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Molo Mediceo

In nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine si è registrato alcun superamento del valore massimo orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, con massima media oraria registrata in primavera pari a circa il 60% del valore di riferimento. Anche i valori medi sono stati contenuti in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine, con media complessiva di 24 µg/m<sup>3</sup>, pari al 60% del limite. Analogamente a quanto avvenuto per la campagna effettuata nel primo sito, i valori medi più elevati sono stati registrati durante la campagna invernale, mentre i valori medi orari più elevati sono relativi alla campagna primaverile.

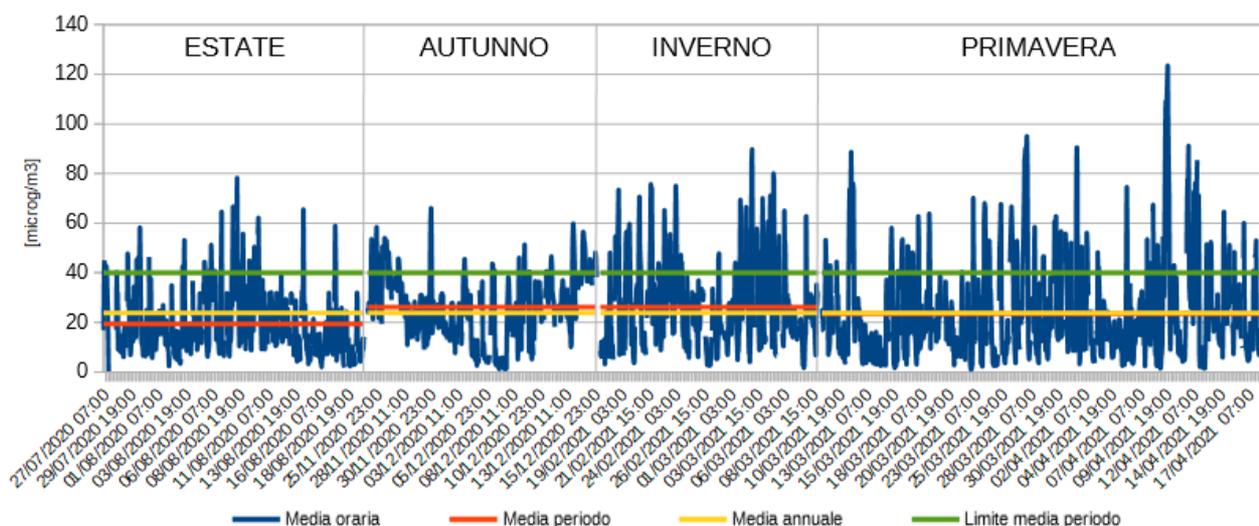


Grafico 3.3.1.2. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Molo Mediceo

I campionamenti relativi al sito di **via Costa** hanno fornito i seguenti risultati:

NO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	98%	59	21
Inverno	100%	69	20
Primavera	99%	102	20
Estate	99%	92	24
Annuale	99%	102	21

Tabella 3.3.1.3. Risultati NO<sub>2</sub> indagine Via Costa

In nessuno dei quattro periodi oggetto di indagine si è registrato alcun superamento del valore massimo orario di 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con massima media oraria registrata in primavera pari a circa il 50% del valore di riferimento. Anche i valori medi sono stati contenuti in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine, con media complessiva di 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pari al 50% del limite. A differenza di quanto rilevato per le campagne presso i primi due siti, i valori medi più elevati sono stati registrati durante la campagna estiva mentre, analogamente alle campagne di Calata Bengasi e Molo Mediceo, i valori medi orari più elevati sono relativi alla campagna primaverile.

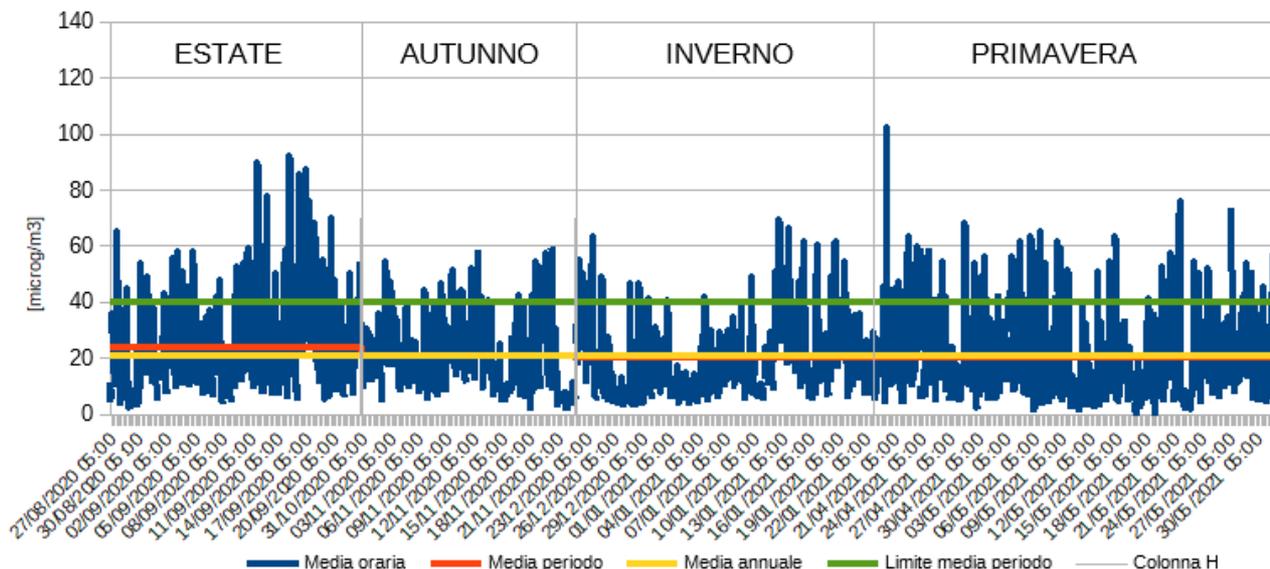


Grafico 3.3.1.3. Risultati  $\text{NO}_2$  indagine via Costa

### 3.3.2. I confronti tra le campagne

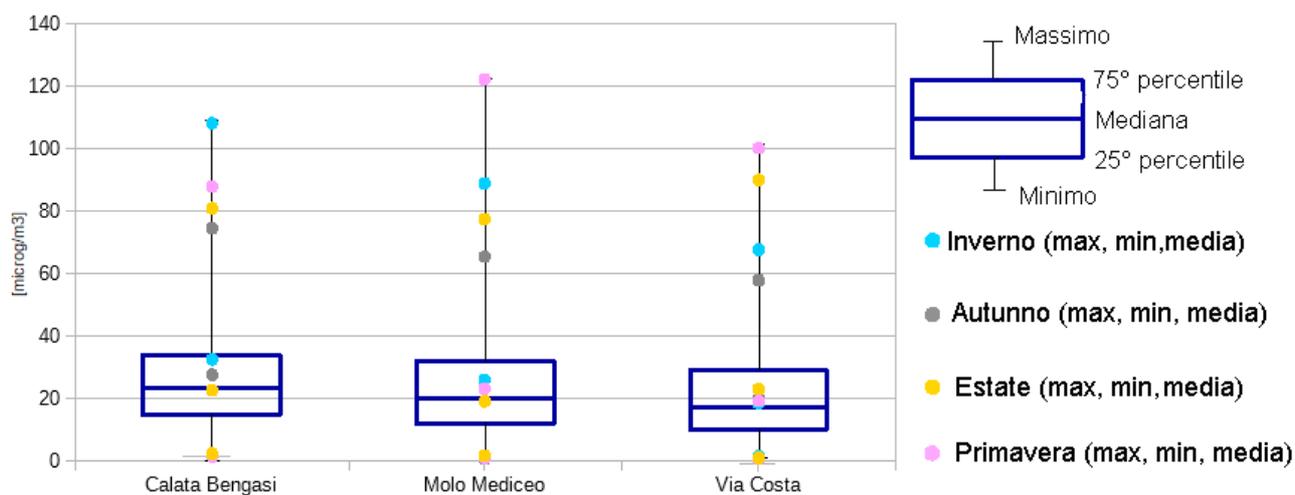
Nel grafico successivo sono state affiancate le distribuzioni dei dati rilevati nel corso dell'intero periodo di indagine presso le tre postazioni e i livelli medi, massimi e minimi rilevati nel corso delle quattro diverse campagne presso ciascun sito di monitoraggio.

Nonostante i periodi in cui i rilevamenti sono stati effettuati non coincidano, i valori di  $\text{NO}_2$  dei tre siti oggetto di indagine si mostrano molto simili attestando un panorama complessivo omogeneo.

Il sito del Molo Mediceo presenta una variabilità dei livelli di concentrazione più ampia rispetto alle altre due postazioni di misura, mentre presso il sito di Via Costa sono stati rilevati livelli di concentrazione in generale più bassi rispetto agli altri siti.

I livelli di concentrazione medi rilevati nel corso del monitoraggio non differiscono in modo sostanziale tra le tre postazioni.

Si osserva una diversa risposta stagionale dei tre siti: per il Molo mediceo e via Costa i livelli più alti di concentrazione del  $\text{NO}_2$  sono stati rilevati nel corso della campagna primaverile con valori massimi meno rilevanti per i periodi autunnale e invernale, mentre presso il sito di Calata Bengasi i livelli di concentrazione maggiori sono stati rilevati nel corso della campagna invernale.



Media oraria NO <sub>2</sub>	Calata Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa
Minimo	0	0	1
25° percentile	15	12	10
Mediana	23	20	17
75° percentile	34	31	29
Massimo	108	123	102

Grafico 3.3.2.1. Risultati NO<sub>2</sub> confronto tra i siti di indagine

### 3.3.3 I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale

I valori di NO<sub>2</sub> ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti nel periodo di svolgimento delle campagne dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di qualità dell'aria presenti nel territorio del Comune di Livorno.

Nei grafici di seguito riportati la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana). Essendo riportate in un unico grafico tutte le postazioni in area portuale, i dati di concentrazione delle stazioni di rete regionale utilizzati per il confronto sono quelli relativi all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, dal 10 Settembre 2019 al 31 Maggio 2021.

Dal grafico 3.3.3.1 si osserva che le medie orarie di concentrazione rilevate presso le postazioni di monitoraggio delle campagne presso il Molo Mediceo e in via Costa presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso le stazioni di fondo della rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno, sebbene inferiore al range dei dati rilevati presso la postazione di traffico di LI-Carducci.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi si differenzia rispetto a quella delle altre due postazioni in quanto presenta un valore per il 25° percentile, la mediana e il 75° percentile superiore rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e via Costa, più simile ai dati della stazione di traffico di LI-Carducci, in particolare in relazione a mediana e 25° percentile.

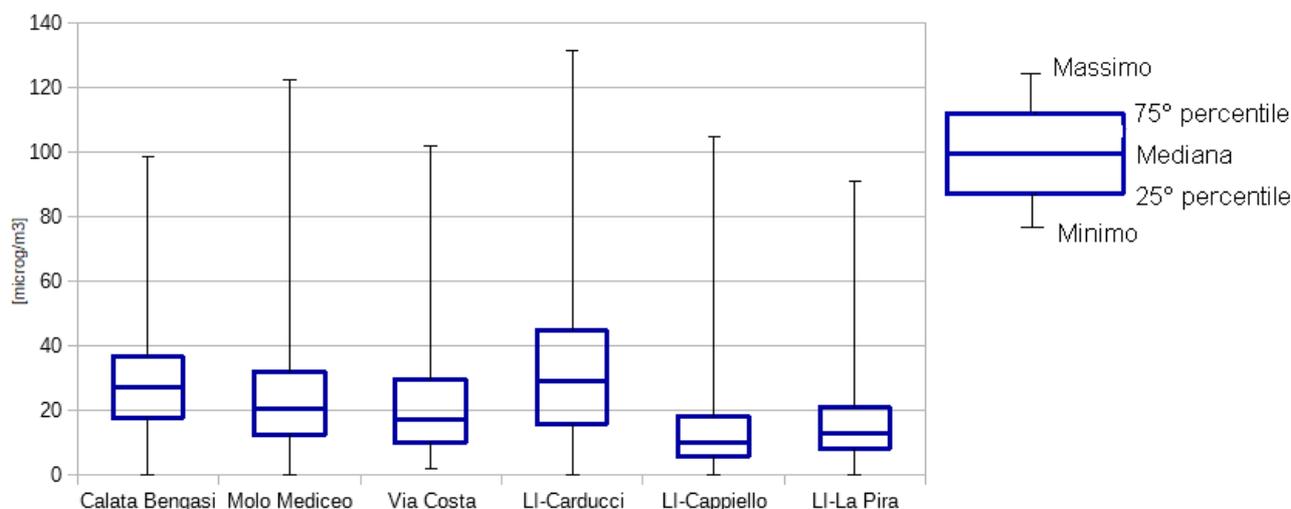
La postazione di via Costa presenta dati di concentrazione media e minima inferiori rispetto ai siti di Bengasi e Molo Mediceo e livelli massimi di concentrazione più simili a quelli delle stazioni di fondo della rete regionale, LI-Cappiello e LI-La Pira.

Il sito di Calata Bengasi è caratterizzato da livelli minimi di concentrazione superiori ai livelli minimi rilevati presso gli altri siti e presso le stazioni di rete regionale, anche presso la stazione di traffico di LI-Carducci.

Il sito di Molo Mediceo presenta una distribuzione dei dati di concentrazione paragonabile a quella osservata presso la postazione di via Costa ma livelli massimi di concentrazione superiori a quelli

delle altre postazioni in area portuale e paragonabili a quelli rilevati presso la stazione di tipo traffico della rete regionale.

Per tutte le postazioni non è stato mai superato il valore limite sulla media oraria di 200 µg/m<sup>3</sup>.



Media oraria NO <sub>2</sub>	Media oraria Calata Bengasi	Media oraria Molo Mediceo	Media oraria Via Costa	Media oraria LI-CARDUCCI	Media oraria LI-CAPPIELLO	Media oraria LI-LA PIRA
Minimo	0	0	2	0	0	0
25° percentile	18	12	10	16	6	8
Mediana	27	20	17	29	10	13
75° percentile	37	32	30	45	18	21
Massimo	98	123	102	132	104	93

*Grafico 3.3.3.1. NO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale*

Dal confronto dei dati rilevati nelle diverse stagioni (Grafico 3.3.3.2) si osserva che tutte e tre le postazioni in area portuale presentano nel periodo autunnale valori medi di concentrazione superiori alle stazioni di fondo di rete regionale, tuttavia i livelli massimi di concentrazione osservati presso tali postazioni sono inferiori a quelli rilevati presso tutte le stazioni della rete.

Negli altri periodi, invece, i valori della media e i livelli massimi stagionali delle postazioni in area portuale sono sempre superiori a quelli delle stazioni di fondo di rete regionale, fatta eccezione per via Costa nel periodo invernale, Il massimo rilevato nel periodo presso la postazione del Molo Mediceo risulta essere anche superiore a quello rilevato nei mesi primaverili del periodo di campionamento presso la stazione di traffico di LI-Carducci.

La postazione di via Costa che presenta per tutte le campagne valori dei livelli medi stagionali sempre inferiori a quelli rilevati presso le altre due postazioni; i livelli massimi stagionali risultano, invece superiori nel periodo primaverile (rispetto al Molo Mediceo) e estivo (rispetto ad entrambe le postazioni).

I livelli più bassi di concentrazione si rilevano per tutte le postazioni nel periodo estivo.

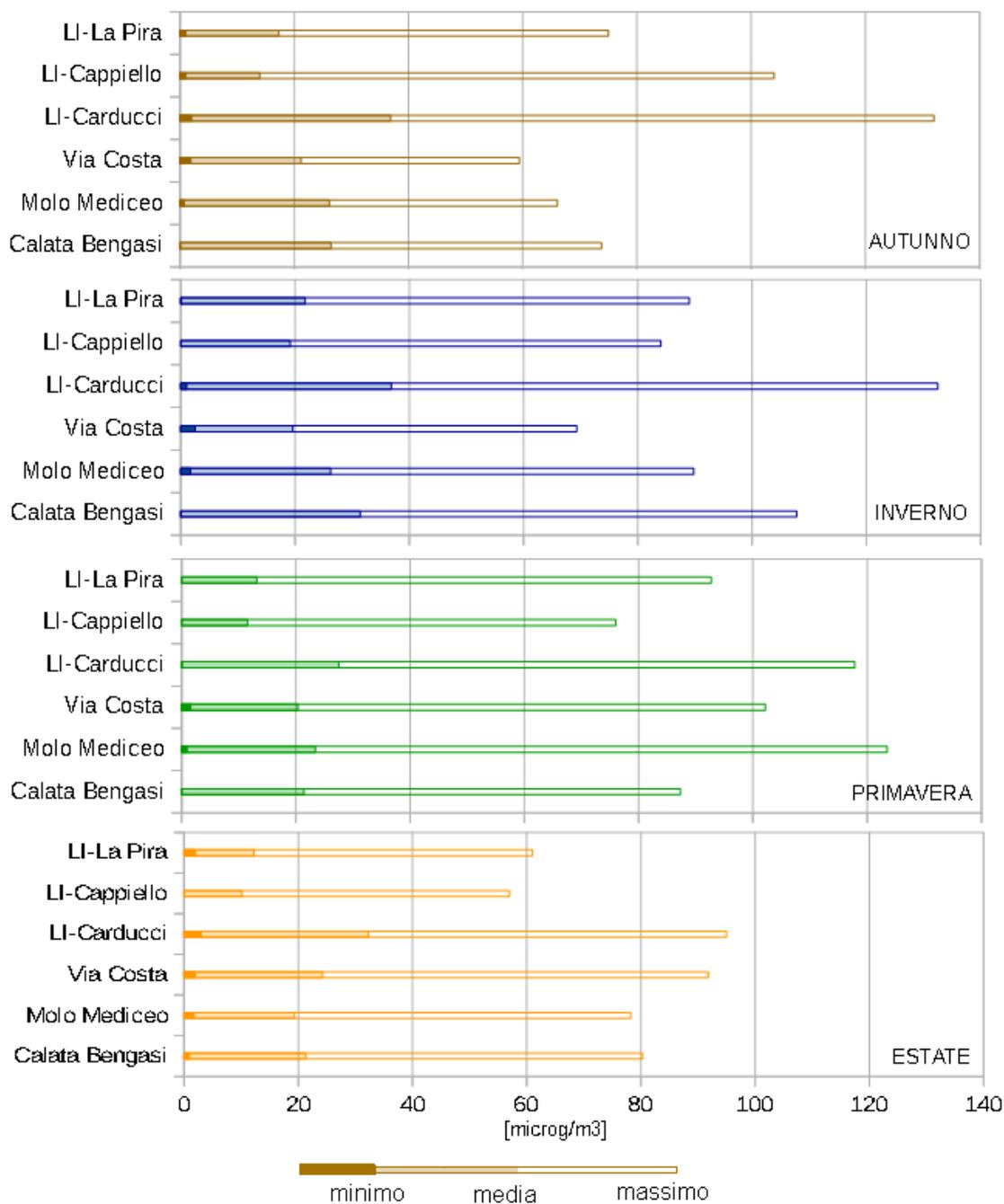


Grafico 3.3.3.2. NO<sub>2</sub>: confronto dati stagionali campagne – stazioni di rete regionale

Per completezza si riportano di seguito le tabelle di confronto tra le medie di periodo relative a ciascuna postazione con le medie relative ai dati rilevati presso le stazioni di rete regionale nello stesso periodo di svolgimento di ciascuna campagna.

	BENGASI	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA		MEDICEO	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno (10/09/19-30/11/20)	27	36	14	18	Autunno (25/11/20-15/12/20)	26	34	20	18
Inverno (01/12/19-29/02/20)	33	42	21	24	Inverno (17/02/21-08/03/21)	26	39	18	22
Primavera (01/03/20-31/05/20)	23	24	12	12	Primavera (09/03/21-18/04/21)	25	32	13	15
Estate (01/06/20-22/07/20)	24	31	9	12	Estate (27/07/20-19/08/20)	19	37	13	14
Annuale	27	31	15	17	Annuale	24	35	15	17

	COSTA	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno (31/10/20-22/11/20)	21	36	16	18
Inverno (22/12/20-22/01/21)	17	32	15	16
Primavera (19/04/21-31/05/21)	22	27	9	13
Estate (27/08/20-22/09/20)	24	41	13	14
Annuale	21	34	14	17

*Tabella 3.3.3.1. Media di periodo NO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in µg/m<sup>3</sup>)*

	BENGASI	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA		MEDICEO	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno (10/09/19-30/11/20)	74	124	104	69	Autunno (25/11/20-15/12/20)	66	120	63	68
Inverno (01/12/19-29/02/20)	98	128	84	89	Inverno (17/02/21-08/03/21)	90	118	73	93
Primavera (01/03/20-31/05/20)	83	109	76	76	Primavera (09/03/21-18/04/21)	123	118	72	84
Estate (01/06/20-22/07/20)	80	90	57	61	Estate (27/07/20-19/08/20)	78	95	50	45
Annuale	98	128	104	89	Annuale	123	120	73	93

	COSTA	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno (31/10/20-22/11/20)	59	114	65	75
Inverno (22/12/20-22/01/21)	69	132	72	70
Primavera (19/04/21-31/05/21)	102	112	68	60
Estate (27/08/20-22/09/20)	92	132	70	54
Annuale	102	132	72	75

*Tabella 3.3.3.2. Massima media oraria di periodo NO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in µg/m<sup>3</sup>)*

### 3.4. Monossido di carbonio (CO)

Il valore di riferimento che la normativa vigente indica per il monossido di carbonio è pari a 10 mg/m<sup>3</sup>, come media mobile di 8 ore, che non deve essere raggiunto o superato.

I campionamenti relativi al sito di **Calata Bengasi** hanno fornito i seguenti risultati:

CO	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massima media mobile su 8 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	6,4	1,4	0,3
Inverno	100%	5,9	1,1	0,4
Primavera	99%	1,1	0,9	0,4
Estate	100%	0,6	0,6	0,3
Annuale	100%	6,4	1,4	0,3

Tabella 3.4.1. Risultati CO indagine Calata Bengasi

I dati in tabella mostrano che in tutti e quattro i periodi oggetto di indagine sono state registrate concentrazioni molto contenute, con media mobile sulle 8 ore massima per l'intero periodo pari al 14% del limite di legge e livelli massimi orari molto bassi.

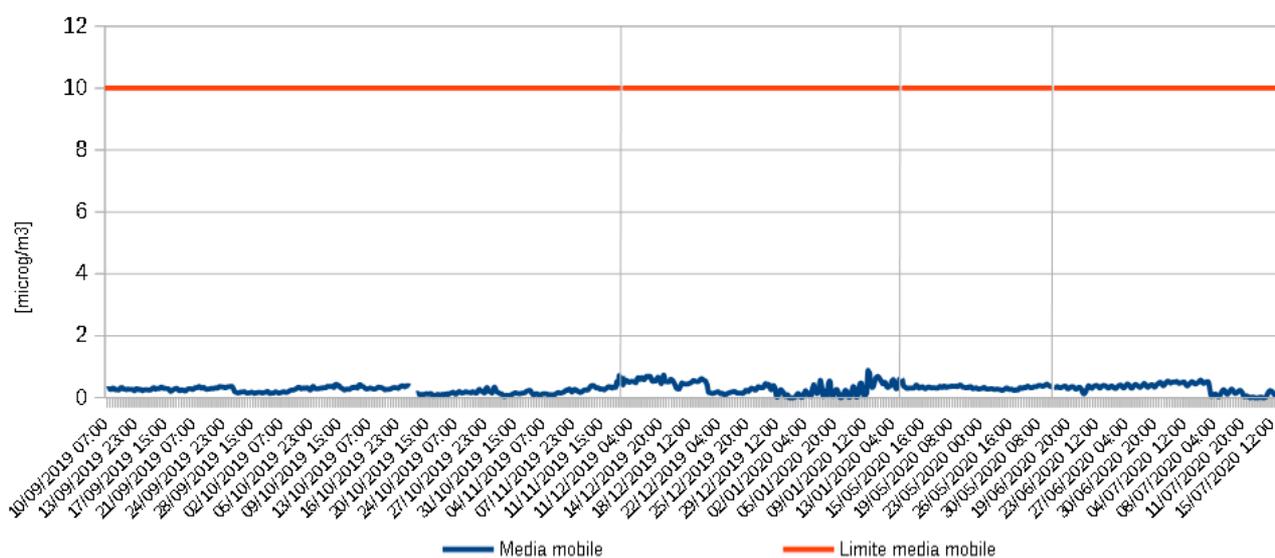


Grafico 3.4.1. Risultati CO indagine Calata Bengasi

I campionamenti relativi al sito di Spianata del **Molo Mediceo** hanno fornito i seguenti risultati:

CO	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massima media mobile su 8 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	100%	1,4	1,1	0,5
Inverno	100%	1,1	0,7	0,2
Primavera	99%	1,0	0,7	0,2
Estate	100%	1,1	0,5	0,3
Annuale	100%	1,4	1,1	0,3

Tabella 3.4.2. Risultati CO indagine Molo Mediceo

Anche presso il sito di Spianata del Molo Mediceo le registrazioni di monossido di carbonio hanno dato come risultato una media mobile sulle 8 ore massima dell'intero periodo pari al 12% del limite di legge e livelli massimi orari molto bassi.

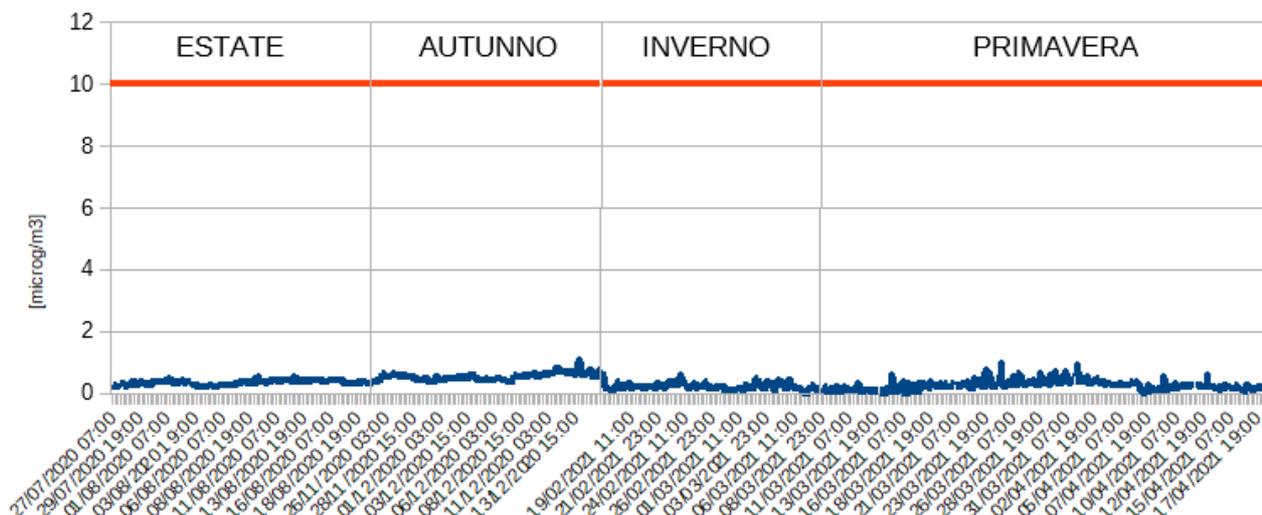


Grafico 3.4.2. Risultati CO indagine Molo Mediceo

I campionamenti relativi al sito di **via Costa** hanno fornito i seguenti risultati:

CO	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massima media mobile su 8 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	99%	1,7	1,0	0,3
Inverno	100%	2,0	1,3	0,7
Primavera	100%	1,1	0,6	0,4
Estate	98%	1,0	0,6	0,5
Annuale	100%	2,0	1,3	0,5

Tabella 3.4.3. Risultati CO indagine via Costa

Anche presso il sito di via Costa le registrazioni di monossido di carbonio hanno dato come risultato una media mobile sulle 8 ore massima dell'intero periodo pari al 13% del limite di legge e livelli massimi orari molto bassi.

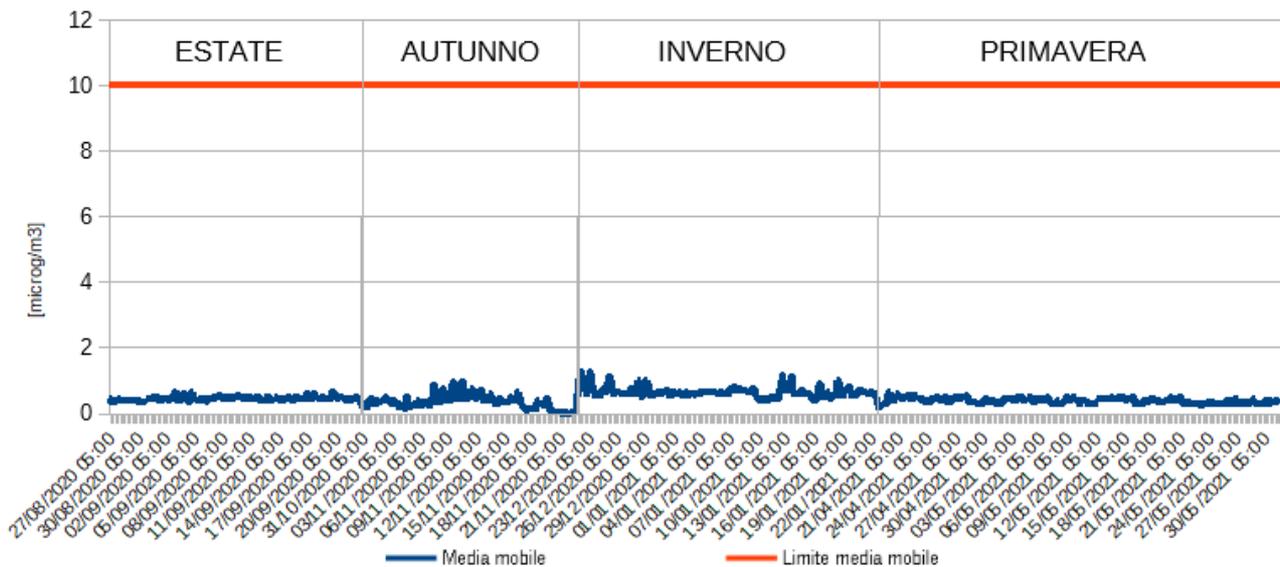


Grafico 3.4.3. Risultati CO indagine via Costa

Il panorama complessivo relativo alle concentrazioni di monossido di carbonio è molto positivo, con una situazione di omogeneità su concentrazioni di CO molto contenute in tutti i siti.

CO	Massima media mobile su 8 ore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa	Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa
Autunno	1,4	1,1	1,0	0,3	0,5	0,3
Inverno	1,1	0,7	1,3	0,4	0,2	0,7
Primavera	0,9	0,7	0,6	0,4	0,2	0,4
Estate	0,6	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5
Annuale	1,4	1,1	1,3	0,3	0,3	0,5

Tabella 3.4.4. Risultati CO confronto tra i siti

### 3.5. Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

#### 3.5.1. I dati delle campagne di monitoraggio

La normativa indica per il biossido di zolfo due limiti normativi: un numero massimo di 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m<sup>3</sup> ed un numero massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m<sup>3</sup> nell'arco dell'anno.

I campionamenti relativi al sito di **Calata Bengasi** hanno fornito i seguenti risultati:

SO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo valore medio giornaliero del periodo (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	100%	91,3	9,4	2,7
Inverno	99%	41,9	6,4	2,3
Primavera	98%	21,2	4,8	1,6
Estate	98%	7,2	3,0	0,7
Annuale	99%	91,3	9,4	1,8

Tabella 3.5.1.1. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Calata Bengasi

Nel corso della campagna non è stato rilevato alcun superamento del valore medio orario di 350 µg/m<sup>3</sup> e i valori di media giornaliera sono rimasti sempre al di sotto del limite di legge.

Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine; i valori più alti sono stati rilevati nei periodi autunnale e invernale con picco massimo di 91,3 µg/m<sup>3</sup> registrato in autunno, mentre in primavera e estate i valori rilevati sono più contenuti. Le massime medie giornaliere hanno assunto valori molto bassi per tutte le stagioni.

Nel periodo di campionamento estivo sono state rilevate medie stagionali sensibilmente inferiori alla media dell'intero periodo di indagine.

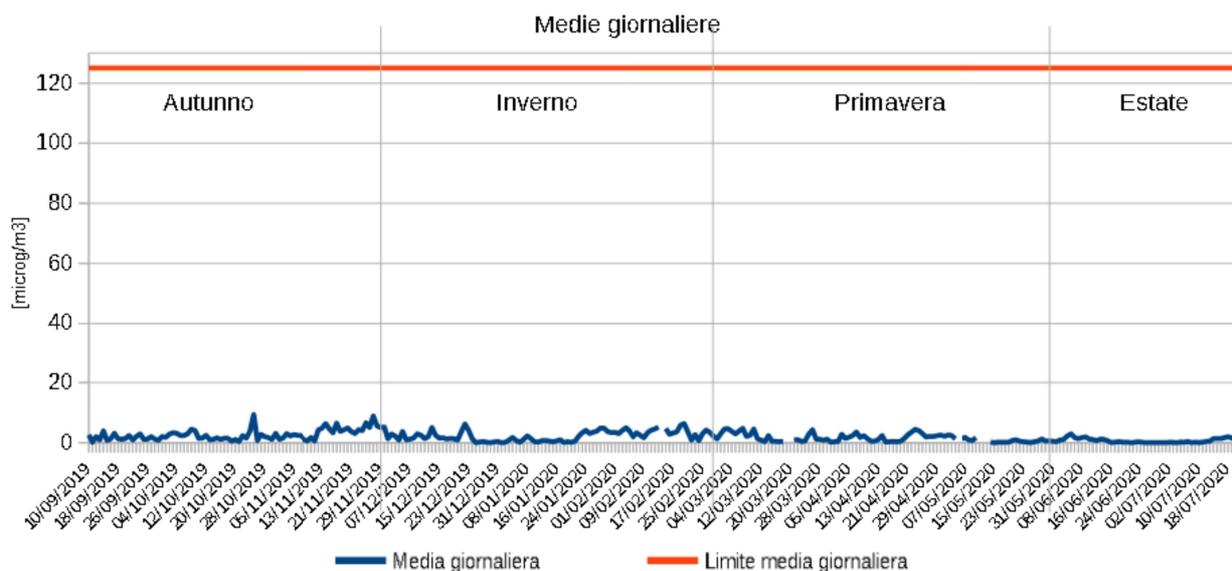


Grafico 3.5.1.1. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Calata Bengasi

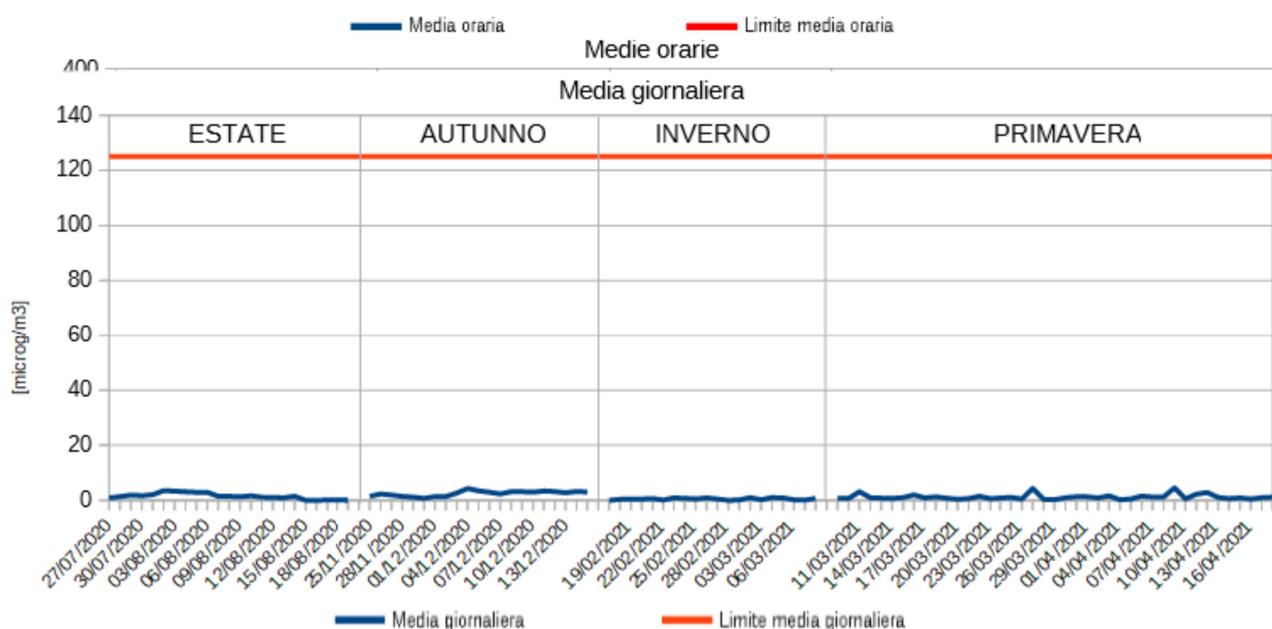
I campionamenti relativi al sito del **Molo Mediceo** hanno fornito i seguenti risultati:

SO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo valore medio giornaliero del periodo (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	94%	7	4,3	2,5
Inverno	100%	13	1,0	0,5
Primavera	99%	14	4,6	1,3
Estate	84%	10	3,6	1,5
Annuale	94%	14	4,6	1,5

*Tabella 3.5.1.2. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Molo Mediceo*

Come si può osservare dalla tabella 3.5.2. i limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda le massime medie orarie, non è stata rilevata una variazione evidente a seconda del periodo di indagine, fatta eccezione per il periodo autunnale nel corso del quale i livelli massimi di concentrazione oraria registrati sono inferiori rispetto a quelli osservati negli altri periodi e per il periodo invernale che presenta livelli massimi della media giornaliera molto bassi. Il valore massimo rilevato è pari a 14 ug/m<sup>3</sup> ed è stato registrato durante la campagna primaverile. Le massime medie giornaliere sono state contenute in tutte e quattro le campagne, con media invernale inferiore rispetto alle medie rilevate nel corso delle altre campagne.



*Grafico 3.5.1.2. Risultati SO<sub>2</sub> indagine Molo Mediceo*

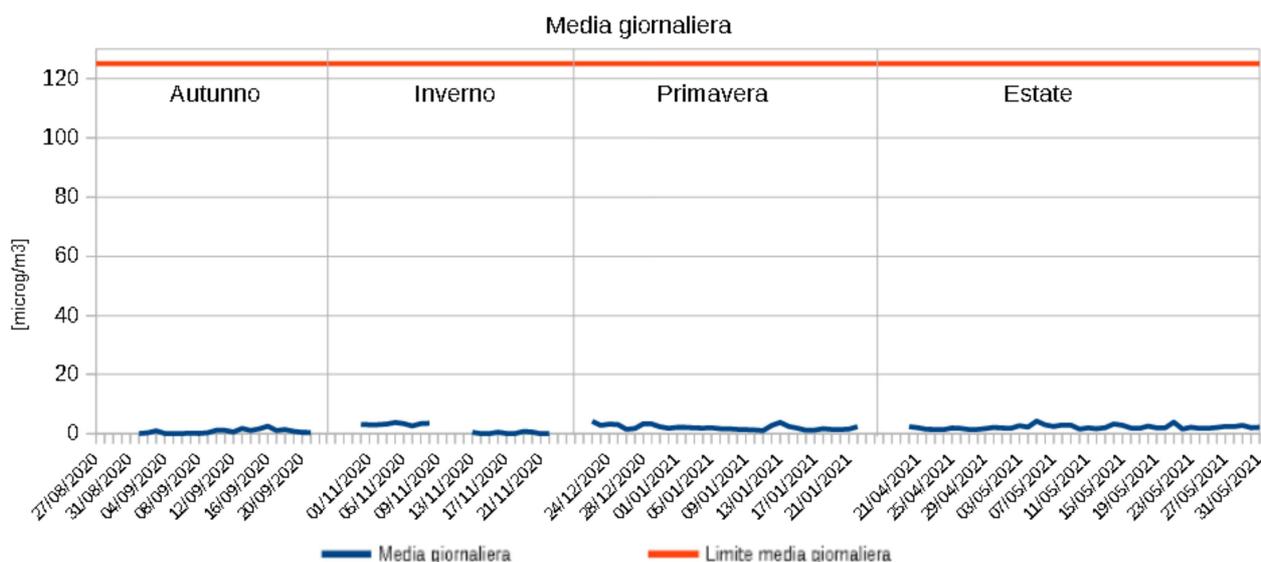
I campionamenti relativi al sito di **via Costa** hanno fornito i seguenti risultati:

SO <sub>2</sub>	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo valore medio giornaliero del periodo (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	80%	6	3,9	1,7
Inverno	100%	14	4,2	2,2
Primavera	99%	25	4,3	2,1
Estate	80%	10	8,8	0,9
Annuale	92%	25	8,8	1,8

*Tabella 3.5.1.3. Risultati SO<sub>2</sub> indagine via Costa*

Come si può osservare dalla tabella 3.5.3. i limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda le massime medie orarie, si rileva una variazione evidente a seconda del periodo di indagine con valori massimi di concentrazione oraria nel periodo primaverile e valori massimi delle medie giornaliere nel periodo estivo. Il valore massimo rilevato è pari a 25 µg/m<sup>3</sup> ed è stato registrato durante la campagna primaverile. Le massime medie giornaliere sono state contenute in tutte e quattro le campagne, con media estiva inferiore rispetto alle medie rilevate nel corso delle altre campagne.



*Grafico 3.5.1.3. Risultati SO<sub>2</sub> indagine via Costa*

### 3.5.2. I confronti tra le campagne

Nel grafico successivo sono state affiancate le distribuzioni dei dati rilevati nel corso dell'intero periodo di indagine presso le tre postazioni e i livelli medi, massimi e minimi rilevati nel corso delle quattro diverse campagne presso ciascun sito di monitoraggio.

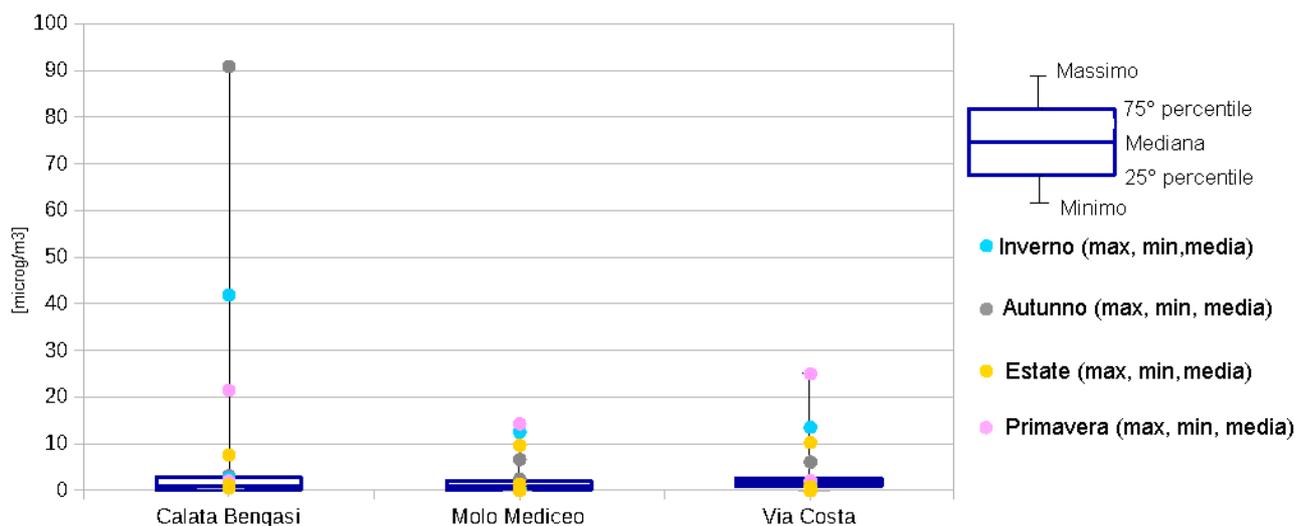
Nonostante i periodi in cui i rilevamenti sono stati effettuati non coincidano, i valori di SO<sub>2</sub> compresi tra 25° e 75° percentile dei tre siti oggetto di indagine si mostrano molto simili attestando un

panorama complessivo omogeneo. I livelli di concentrazione medi rilevati nel corso del monitoraggio non differiscono in modo sostanziale tra le tre postazioni.

Il sito di Calata Bengasi presenta una variabilità dei livelli di concentrazione più ampia rispetto alle altre due postazioni di misura; presso tale postazione sono stati rilevati livelli massimi di concentrazione nel periodo autunnale e invernale molto superiori rispetto a quelli rilevati presso le altre postazioni in tutti i periodi di campionamento.

Escludendo gli episodi di picco rilevati presso Calata Bengasi in autunno e inverno, livelli di concentrazione mediamente più alti sono stati rilevati presso il sito di Via Costa.

Fatta eccezione per il periodo invernale durante il quale sono stati rilevati livelli di concentrazione tra i più elevati per tutte le postazioni, si osserva una diversa risposta stagionale dei tre siti: per il Molo medico e via Costa i livelli più alti di concentrazione del SO<sub>2</sub> sono stati rilevati nel corso della campagna primaverile con valori massimi meno rilevanti per i periodi autunnale e invernale, mentre presso il sito di Calata Bengasi i livelli di concentrazione maggiori sono stati rilevati nel corso della campagna autunnale.



	Calata Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa
Minimo	0,0	0,0	0,0
25° percentile	0,1	0,2	0,8
Mediana	0,9	0,9	1,6
75° percentile	2,8	2,1	2,5
Massimo	91,3	14,5	25,3

Grafico 3.5.2.1. Risultati SO<sub>2</sub> confronto tra i siti di indagine

### 3.5.3 I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale

I valori di SO<sub>2</sub> ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti nel periodo di svolgimento delle campagne dalla stazione di LI-La Pira, unica stazione di rete regionale nel comune di Livorno presso la quale viene monitorato il biossido di zolfo.

Nei grafici di seguito riportati la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana). Essendo riportate in un unico grafico tutte le postazioni in area portuale, i dati di concentrazione delle stazioni di rete regionale utilizzati per il confronto sono quelli relativi all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, dal 10 Settembre 2019 al 31 Maggio 2021.

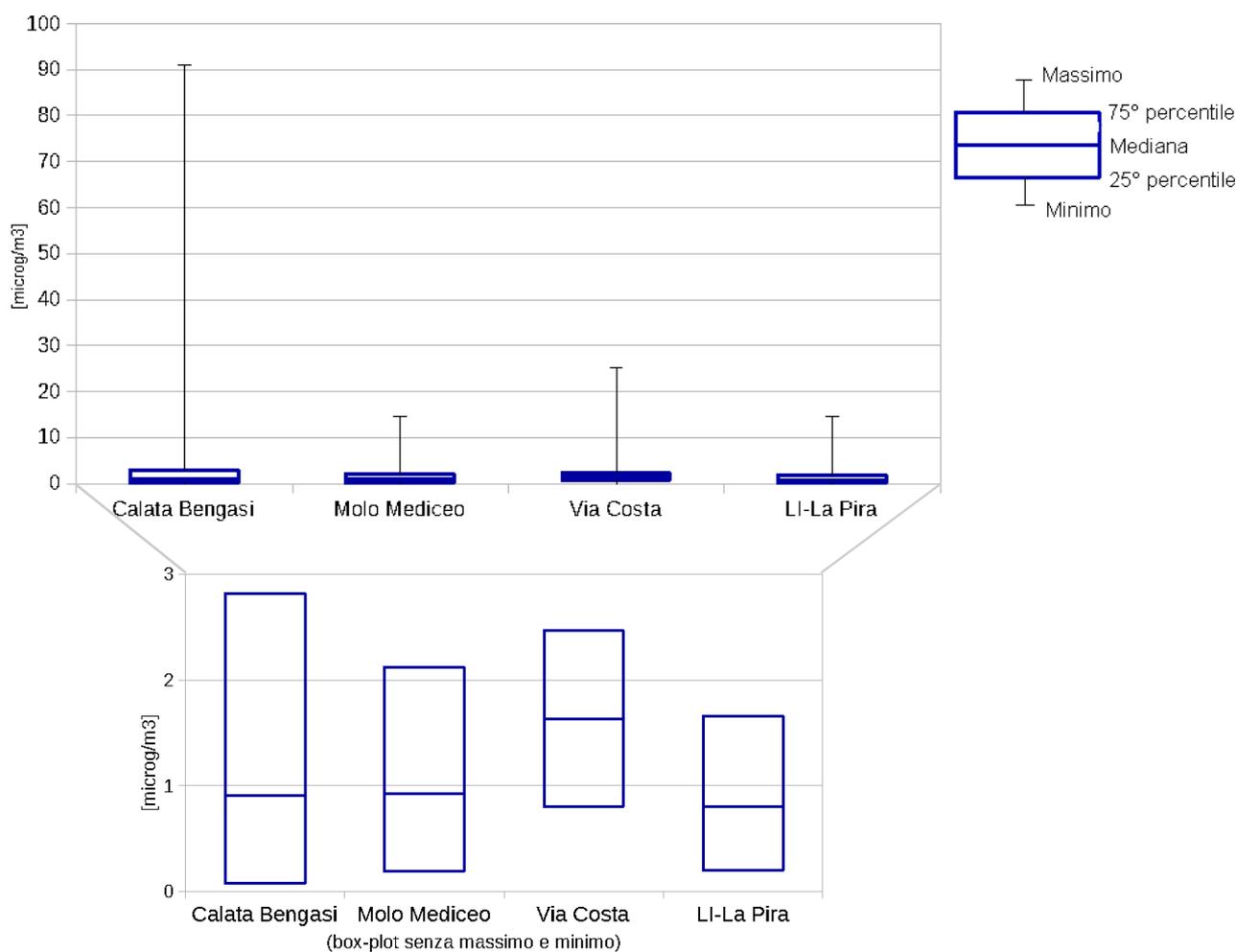
Dal grafico 3.5.3.1 si osserva che le medie orarie di concentrazione rilevate presso le postazioni di monitoraggio delle campagne in area portuale presentano in generale un range di variabilità (25°

percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso la stazione di fondo di LI-La Pira e con valori del 75° percentile più alti della stazione di La Pira, ma con valori della mediana confrontabili a quelli di questa stazione di monitoraggio.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi si differenzia rispetto a quella delle altre due postazioni in quanto presenta un valore per il 75° percentile e per il livello massimo di concentrazione rilevato superiore rispetto alle altre postazioni in area portuale e alla stazione di LI-La Pira.

La postazione di via Costa presenta dati di concentrazione media e minima superiori rispetto ai siti di Bengasi e Molo Mediceo e livelli massimi di concentrazione più simili a quelli delle altre postazioni in area portuale e alla stazioni di fondo di La Pira.

Il sito di Molo Mediceo è il sito in area portuale con il range di variazione dei dati più simile a quello della stazione di La Pira sebbene, come già osservato anche per le altre postazioni, con un valore del 75° percentile ad essa superiore.



	<b>Calata Bengasi</b>	<b>Molo Mediceo</b>	<b>Via Costa</b>	<b>LI-La Pira</b>
<b>Minimo</b>	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>25° percentile</b>	0,1	0,2	0,8	0,2
<b>Mediana</b>	0,9	0,9	1,6	0,8
<b>75° percentile</b>	2,8	2,1	2,5	1,7
<b>Massimo</b>	91,3	14,5	25,3	13,7

*Grafico 3.5.3.1. SO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale*

Dal confronto dei dati rilevati nelle diverse stagioni (Grafico 3.5.3.2) si osserva che in generale tutte le postazioni in area portuale presentano valori medi di concentrazione superiori alle stazioni di LI-La Pira; fanno eccezione le postazioni del Molo medico e di Calata Bengasi che rispettivamente nei periodi inverno-primavera e primavera-estate presentano medie di poco inferiori a quelle rilevate presso LI-La Pira,

I livelli massimi stagionali delle postazioni in area portuale sono sempre superiori alla stazione di LI-La Pira ad eccezione del periodo autunnale in cui presso via Costa e Molo medico sono stati rilevati livelli massimi di concentrazione inferiori.

Nel periodo autunnale e invernale presso la postazione di Calata Bengasi sono stati rilevati valori massimi di concentrazione di entità rilevante, 20 e 30 volte superiori ai livelli medi stagionali.

I livelli più bassi di concentrazione si rilevano per tutte le postazioni nel periodo estivo.

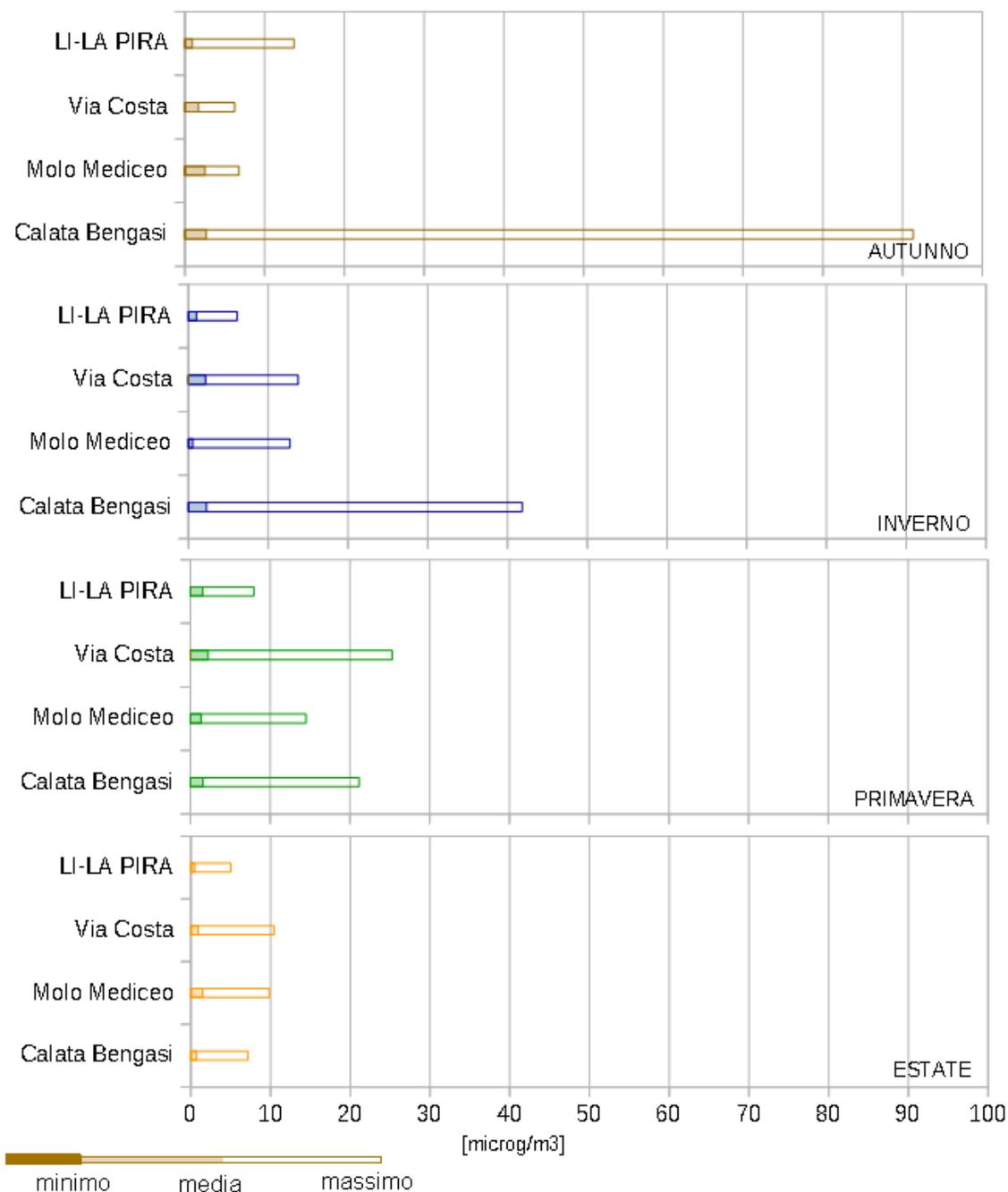


Grafico 3.5.3.2. SO<sub>2</sub>: confronto dati stagionali campagne – stazioni di rete regionale

Per completezza si riportano di seguito le tabelle di confronto tra i valori massimi e le medie di periodo relative a ciascuna postazione con le medie relative ai dati rilevati presso le stazioni di rete regionale nello stesso periodo di svolgimento di ciascuna campagna.

	<b>BENGASI</b>	<b>LI-LA PIRA</b>		<b>MEDICEO</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	2,7	1,0	Autunno	2,5	0,6
Inverno	2,3	0,8	Inverno	0,5	1,8
Primavera	1,6	0,5	Primavera	1,3	1,5
Estate	0,7	1,1	Estate	1,5	2,5
Annuale	1,8	0,8	Annuale	1,5	1,0

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	1,7	0,1
Inverno	2,1	0,7
Primavera	2,2	2,7
Estate	0,9	0,8
Annuale	1,7	1,1

*Tabella 3.5.3.1. Media di periodo SO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

	<b>BENGASI</b>	<b>LI-LA PIRA</b>		<b>MEDICEO</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	91,3	13,7	Autunno	6,8	2,3
Inverno	41,9	6,2	Inverno	12,7	6,6
Primavera	21,2	5,0	Primavera	14,5	8,0
Estate	7,2	4,1	Estate	9,8	6,1
Annuale	91,3	13,7	Annuale	14,5	8,0

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	6,2	2,1
Inverno	13,7	2,7
Primavera	25,3	5,9
Estate	10,4	4,9
Annuale	25,3	5,9

*Tabella 3.5.3.2. Massima media oraria di periodo SO<sub>2</sub>: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

### 3.6 Benzene

#### 3.6.1. I dati delle campagne di monitoraggio

Il parametro normativo di riferimento per il benzene riguarda la media annuale che non deve superare il valore di 5 µg/m<sup>3</sup>.

Di seguito vengono riportati i risultati della campagna presso il sito di **Calata Bengasi**:

Benzene	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo valore medio giornaliero del periodo (µg/m <sup>3</sup> )	Media periodo (µg/m <sup>3</sup> )
Autunno	73%	6,5	1,2	0,4
Inverno	88%	12,4	2,6	1,0
Primavera	38%	20,6	4,7	0,4
Estate	92%	2,0	0,3	0,2
Annuale	70%	20,6	4,7	0,5

Tabella 3.6.1.1. Risultati Benzene indagine Calata Bengasi

Nel corso della campagna non è stato rilevato alcun superamento del valore medio annuale di 5 µg/m<sup>3</sup>. Il valore medio dell'intero periodo di campionamento è pari al 10% del limite; in ogni stagione i valori medi di periodo sono stati molto contenuti, sempre inferiori al limite di riferimento annuale.

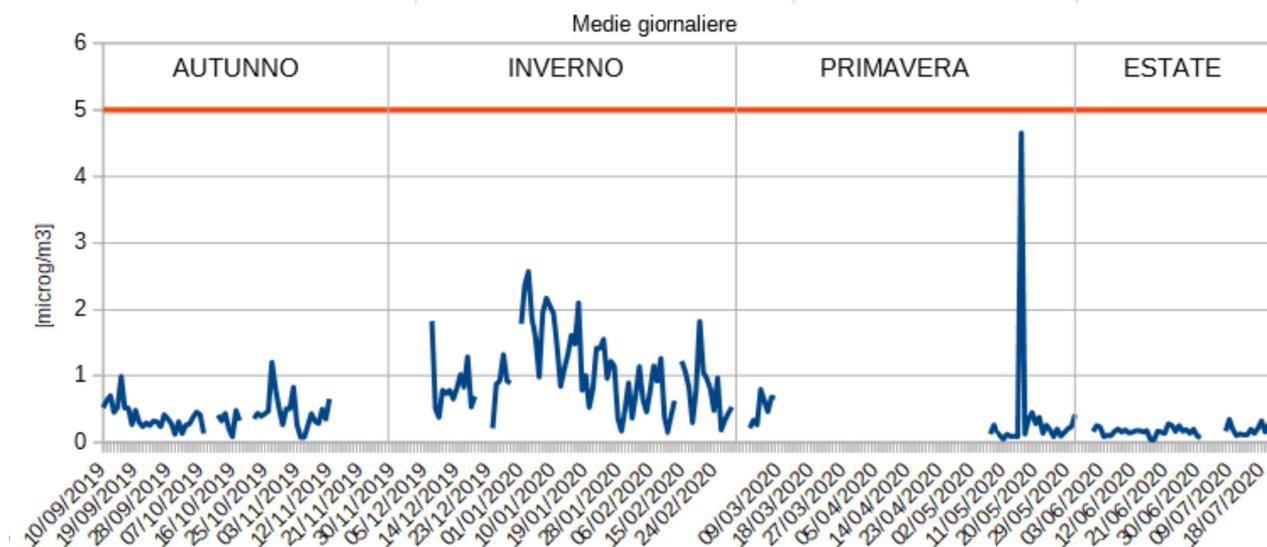


Grafico 3.6.1.1. Risultati Benzene indagine Calata Bengasi

Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine; i valori più alti sono stati rilevati nei periodi primaverile e invernale con picco massimo di

20,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato in primavera, mentre in autunno e estate i valori rilevati sono più contenuti. Le massime medie giornaliere hanno assunto valori ridotti per tutte le stagioni fatta eccezione per il periodo primaverile nel corso del quale è stato raggiunto il valore massimo di circa 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nel periodo di campionamento estivo sono state rilevate medie stagionali sensibilmente inferiori rispetto alla media dell'intero periodo di indagine.

Nella tabella successiva vengono riportati i risultati della campagna svolta presso il sito di **Spianata del Molo Mediceo**:

Benzene	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo valore medio giornaliero del periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	93%	4,6	1,6	0,8
Inverno	100%	3,5	1,2	0,6
Primavera	99%	2,6	0,5	0,3
Estate	91%	2,6	0,7	0,2
Annuale	96%	4,6	1,6	0,5

Tabella 3.6.1.2. Risultati Benzene indagine Molo Mediceo

Nel corso della campagna non è stato rilevato il superamento del valore medio annuale di 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio dell'intero periodo di campionamento è pari al 10% del limite; in ogni stagione i valori medi di periodo sono stati molto contenuti, sempre inferiori al limite di riferimento annuale. Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine; i valori più alti sono stati rilevati nei periodi autunnale e invernale con picco massimo di 4,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato in autunno, mentre in primavera e in estate i valori rilevati sono più contenuti. Le massime medie giornaliere hanno assunto valori molto contenuti per tutte le stagioni. Nel periodo di campionamento estivo e primaverile sono state rilevate medie stagionali inferiori rispetto alla media dei periodi invernale e autunnale e rispetto alla media relativa all'intero periodo di campionamento.

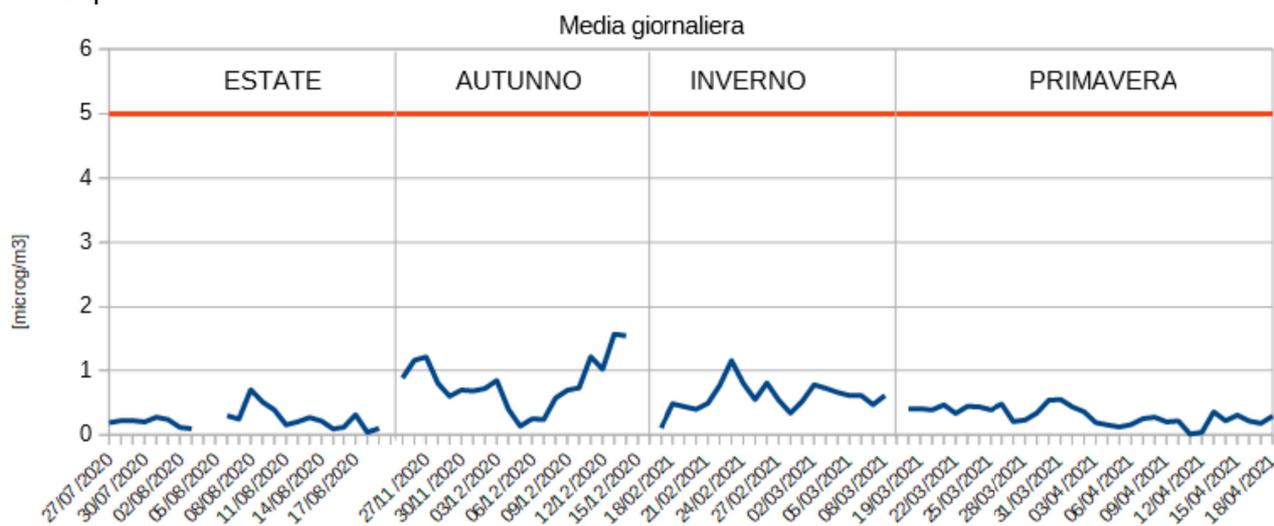


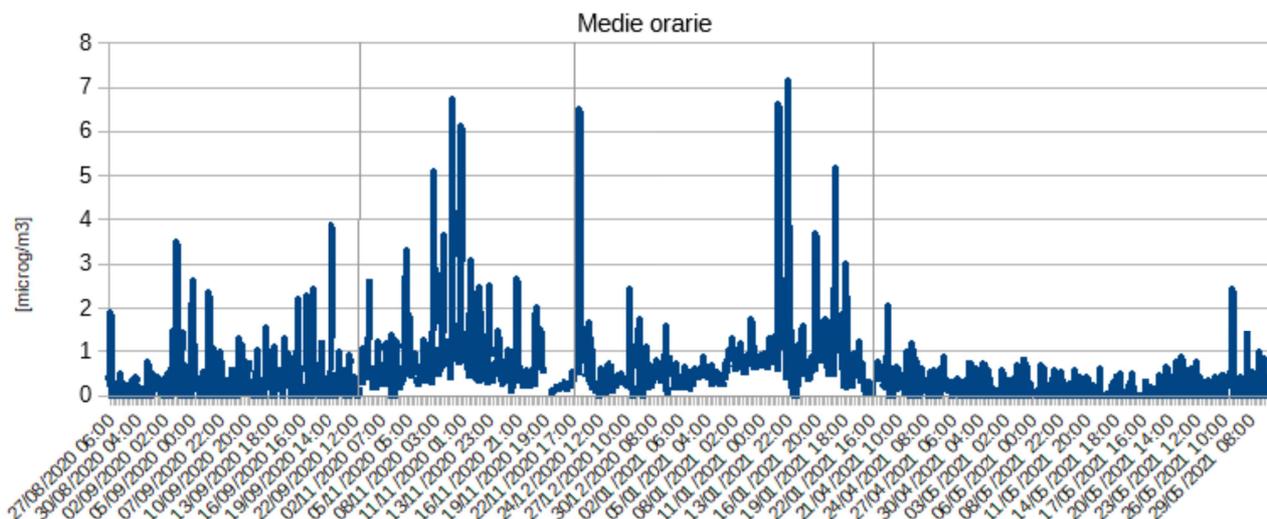
Grafico 3.6.1.2. Risultati Benzene indagine Molo Mediceo

Di seguito vengono riportati i risultati della campagna svolta presso il sito di **via Costa**:

Benzene	Valori medi orari validi	Massimo valore medio orario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo valore medio giornaliero del periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Autunno	91%	6,7	1,8	0,8
Inverno	97%	7,1	2,2	0,8
Primavera	99%	2,4	0,4	0,2
Estate	94%	3,9	0,6	0,3
Annuale	96%	7,1	2,2	0,5

*Tabella 3.6.1.3. Risultati Benzene indagine via Costa*

Nel corso della campagna non è stato rilevato il superamento del valore medio annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio dell'intero periodo di campionamento è pari al 10% del limite; in ogni stagione i valori medi di periodo sono stati molti contenuti, sempre inferiori al limite di riferimento annuale. Per quanto riguarda le massime medie orarie, esse variano sensibilmente a seconda del periodo di indagine; i valori più alti sono stati rilevati nei periodi autunnale e invernale con picco massimo di  $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato in inverno, mentre in primavera e in estate i valori rilevati sono più contenuti. Le massime medie giornaliere hanno assunto valori molto contenuti per tutte le stagioni. Nel periodo di campionamento estivo e primaverile sono state rilevate medie stagionali inferiori rispetto alla media dei periodi invernale e autunnale e rispetto alla media relativa all'intero periodo di campionamento.



*Grafico 3.6.1.3. Risultati Benzene indagine via Costa*

### 3.6.2. I confronti tra le campagne

Nel grafico successivo sono state affiancate le distribuzioni dei dati rilevati nel corso dell'intero periodo di indagine presso le tre postazioni e i livelli medi, massimi e minimi rilevati nel corso delle quattro diverse campagne presso ciascun sito di monitoraggio.

Nonostante i periodi in cui i rilevamenti sono stati effettuati non coincidano, i valori di Benzene compresi tra 25° e 75° percentile dei tre siti oggetto di indagine si mostrano molto simili attestando un panorama complessivo omogeneo. I livelli di concentrazione medi rilevati nel corso del monitoraggio non differiscono in modo sostanziale tra le tre postazioni.

Il sito di Calata Bengasi presenta una variabilità dei livelli di concentrazione più ampia rispetto alle altre due postazioni di misura; presso tale postazione sono stati rilevati livelli massimi di concentrazione nel periodo primaverile e invernale molto superiori rispetto a quelli rilevati presso le altre postazioni in tutti i periodi di campionamento.

Fatta eccezione per il periodo primaverile presso il sito di Calata Bengasi durante il quale è stato rilevato il livello di concentrazione più elevato in relazione a tutte le postazioni, si osserva una risposta stagionale analoga per i tre siti; i livelli più alti di concentrazione del Benzene sono stati rilevati nel corso delle campagne invernale e autunnale.

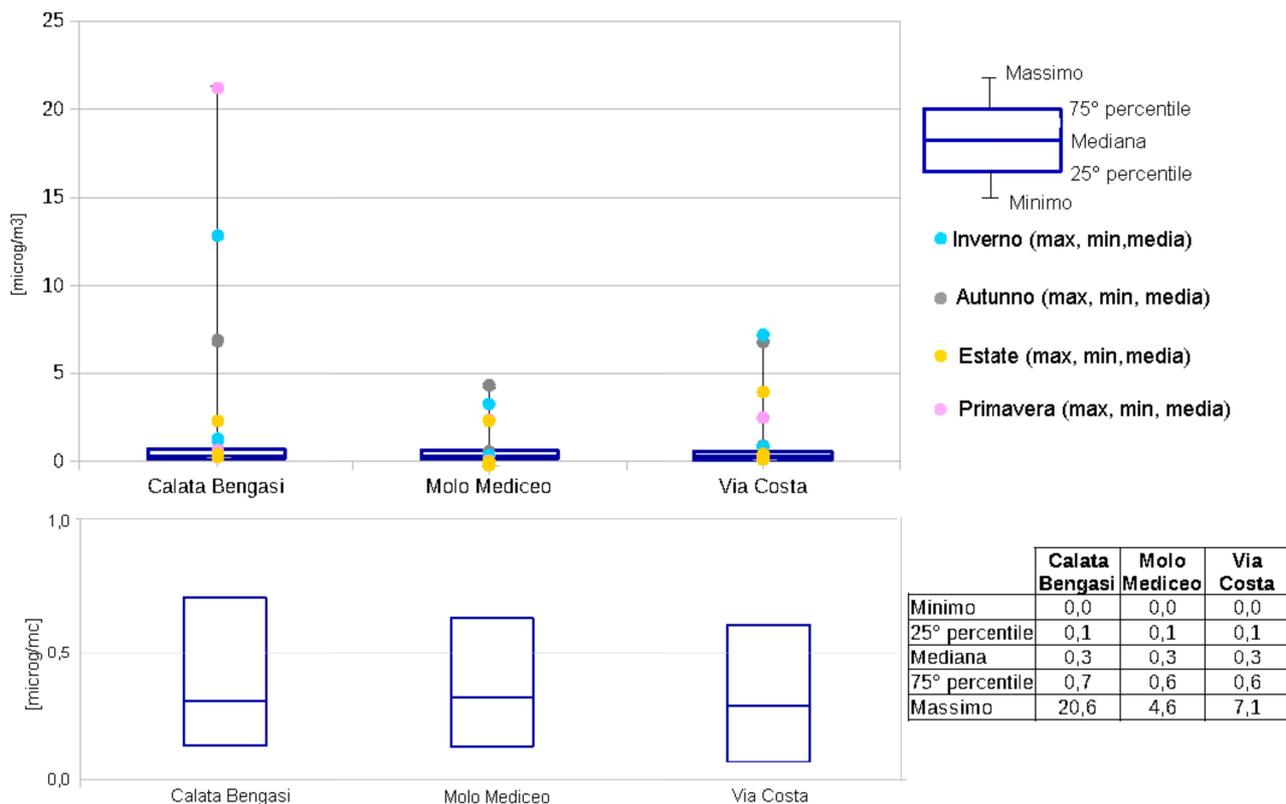


Grafico 3.5.2.1. Risultati Benzene confronto tra i siti di indagine

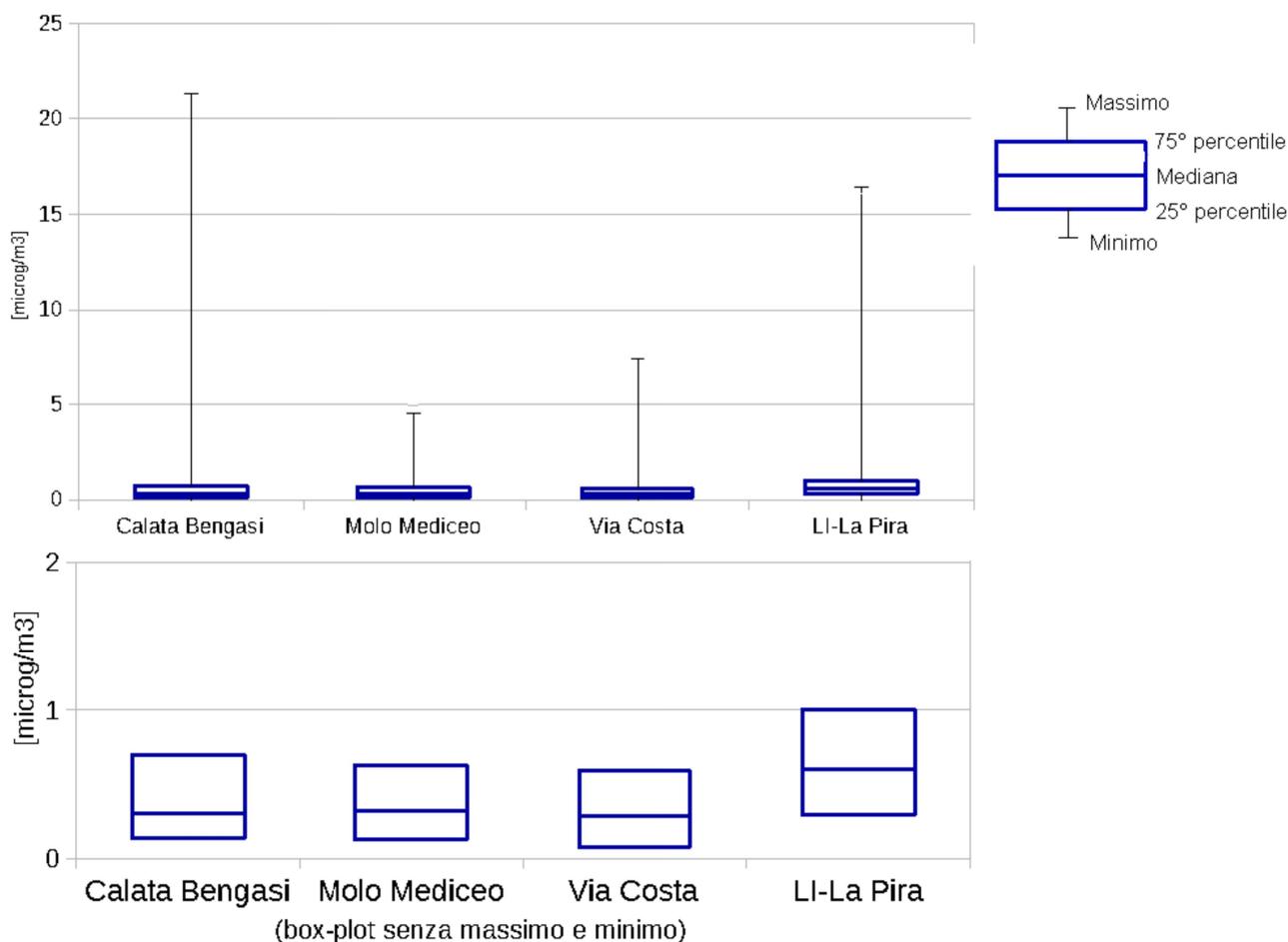
### 3.6.3 I confronti tra le campagne e le stazioni di rete regionale

I valori di Benzene ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti nel periodo di svolgimento delle campagne dalla stazione di LI-La Pira, unica stazione di rete regionale nel comune di Livorno presso la quale viene monitorato il benzene.

Nei grafici di seguito riportati la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana). Essendo riportate in un unico grafico tutte le postazioni in area portuale, i dati di concentrazione delle stazioni di rete regionale utilizzati per il confronto sono quelli relativi all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, dal 10 Settembre 2019 al 31 Maggio 2021.

Dal grafico 3.6.3.1 si osserva che le medie orarie di concentrazione rilevate presso le postazioni di monitoraggio delle campagne in area portuale presentano in generale un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) meno ampio di quello osservato presso la stazione di fondo di LI-La Pira e con valori del 75° percentile e della mediana inferiori rispetto a quelli della stazione di La Pira.

Il valore della mediana dei livelli di concentrazione rilevati presso le postazioni in area portuale è confrontabile con il livello minimo di concentrazione rilevato presso la stazione di LI-La Pira. I livelli di concentrazione delle postazioni mobili corrispondenti al 75° percentile sono confrontabili con la mediana dei livelli di concentrazione della stazione fissa di LI-La Pira.



	Calata Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa	LI-La Pira
Minimo	0,0	0,0	0,0	0,0
25° percentile	0,1	0,1	0,1	0,3
Mediana	0,3	0,3	0,3	0,6
75° percentile	0,7	0,6	0,6	1,0
Massimo	20,6	4,6	7,1	15,6

*Grafico 3.6.3.1. Benzene confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale*

Dal confronto dei dati rilevati nelle diverse stagioni (Grafico 3.6.3.2) si osserva che in generale tutte le postazioni in area portuale presentano valori medi di concentrazione confrontabili con quelli della stazione di LI-La Pira; ad eccezione della postazione di Calata Bengasi che nel periodo autunnale ha valori medi di concentrazione inferiori a quelli di La Pira e delle altre postazioni,

I livelli massimi stagionali di Calata Bengasi sono sempre superiori alla stazione di LI-La Pira ad eccezione del periodo autunnale; i livelli massimi di concentrazione rilevati presso le postazioni di via Costa e Molo medico sono confrontabili con quelli di LI-La Pira fatta eccezione per il periodo primaverile durante il quale sono stati rilevati valori di concentrazione più bassi..

Nel periodo autunnale e invernale presso la postazione di Calata Bengasi sono stati rilevati valori massimi di concentrazione di entità rilevante, 10 e 20 volte superiori ai livelli medi stagionali.

I livelli più bassi di concentrazione si rilevano per tutte le postazioni nel periodo estivo.

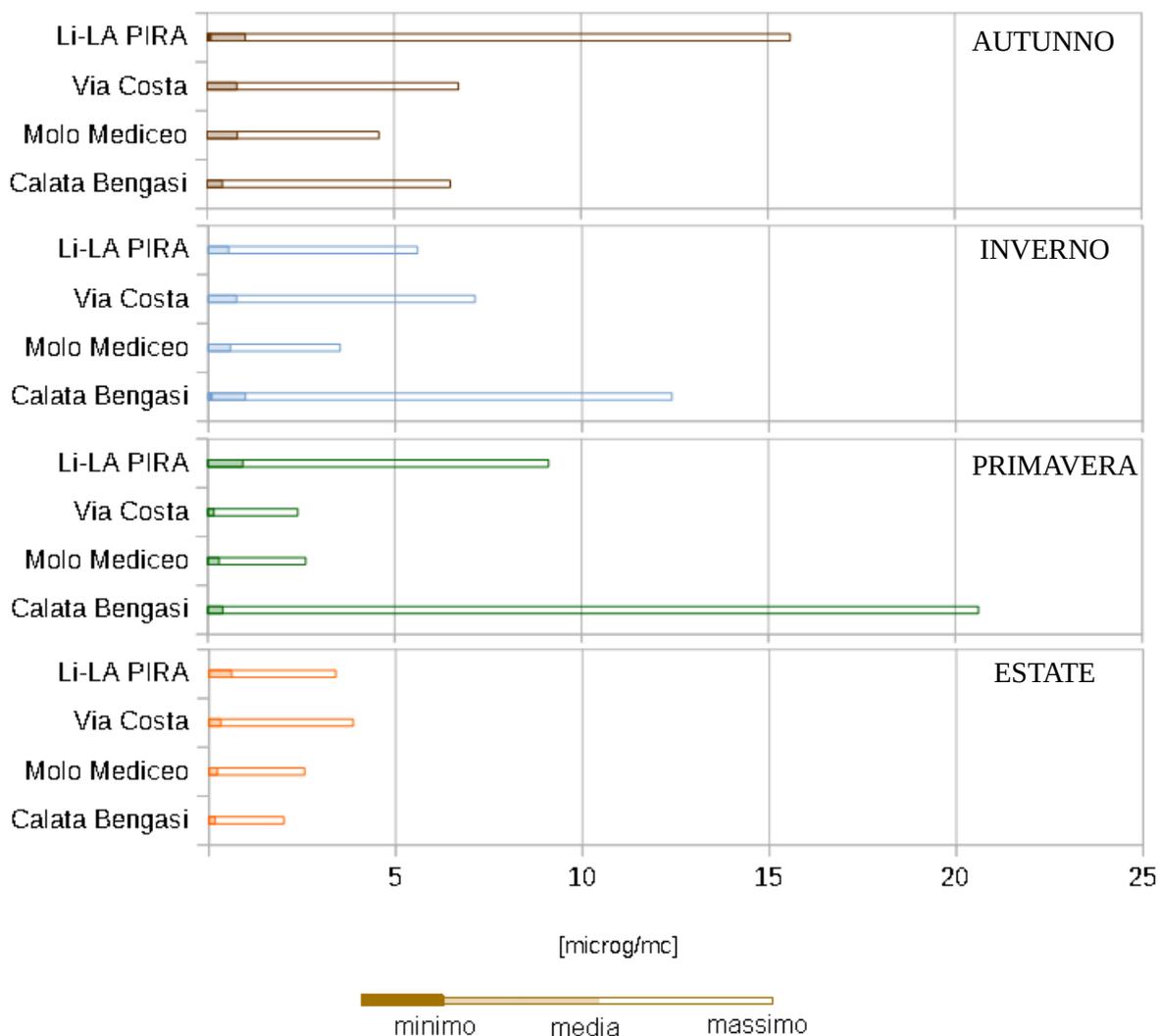


Grafico 3.6.3.2. Benzene: confronto dati stagionali campagne – stazioni di rete regionale

Per completezza si riportano di seguito le tabelle di confronto tra i valori massimi e le medie di periodo relative a ciascuna postazione con le medie relative ai dati rilevati presso le stazioni di rete regionale nello stesso periodo di svolgimento di ciascuna campagna.

	BENGASI	LI-LA PIRA		MEDICEO	LI-LA PIRA
Autunno	0,4	0,6	Autunno	0,8	1,5
Inverno	1,0	1,3	Inverno	0,6	1,2
Primavera	0,4	0,6	Primavera	0,3	0,7
Estate	0,2	0,3	Estate	0,2	0,3
Annuale	0,5	0,8	Annuale	0,5	0,9

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	0,8	1,1
Inverno	0,8	1,2
Primavera	0,2	0,4
Estate	0,3	0,5
Annuale	0,5	0,8

*Tabella 3.6.3.1. Media di periodo Benzene: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

	<b>BENGASI</b>	<b>LI-LA PIRA</b>		<b>MEDICEO</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	6,5	15,6	Autunno	4,6	5,0
Inverno	12,4	5,8	Inverno	3,5	9,1
Primavera	20,6	3,4	Primavera	2,6	3,3
Estate	2,0	1,8	Estate	2,6	1,5
Annuale	20,6	15,6	Annuale	4,6	9,1

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	6,7	5,6
Inverno	7,1	5,5
Primavera	2,4	2,0
Estate	3,9	2,0
Annuale	7,1	5,6

*Tabella 3.6.3.2. Massima media oraria di periodo Benzene: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

### 3.7. Toluene

Il D.lgs.155/2010 non indica un valore di riferimento per il toluene. I risultati per tale parametro vengono presentati in quanto di interesse per l'area oggetto delle campagne; i combustibili navali sono una miscela di idrocarburi che spesso contiene toluene. Le postazioni in area portuale sono generalmente caratterizzate da livelli di toluene con valori di concentrazione mediamente più elevati rispetto a quelli rilevati in area urbana.

I risultati delle campagne nei siti di Calata Bengasi, Spianata del Molo Mediceo e via Costa vengono messi a confronto nel grafico successivo nel quale sono state affiancate le distribuzioni dei dati rilevati nel corso dell'intero periodo di indagine presso le tre postazioni e i livelli medi, massimi e minimi rilevati presso ciascun sito di monitoraggio.

I valori di toluene compresi tra 25° e 75° percentile dei tre siti oggetto di indagine mostrano differenze rilevanti; i livelli di concentrazione rilevati nel corso del monitoraggio differiscono in modo evidente tra le tre postazioni.

Il sito di Calata Bengasi presenta una variabilità dei livelli di concentrazione più ampia rispetto alle altre due postazioni di misura; presso tale postazione sono stati rilevati livelli massimi di concentrazione nel periodo invernale e estivo molto superiori rispetto a quelli rilevati presso le altre postazioni in tutti i periodi di campionamento, sebbene il livello medio di concentrazione sia confrontabile con quello rilevato presso la postazione del Molo Mediceo.

Presso la postazione di via Costa sono stati rilevati i valori di concentrazione più bassi sia in termini di media di periodo sia come valori massimi rilevati.

Il sito del Molo Mediceo presenta valori medi e minimi di periodo maggiori rispetto alle altre due postazioni mentre i livelli massimi di concentrazione presentano valori intermedi tra Calata Bengasi e via Costa.

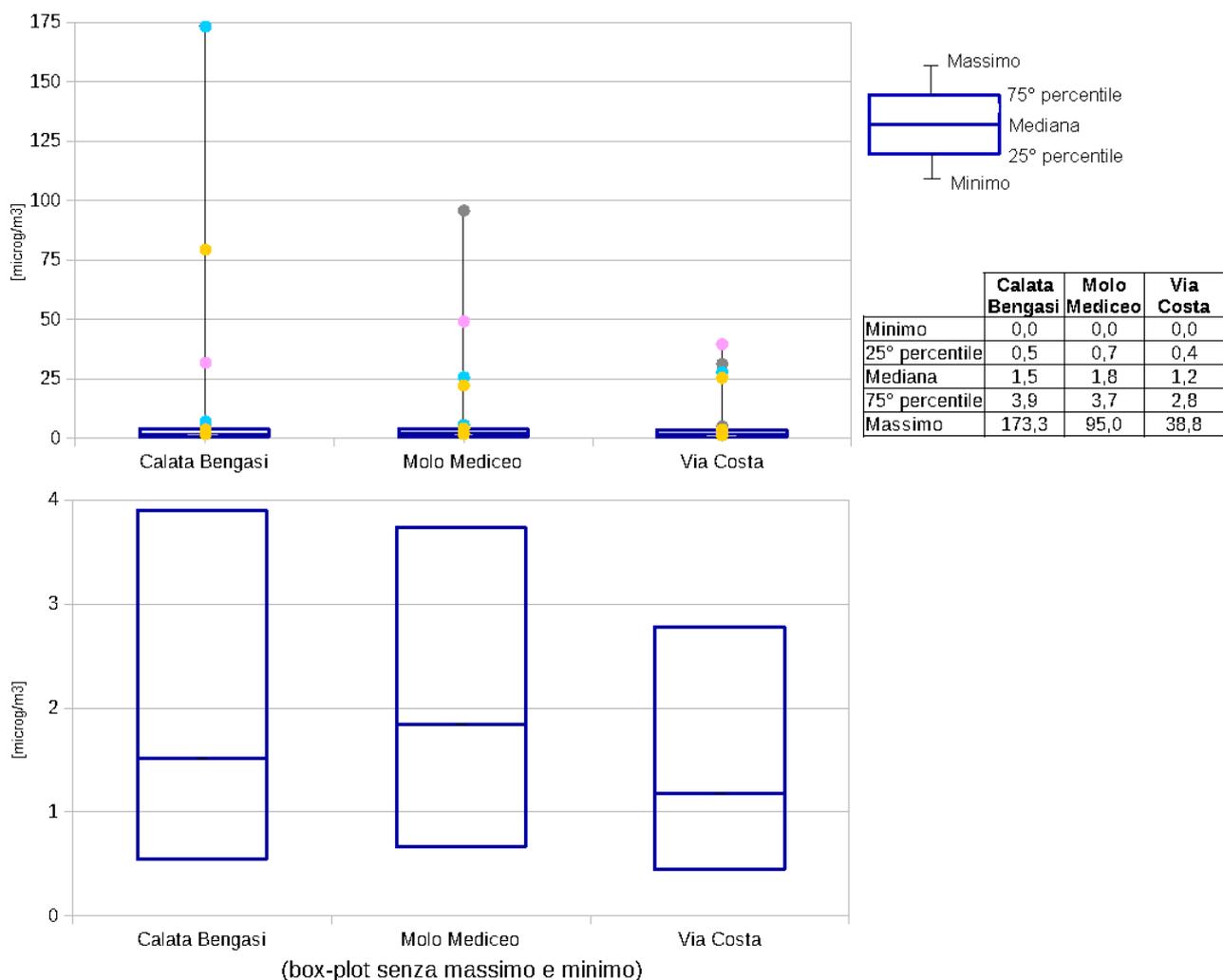


Grafico 3.7.1. Risultati toluene confronto tra i siti di indagine

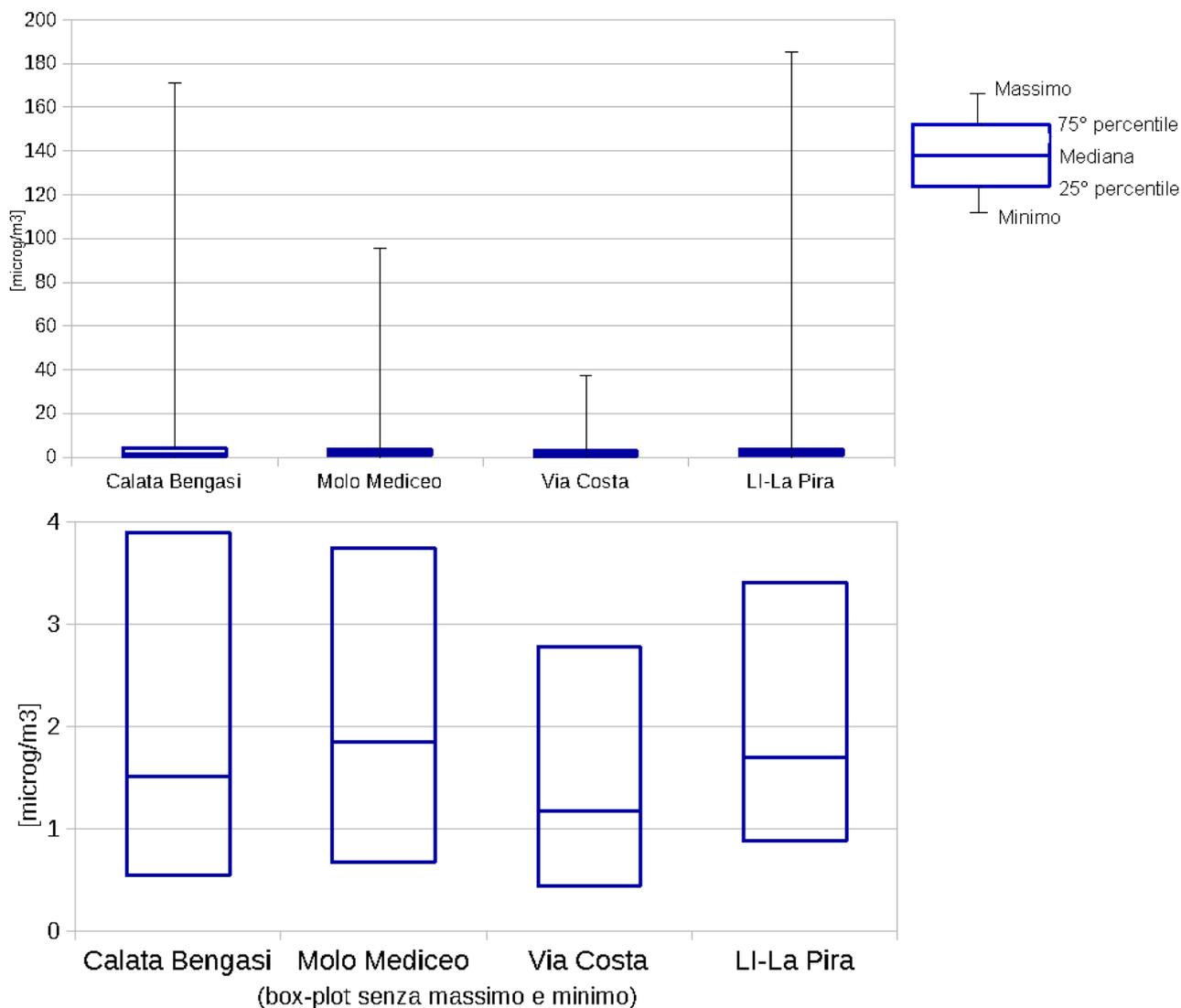
I valori di toluene ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti nel periodo di svolgimento delle campagne dalla stazione di LI-La Pira, unica stazione di rete regionale nel comune di Livorno presso la quale viene monitorato il toluene.

Nei grafici di seguito riportati la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana). Essendo riportate in un unico grafico tutte le postazioni in area portuale, i dati di concentrazione delle stazioni di rete regionale utilizzati per il confronto sono quelli relativi all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, dal 10 Settembre 2019 al 31 Maggio 2021.

Dal grafico 3.6.2 si osserva che le medie orarie di concentrazione rilevate presso la stazione di LI-La Pira presentano in generale un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) meno ampio di quello osservato presso le postazioni in area portuale di Calata Bengasi e Spianata del Molo Mediceo, con valori della mediana confrontabili con tali postazioni ma valori del 75° percentile inferiori.

La stazione fissa di LI-La Pira presenta, invece, un range di variabilità delle concentrazioni di toluene confrontabile con quello della postazione di via Costa ma livelli di concentrazione generalmente superiori a quelli rilevati presso tale postazione.

Il livello di concentrazione massima rilevato presso la stazione di LI-La Pira, confrontabile con quello di Calata Bengasi, è un caso isolato; tutti i valori rilevati nel corso dell'intero periodo di campionamento delle campagne sono, infatti, inferiori a 50 µg/m<sup>3</sup>.



	Calata Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa	LI-La Pira
Minimo	0,0	0,0	0,0	0,0
25° percentile	0,5	0,7	0,4	0,9
Mediana	1,5	1,8	1,2	1,7
75° percentile	3,9	3,7	2,8	3,4
Massimo	173,3	95,0	38,8	184,9

*Grafico 3.7.2. Toluene confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale*

Gli eventi con livelli di concentrazione molto rilevanti rispetto ai valori generalmente osservati nel corso delle campagne presso le postazioni in area portuale e presso la stazione di LI-La Pira sono sporadici e presentano livelli di concentrazione confrontabili, tuttavia LI-La Pira presenta un numero inferiore di tali eventi rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e Calata Bengasi, in particolare rispetto a quest'ultima (Grafico 3.7.3).

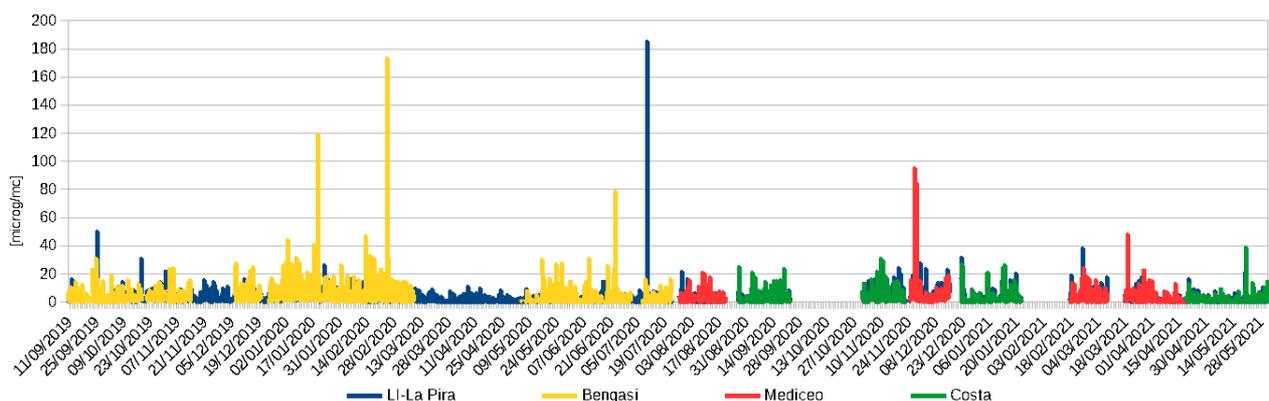
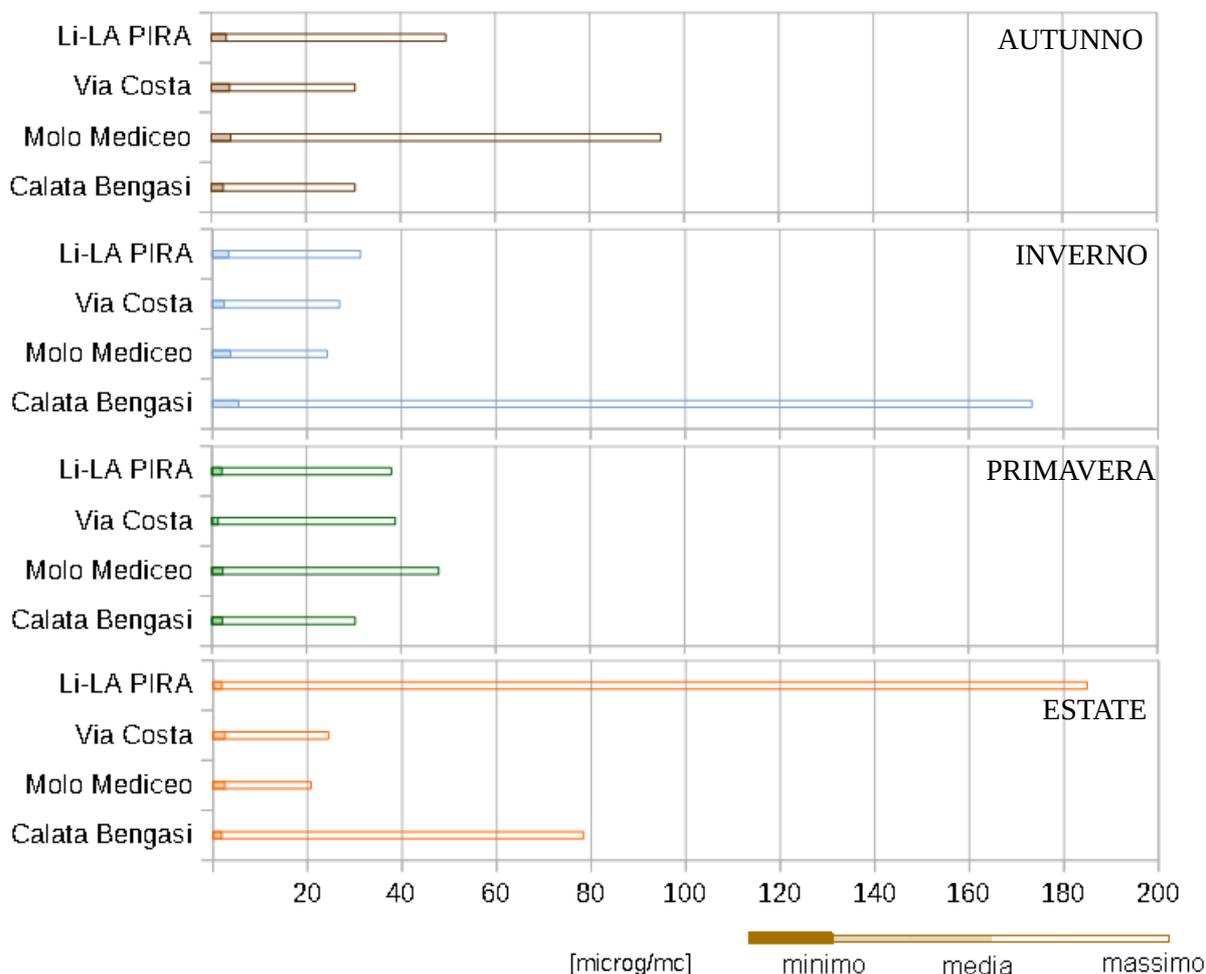


Grafico 3.7.3. Livelli orari di concentrazione toluene confronto tra i siti di indagine e LI-La Pira

Dal confronto dei dati rilevati nelle diverse stagioni (Grafico 3.7.4) si osserva che in generale tutte le postazioni in area portuale presentano valori medi di concentrazione confrontabili con quelli della stazione di LI-La Pira.

Si osserva, invece, una variazione stagionale dei livelli massimi di concentrazione presso le varie postazioni di misura. Nel periodo primaverile i valori rilevati nei diversi siti sono tra loro confrontabili mentre negli altri periodi di campionamento il rapporto tra le postazioni è diverso a seconda della stagione. Nel periodo autunnale i livelli di concentrazione maggiori si osservano presso la postazione del Molo Mediceo, mentre nei periodi estivo ed invernale presso Calata Bengasi e presso LI-La Pira, per il solo periodo estivo.



*Grafico 3.7.4. Toluene: confronto dati stagionali campagne – stazioni di rete regionale*

Per completezza si riportano di seguito le tabelle di confronto tra i valori massimi e le medie di periodo relative a ciascuna postazione con le medie relative ai dati rilevati presso le stazioni di rete regionale nello stesso periodo di svolgimento di ciascuna campagna.

	<b>BENGASI</b>	<b>LI-LA PIRA</b>		<b>MEDICEO</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	2,5	2,7	Autunno	4,1	4,6
Inverno	5,5	3,7	Inverno	3,8	4,1
Primavera	2,2	1,6	Primavera	2,3	2,2
Estate	1,8	1,8	Estate	2,5	2,2
Annuale	3,0	2,5	Annuale	3,2	3,2

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	3,9	4,9
Inverno	2,5	3,0
Primavera	1,3	1,7
Estate	2,5	2,4
Annuale	2,5	3,0

*Tabella 3.7.1. Media di periodo toluene: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

	<b>BENGASI</b>	<b>LI-LA PIRA</b>		<b>MEDICEO</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	30,4	49,6	Autunno	95,0	27,3
Inverno	173,3	25,9	Inverno	24,3	38,0
Primavera	30,3	18,5	Primavera	48,0	17,5
Estate	78,4	184,9	Estate	20,8	21,1
Annuale	173,3	184,9	Annuale	95,0	38,0

	<b>COSTA</b>	<b>LI-LA PIRA</b>
Autunno	30,4	26,1
Inverno	26,9	31,3
Primavera	38,8	20,5
Estate	24,4	10,3
Annuale	38,8	31,3

*Tabella 3.7.2. Massima media oraria di periodo toluene: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

Come già riportato, per il toluene non esistono valori limite per la qualità dell'aria, l'OMS<sup>1</sup> ha introdotto due valori guida:

Valore-guida di tutela sanitaria = 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media settimanale

Valore-guida di tutela dalle maleodoranze = 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  su 30 min

Non si osservano superamenti di nessuno dei valori di soglia individuati dall'OMS in relazione all'intero periodo di campionamento per tutti e tre i siti di monitoraggio.

<sup>1</sup> WHO, "Air quality guidelines for Europe", Second edition, WHO Regional Publications, European Series, n.91, 2000, ISBN 92 890 1358 3 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>)

### 3.8. Ossido di azoto (NO)

L'ossido di azoto è un inquinante primario<sup>2</sup> che si forma generalmente dai processi di combustione ad alta temperatura. È responsabile, con altre sostanze, del cosiddetto smog fotochimico, in quanto base per la produzione di una serie di inquinanti secondari come l'ozono o l'acido nitrico.

Nel caso di emissioni continue (ad esempio in aree urbane a forte traffico veicolare) si attiva un ciclo giornaliero che porta alla produzione di inquinanti secondari, come il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

Vista la collocazione delle postazioni di monitoraggio in area portuale, limitrofe ad aree di transito e stazionamento di diverse tipologie di imbarcazioni, è stato ritenuto interessante valutare le concentrazioni di tale inquinante rilevate presso i siti in area portuale rispetto alle stazioni di rete regionale presenti sul territorio comunale.

I valori di NO ottenuti dalle campagne presso i siti oggetto di indagine sono stati confrontati con i dati restituiti nel periodo di svolgimento delle campagne dalle stazioni di rilevamento della Rete Regionale di qualità dell'aria presenti nel territorio del Comune di Livorno.

Nei grafici di seguito riportati la serie dati è stata rappresentata con un grafico tipo box-plot che permette di descrivere sinteticamente la distribuzione dei dati tramite indici di dispersione (percentili) e di posizione (media, mediana). Essendo riportate in un unico grafico tutte le postazioni in area portuale, i dati di concentrazione delle stazioni di rete regionale utilizzati per il confronto sono quelli relativi all'intero periodo di campionamento delle tre campagne, dal 10 Settembre 2019 al 31 Maggio 2021.

Dal grafico 3.8.1 si osserva che le medie orarie di concentrazione rilevate presso tutte le postazioni di monitoraggio delle campagne presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) più ampio di quello osservato presso le stazioni di fondo della rete regionale presenti nel territorio del Comune di Livorno, sebbene inferiore al range dei dati rilevati presso la postazione di traffico di LI-Carducci.

La distribuzione dei dati rilevati presso la postazione di Calata Bengasi si differenzia rispetto a quella delle altre due postazioni in quanto presenta un valore per il 25° percentile, la mediana e il 75° percentile superiore rispetto alle postazioni di Molo Mediceo e via Costa, più simile ai dati della stazione di traffico di LI-Carducci, in particolare in relazione a mediana e 25° percentile.

Le postazioni di via Costa e Molo Mediceo presentano dati di concentrazione media e minima inferiori rispetto ai siti di Bengasi e livelli massimi di concentrazione più simili a quelli delle stazioni di fondo della rete regionale, LI-Cappiello e LI-La Pira.

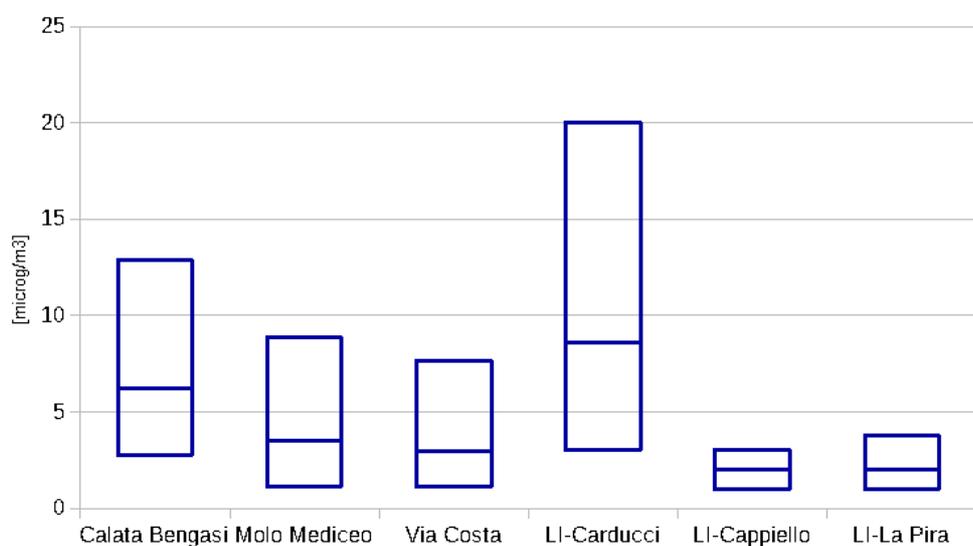
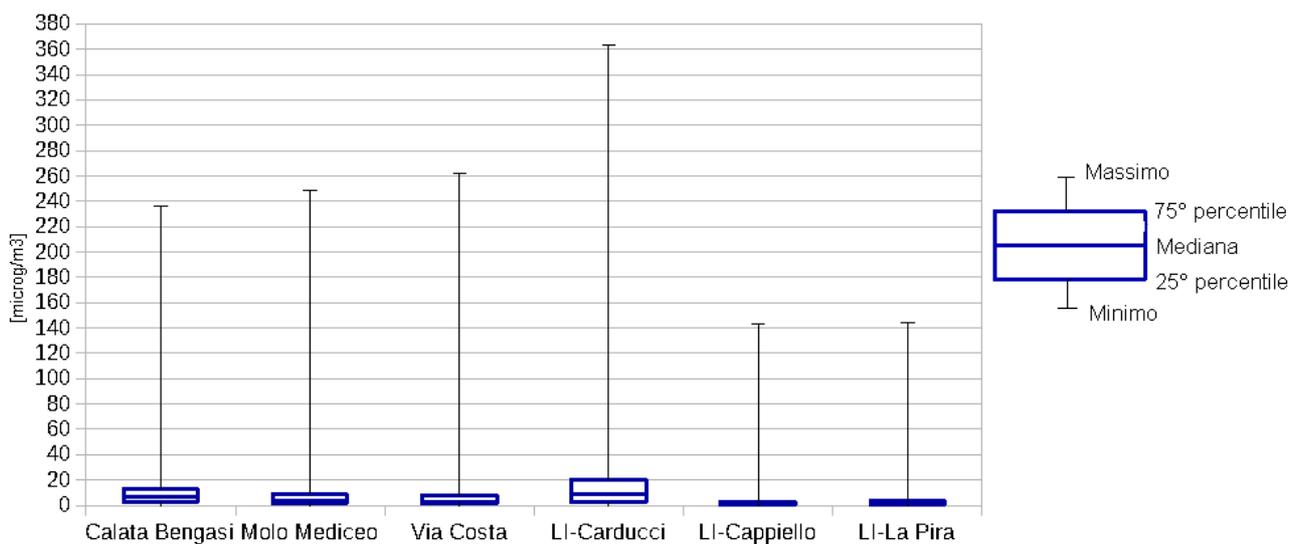
Il sito di Calata Bengasi è caratterizzato da livelli minimi di concentrazione superiori ai livelli minimi rilevati presso gli altri siti e presso le stazioni di rete regionale, anche presso la stazione di traffico di LI-Carducci.

Il sito di Molo Mediceo presenta una distribuzione dei dati di concentrazione paragonabile a quella osservata presso la postazione di via Costa ma valori del 75° percentile e, in particolare, dei livelli massimi di concentrazione superiori a quelli delle stazioni di tipo urbana fondo (LI-Cappiello e LI-La Pira).

---

2





	Calata Bengasi	Molo Mediceo	Via Costa	LI-Carducci	LI-Cappiello	LI-La Pira
Minimo	0	0	0	0	0	0
25° percentile	3	1	1	3	1	1
Mediana	6	3	3	9	2	2
75° percentile	13	9	8	20	3	4
Massimo	238	247	262	362	144	146

Sebbene in maniera più evidente per la postazione di Calata Bengasi, per tutte le postazioni di monitoraggio interne all'area portuale i livelli di NO riscontrati nel corso dell'intero periodo di campionamento sono generalmente più elevati di quelli rilevati presso le stazioni di tipo urbana fondo presenti nel territorio comunale.

*Grafico 3.8.1. NO - confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale*

Per completezza si riportano di seguito le tabelle di confronto tra i valori massimi e le medie di periodo relative a ciascuna postazione con le medie relative ai dati rilevati presso le stazioni di rete regionale nello stesso periodo di svolgimento di ciascuna campagna.

	CALATA BENGASI	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	12	16	4	4
Inverno	17	32	8	8
Primavera	6	8	2	2
Estate	7	10	2	2
Annuale	10	16	4	4

	MOLO MEDICEO	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	11	31	8	6
Inverno	9	23	3	4
Primavera	13	14	2	2
Estate	5	11	2	2
Annuale	10	22	4	4

	VIA COSTA	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	7	30	5	6
Inverno	10	27	5	7
Primavera	6	10	1	1
Estate	5	13	1	1
Annuale	7	34	14	17

Tabella 3.8.1. Media di periodo NO: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	CALATA BENGASI	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	126	142	133	73
Inverno	226	352	144	146
Primavera	238	139	57	36
Estate	64	58	16	15
Annuale	238	352	144	146

	MOLO MEDICEO	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	96	292	87	105
Inverno	133	186	54	70
Primavera	247	157	87	52
Estate	90	58	15	12
Annuale	247	292	87	105

	VIA COSTA	LI-CARDUCCI	LI-CAPPIELLO	LI-LA PIRA
Autunno	126	265	65	80
Inverno	262	362	91	124
Primavera	126	125	26	23
Estate	170	92	17	28
Annuale	262	362	91	124

Tabella 3.8.2. Massima media oraria di periodo toluene: confronto risultati campagne e stazioni di rete regionale (valori espressi in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 3.9. Metalli su PM10

Si riportano di seguito i risultati della determinazione di alcuni metalli su PM10 nelle campagne di Via Costa e della Spianata del Molo Mediceo (Tab 3.9.3 e 3.9.4 e grafici 3.9.1. e 3.9.2) effettuate per ampliare il quadro conoscitivo anche rispetto ai livelli di concentrazione di metalli in aria ambiente.

Sul PM10 sono stati determinati i metalli previsti dal D.Lgs.155/10 (Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo) integrati con il Vanadio, metallo presente nei carburanti marini.

I limiti di riferimento per As, Cd, Ni e Pb sono i seguenti:

*Tabella 3.9.1. Arsenico, Cadmio e Nichel – Limiti di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).*

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6,0 ng/m <sup>3</sup>
Cadmio	Anno civile	5,0 ng/m <sup>3</sup>
Nichel	Anno civile	20,0 ng/m <sup>3</sup>

*Tabella 3.9.2. Piombo – Limite di riferimento (D.Lgs. 155/2010 all. XI e s.m.i.).*

VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Piombo	Anno civile	0,5 µg/ m <sup>3</sup>

Nella normativa italiana sulla qualità dell'aria ambiente non è presente un limite di riferimento per il Vanadio; si prende quindi a riferimento quanto indicato da WHO<sup>1</sup> per le aree rurali e le aree urbane: rurali- i valori registrati variano da pochi ng/m<sup>3</sup> a decine di ng/m<sup>3</sup>, urbane- i valori rilevati variano da 50 a 200 ng/m<sup>3</sup>. La linea guida WHO indica che al di sotto di 1 µg/m<sup>3</sup> come media sulle 24 ore è improbabile che si verifichino effetti avversi sulla salute in seguito ad esposizione ambientale a Vanadio.

I valori rilevati per i parametri riportati dalla normativa D.Lgs 155/10 sono ampiamente conformi ai valori limite e i valori rilevati per il Vanadio rientrano nei valori indicati da WHO per le aree rurali.

*TABELLA 3.9.3. Media di campagna stagionale – Metalli – Via Costa*

MM VIA COSTA	ESTATE 2020	AUTUNNO 2020	INVERNO 2020-2021	PRIMAVERA 2021	Media
ARSENICO - ng/m <sup>3</sup>	<0,3	0,5	<0,3	0,3	0,3
CADMIO -ng/m <sup>3</sup>	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
NICHEL - ng/m <sup>3</sup>	8,5	4,3	1,7	3,3	4,4
PIOMBO -ng/m <sup>3</sup>	1,4	4,7	1,4	2,0	2,4
VANADIO -ng/m <sup>3</sup>	2,5	2,3	1,6	2,6	2,3

*TABELLA 3.9.3. Media di campagna stagionale – Metalli – Spianata Molo Mediceo*

MM SPIANATA	AUTUNNO 2020	INVERNO2021	PRIMAVERA 2021
ARSENICO – ng/m <sup>3</sup>	<0,3	0,3	<0,3
CADMIO – ng/m <sup>3</sup>	<0,2	<0,2	<0,2
NICHEL -ng/m <sup>3</sup>	2,0	2,7	1,9
PIOMBO – ng/m <sup>3</sup>	2,6	2,5	2,3
VANADIO -ng/m <sup>3</sup>	0,6	2,8	2,3

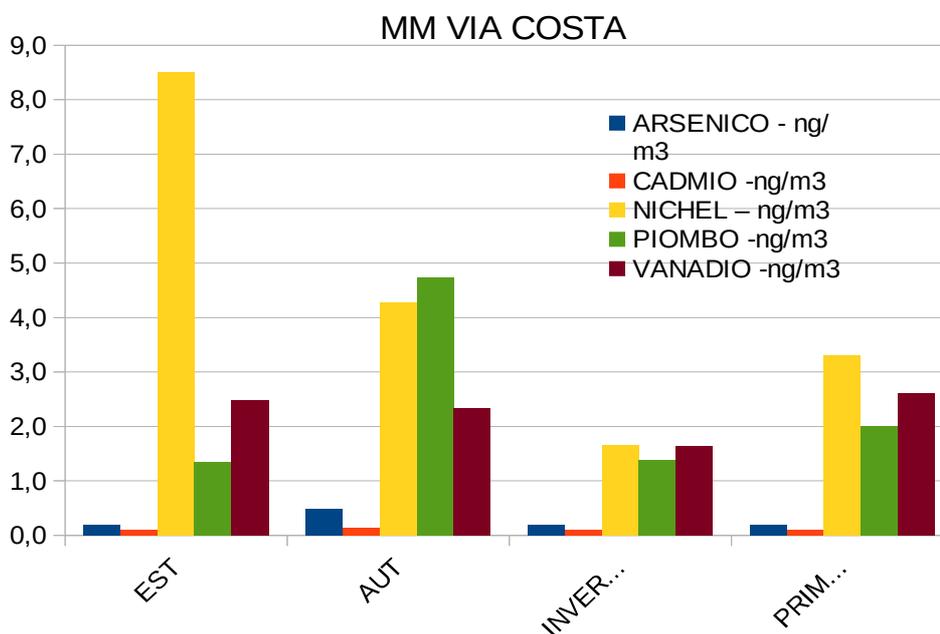


Grafico 3.9.1. Media di campagna stagionale – Metalli – Via Costa

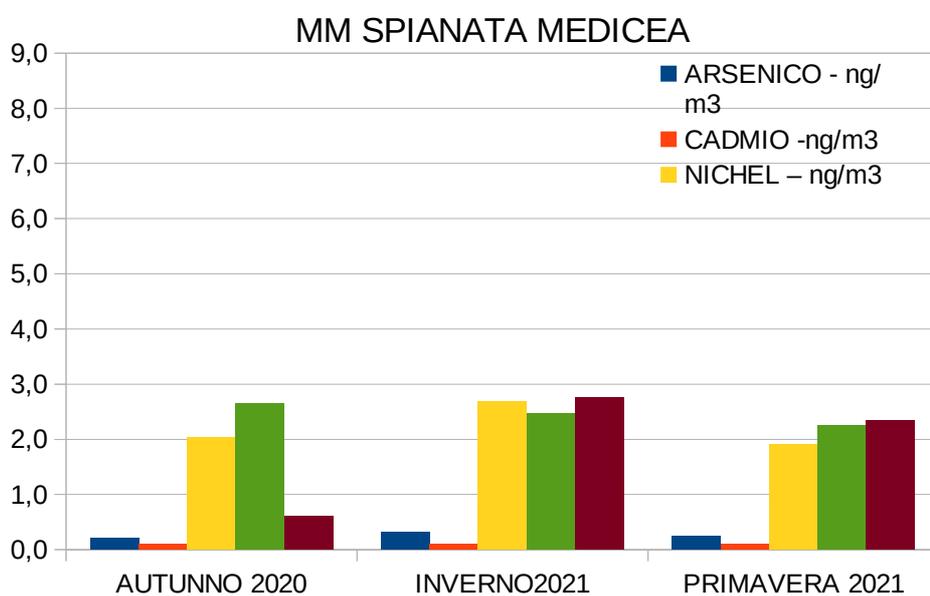


Grafico 3.9.2. Media di campagna stagionale – Metalli – Spianata Molo Mediceo

Ulteriori approfondimenti sui metalli su PM10 sono tuttora in corso. Le valutazioni rispetto alle stazioni di rete regionale verranno elaborate in successivi documenti.

#### 4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il monitoraggio effettuato presso le postazioni di Calata Bengasi, Spianata del Molo Mediceo e via Costa ha restituito risultati interessanti in merito, in particolare, alle diverse peculiarità dei siti in relazione ai diversi parametri monitorati. La campagna di monitoraggio di Calata Bengasi presenta una ampia copertura temporale continuativa (10 Settembre 2019 – 22 Luglio 2020) di oltre 10 mesi per i parametri gassosi e, quindi, il numero di dati raccolti presso tale postazione è maggiore di quello raccolto presso gli altri due siti. Le campagne presso via Costa e Molo Mediceo sono state svolte secondo le indicazioni di copertura annua definite per le campagne indicative nella normativa vigente. Per tutte le postazioni è stato possibile effettuare il confronto con i dati prodotti dalle stazioni fisse della rete regionale nel comune di Livorno.

Sebbene presso nessuna delle tre postazioni siano stati rilevati superamenti dei limiti normativi per nessun inquinante monitorato, i tre siti mostrano comportamenti caratteristici in termini di distribuzione dei livelli di concentrazione in atmosfera, a seconda dell'inquinante monitorato.

La postazione di Calata Bengasi presenta, in generale, livelli di concentrazione più elevati rispetto alle altre due postazioni e alle stazioni di tipo urbana fondo di LI-La Pira e LI-Cappiello per tutti gli inquinanti monitorati ad eccezione del Benzene; la distribuzione dei livelli di concentrazione di PM10, NO<sub>2</sub> e NO di Calata Bengasi è, in generale, confrontabile con quella della stazione di traffico LI-Carducci.

La postazione di via Costa presenta livelli di concentrazione in generale più bassi rispetto a Calata Bengasi e Molo Mediceo, solitamente confrontabili con quelli rilevati nello stesso periodo presso le postazioni di fondo del comune.

La postazione di Spianata del Molo Mediceo presenta caratteristiche intermedie in termini di distribuzione dei livelli di concentrazione tra Calata Bengasi e via Costa, la sua risposta è diversa a seconda dell'inquinante monitorato. La frazione PM2,5 sul PM10 e la distribuzione delle concentrazioni di toluene sono confrontabili con quelle rilevate presso Calata Bengasi, i livelli di concentrazione del PM10, NO<sub>2</sub> e NO sono, invece, più simili a quelli di via Costa.

Presso tutte e tre le postazioni i livelli di concentrazione di SO<sub>2</sub>, toluene e NO presentano distribuzioni più ampie di quella osservata presso le stazioni di fondo di LI-La Pira e LI-Cappiello; le distribuzioni di SO<sub>2</sub> e toluene, in particolare, presentano valori del 75° percentile più alti ma con valori della mediana confrontabili con quelli della stazione di LI-La Pira.

Presso tutte le postazioni di monitoraggio le medie orarie di concentrazione del Benzene rilevate presentano un range di variabilità (25° percentile, mediana, 75° percentile) meno ampio di quello osservato presso la stazione di fondo di LI-La Pira, con valori del 75° percentile e della mediana inferiori rispetto a quelli di questa stazione.

I livelli di concentrazione dei metalli determinati su PM10 nelle postazioni di Via Costa e Spianata Molo Mediceo rispettano ampiamente i valori limite e i valori guida WHO.