



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Provincia di Livorno
Campagna di Rilevamento con Mezzo
Mobile

presso
Via Costituzione
Stagno
Comune di Collesalveti (LI)
giugno 2013 – aprile 2014

Area Vasta Toscana Costa – Settore “Centro
Regionale per la Tutela della Qualità dell’Aria”

Regione Toscana



PROVINCIA DI LIVORNO

RELAZIONE CAMPAGNA DI RILEVAMENTO CON MEZZO MOBILE

Via Costituzione – Stagno
Comune di Collesalveti (LI)
6 giugno 2013 – 29 aprile 2014
indagine a periodicità stagionale

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

ARPAT – Area Vasta Costa

Autori

Stefano Fortunato

Fiammetta Dini

Centro Regionale per la Tutela della Qualità dell'Aria

ARPAT – Area Vasta Costa

SOMMARIO

SINTESI	4
1. INTRODUZIONE.....	5
2. DESCRIZIONE DEL SITO DI MISURA	6
3. IL LABORATORIO MOBILE	8
4. LIMITI NORMATIVI (LGS. 155/2010).....	9
5. RISULTATI	11
5.1 MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	11
5.2 BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂).....	14
5.3 BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	16
5.4 POLVERI (PM10)	18
5.5 OZONO	21
5.6 ANDAMENTI STAGIONALI INDICATORI	22
5.7 CORRELAZIONI	25
5.8 CONFRONTO CON DATI STORICI	27
6. CONCLUSIONI.....	29
CO.....	29
NO ₂	29
SO ₂	29
PM10	29
OZONO	29

SINTESI

La campagna in oggetto è stata realizzata grazie all'utilizzo del Laboratorio Mobile di proprietà della Provincia di Livorno, posizionato presso la scuola primaria "Gianni Rodari", in via della Costituzione a Stagno, comune di Collesalveti. I dati di qualità dell'aria raccolti in questa indagine sono rappresentativi ai sensi del D. Lgs.155/10, infatti la campagna si è articolata in 4 intervalli temporali di quindici giorni, distribuiti nella quattro stagioni ed ha i requisiti per essere assimilabile ad una "misurazione indicativa". I dati sono stati aggregati in indicatori confrontabili con i parametri di normativa e possono essere utilizzati come contributo per descrivere la qualità dell'aria della zona.

Dalle elaborazioni dei dati ricavati e dalle successive valutazioni si può concludere che i valori di qualità dell'aria della zona rappresentata dalla postazione scelta sono inferiori ai parametri indicati dalla normativa per tutti gli inquinanti oggetto di indagine, infatti le concentrazioni di CO, NO₂, SO₂, PM10 ed ozono registrate nell'arco delle quattro campagne quindicinali si sono sempre mantenute al di sotto dei limiti del D.Lgs 155/10. Gli indicatori di qualità dell'aria indicano che i livelli di inquinamento sono confrontabili con quelli della stazione di fondo situata nella zona nord di Livorno con la media di NO₂ pari a 15 µg/m³, con il 90.4° percentile calcolato sui valori giornalieri di PM10 pari a 30 µg/m³ e con la media di PM10 nel periodo pari a 20 µg/m³.

Dal confronto con i dati rilevati nell'indagine condotta nel 2012 dalla provincia di Livorno per mezzo dello stesso Mezzo Mobile nel solito sito, si può concludere che negli ultimi due anni non ci sono stati cambiamenti sostanziali per quanto riguarda la qualità dell'aria della zona rappresentata dalla postazione scelta per i parametri misurati.

1. INTRODUZIONE

Le campagne di misura condotte con il Laboratorio Mobile possono essere utilizzate sia per integrare i dati di qualità dell'aria forniti dalle rete di monitoraggio sia per studiare in zone non ancora sottoposte ad indagini, situazioni ambientali critiche a causa di fattori locali (incidenza di industrie, alti flussi di traffico, condizioni meteorologiche sfavorevoli, etc.).

La campagna in oggetto ha i requisiti per essere assimilabile ad una “misurazione indicativa” della Qualità dell'Aria, in quanto ha riguardato un periodo temporale in linea con il D. Lgs. 155/10 che indica che precisa che per essere utilizzate come misure indicative le campagne devono coprire almeno 8 settimane (54 giorni) ed essere distribuite uniformemente nell'arco dell'anno. I dati ottenuti, con le dovute precisazioni su ogni campagna stagionale, sono stati aggregati quindi in indicatori confrontabili con i parametri di normativa e contribuiscono a descrivere la qualità dell'aria della zona.

2. DESCRIZIONE DEL SITO DI MISURA

La Provincia di Livorno ha deciso di effettuare l'indagine posizionando il mezzo mobile, di sua proprietà, in prossimità all'edificio ospitante la struttura scolastica della scuola primaria "Gianni Rodari", che si trova in via della Costituzione a Stagno, comune di Collesalveti. Il sito di misura, evidenziato nella mappa sottostante è esposto alle emissioni diffuse prodotte dalle fonti principali presenti nella zona. Tali fonti emmissive si individuano, rispetto al sito scelto, principalmente nei quadranti ovest di provenienza del vento, privo di significativi ostacoli nei dintorni della centralina mobile.

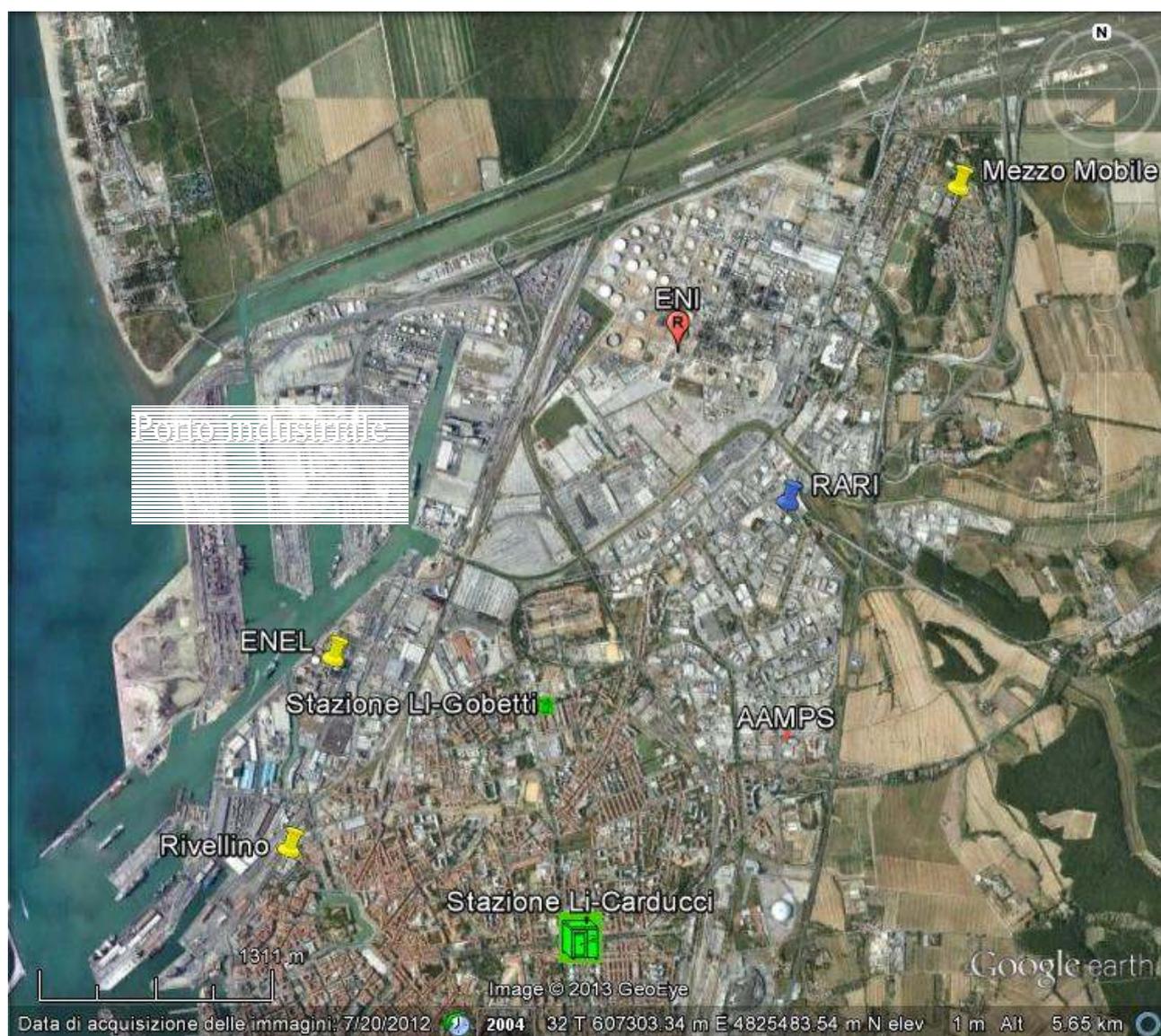


Fig 2.1- Mappa del sito di indagine visto dall'alto



Fig 2.2- Mappa del sito di indagine visto da vicino

3. IL LABORATORIO MOBILE

Tabella 3.1- Inquinanti monitorati

PM10	SO ₂	CO	NO _x	O ₃
X	X	X	X	X

Legenda:

PM10 = polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron

SO₂ = biossido di zolfo

CO = monossido di carbonio

NO_x = ossidi di azoto totali, ovvero monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂)

O₃ = ozono

Tabella 3.2 Strumentazione in dotazione al mezzo mobile

Inquinante	Marca modello	Principio Metodo	Limite Rilevabilità	Precisione
PM10	Environment MP101M	Attenuazione Radiazione Beta	< 0.5 µg/m ³ per un ciclo di 24 h ed una portata di 1 m ³ /h	Non determinata
SO ₂	API 100A	Fluorescenza	1 µg/m ³	Al 20% del campo di misura ≤ 1.6 µg/m ³ Al 80% del campo di misura ≤ 6 µg/m ³
NO _x	API 200A	Chemiluminescenza	≤ 1.9 µg/m ³	≤ 1.3 µg/m ³
CO	API 300	Assorbimento Radiazione IR	< 58.3 µg/m ³	93 µg/m ³
O ₃	API 400	Assorbimento Radiazione UV	1.2 µg/m ³	2 µg/m ³

4. LIMITI NORMATIVI (Lgs. 155/2010)

Tabella 4.1 Materiale particolato PM10

Materiale particolato PM10	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10

Tabella 4.2 BISSIDO DI ZOLFO

BIOSSIDO DI ZOLFO	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana.	1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per l'anno civile.
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO ₂

Tabella 4.3 MONOSSIDO DI CARBONIO

MONOSSIDO DI CARBONIO	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana.	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m^3

Tabella 4.4 BISSIDO DI AZOTO

BIOSSIDO DI AZOTO	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la Protezione della salute umana.	1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile.
Valore limite annuale per la Protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂
Soglia di allarme	3 ore consecutive	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂

Tabella 4.5 Ozono

Ozono	Periodo di mediazione	Valore obiettivo
Valore limite per la protezione della salute umana.	Massima media giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte l'anno come media su tre anni
Soglia di informazione	Media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	Media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

5. RISULTATI

L'indagine in oggetto si è svolta in quattro campagne quindicinali, una per stagione dall'estate 2013 alla primavera 2014 per una durata complessiva di 70 giorni utili.

Si elaborano di seguito i dati relativi agli inquinanti, calcolandone gli indici indicati dalla normativa vigente, la campagna ha i requisiti temporali sufficienti per confrontare tali indici con i limiti di riferimento imposti dal D. Lgs. 155/10.

Stagione	Periodo	numero giorni
Estate 2013	06/06 – 20/06/2013	15
Autunno 2013	07/09 – 24/09/2013	18
Inverno 2013-14	17/12 – 06/01/2014	19
Primavera 2014	03/04 – 29/04/2014*	18
TOTALE		70

*(Il periodo comprende un periodo di inattivazione nell'erogazione dell'energia elettrica).

5.1 Monossido di carbonio (CO)

I valori registrati dal mezzo mobile sono stati confrontati con la stazione fissa del comune di Livorno che misura il CO, che è la stazione di tipo traffico urbana situata in viale Carducci.

Tabella 5.1.1. Valori di concentrazione di CO del sito di indagine in confronto con i valori registrati dalle stazioni della rete del comune di Livorno nel medesimo periodo.

CO (mg/m ³)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)
	6-20 giugno 2013		7-24 sett 2013		17 dic-6 gennaio 2014		3-29 aprile 2014	
Dati validi (medie orarie)	99%	99%	94%	98%	99%	99%	100%	100%
Max. concentrazione oraria	0,9 (20/6)	1,1 (7/6)	0,6 (24/9)	2 (24/9)	9,7 (18/12)	4,0 (17/12)	0,8 (28/4)	2,3 (23/4)
Media delle concentrazioni orarie del periodo	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,8	0,1	0,3
N° superamenti della media mobile di 8 ore di 10 mg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0

CO (mg/m ³)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)
	Indagine complessiva giugno 2013- aprile 2014	
Max. concentrazione oraria del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali	9.7 (18/12)	4.0 (17/12)
Media delle concentrazioni orarie del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali	0.2	0.5

Durante il periodo oggetto di indagine (quattro periodi di campionamento) i valori di monossido di carbonio registrati dal mezzo mobile si sono mantenuti contenuti, al di sotto dei parametri indicati dalla normativa ed inferiori alle concentrazioni medie registrate nel sito di traffico del comune di Livorno. Il 18 dicembre si è verificato un picco delle concentrazioni di CO registrate dal mezzo mobile, si tratta di un episodio temporalmente ridotto, probabilmente dovuto ad una fonte di combustione che si è trovata accidentalmente vicina alla postazione. I valori si sono comunque mantenuti inferiori ai limiti di riferimento.

Grafico 5.1.1. Picco isolato di Monossido di Carbonio del 17 dicembre

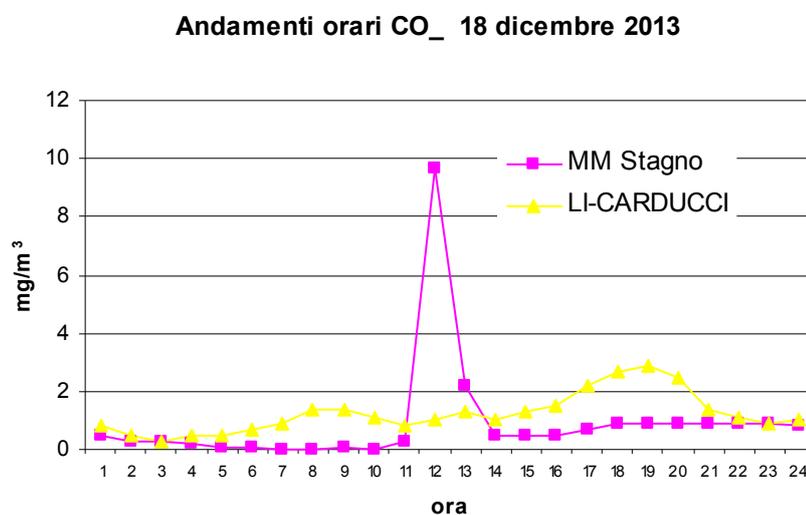
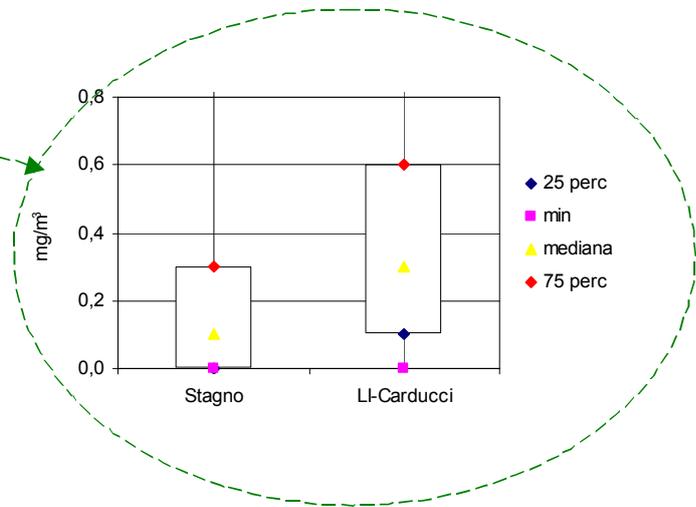
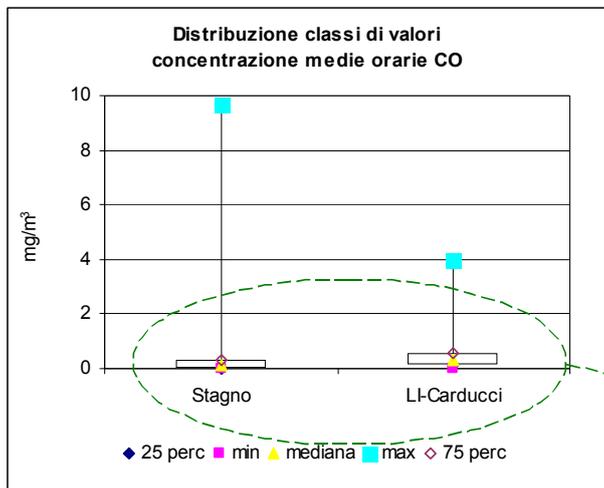


Grafico 5.1.2. Distribuzione dei quartili dei valori della concentrazione di CO durante i giorni di indagine



Si può notare che, a parte il breve picco di concentrazione già segnalato, la distribuzione delle concentrazioni di CO registrate presso la postazione di indagine principalmente compresa tra valori molto contenuti, mentre la stazione di traffico di Viale Carducci registra regolarmente valori più elevati

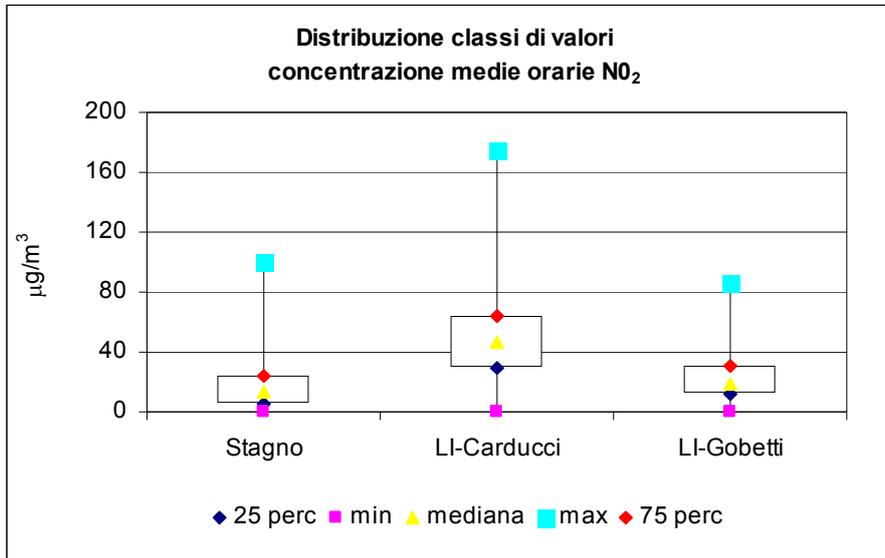
5.2 Biossido di azoto (NO₂)

Tabella 5.2.1. Valori di concentrazione di NO₂ del sito di indagine in confronto con i valori registrati dalle stazioni della rete del comune di Livorno nel medesimo periodo.

NO ₂ (µg/m ³)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Cappiello (UF)	LI-Gobetti (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Cappiello (UF)	LI-Gobetti (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Cappiello (UF)	LI-Gobetti (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Cappiello (UF)	LI-Gobetti (UF)
	6-20 giugno 2013				7-24 sett 2013				17 dic-6 gennaio 2014				3-29 aprile 2014			
Dati validi (medie orarie)	93%	96%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	96%	96%	95%	96%	95%	96%	96%	96%
Max. concentrazione oraria	58 (18/6)	115 (18/6)	80 (6/6)	83 (18/6)	45 (12/9)	139 (21/9)	93 (7/9)	65 (7-20/9)	92 (17/12)	175 (17/12)	72 (18/12)	87 (17/12)	53 (22/4)	106 (6/4)	95 (7/4)	75 (8/4)
Media delle concentrazioni orarie del periodo	15	56	26	22	13	45	22	22	20	46	19	27	10	47	21	21
N° superamenti del valore orario di 200 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂ (µg/m ³)					MM Stagno				LI-Carducci (UT)				LI-Cappiello (UF)		LI-Gobetti (UF)	
	Indagine complessiva giugno 2013- aprile 2014															
Max. concentrazione oraria del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali					92 (17/12)				175 (17/12)				95 (7/4)		87 (17/12)	
Media delle concentrazioni orarie del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali					15				48				22		23	

Come evidente dai dati riportati in tabella i valori di NO₂ registrati nel sito oggetto di indagine sono inferiori ai valori di riferimento normativi ed inferiori ai valori registrati nel sito di traffico, mentre risultano simili ai valori registrati negli stessi giorni presso le stazioni di fondo urbano del comune di Livorno. La media registrata nel sito è nettamente inferiore sia alla concentrazione media del 2013 registrata dalle stazioni di rete regionale (58%) che alla media del 2013 registrata dalle stazioni di fondo urbano della zona costiera (71%).

Grafico 5.2.1. Distribuzione dei quartili dei valori della concentrazione di NO₂ durante i giorni di indagine



5.3 Biossido di Zolfo (SO₂)

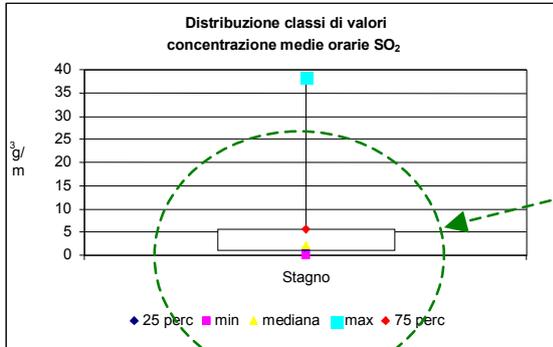
Tabella 5.3.1. Valori di concentrazione di SO₂ del sito di indagine in confronto con i valori registrati dalle stazioni della rete del comune di Livorno nel medesimo periodo.

SO ₂ (µg/m ³)	MM Stagno	MM Stagno	MM Stagno	MM Stagno
	6-20 giugno 2013	7-24 sett 2013	17 dic-6 gennaio 2014	3-29 aprile 2014
Dati validi (medie orarie)	100%	94%	100%	100%
N° superamenti del valore orario di 350 µg/m ³	0	0	0	0
N° superamenti del valore giornaliero di 125 µg/m ³	0	0	0	0
Max. valore orario rilevato nel periodo	38 (6/6)	22 (11/9)	4 (17/12)	14 (28/4)
Massimo media giornaliera rilevata nel periodo	11 (6/6)	10 (17/9)	2 (2/1)	10 (28/4)
Media delle medie giornaliere del periodo	3	5	1	5
SO ₂ (µg/m ³)	MM Stagno			
	Indagine complessiva giugno 2013- aprile 2014			
Max. concentrazione oraria del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali	38 (6/6)			
Media delle concentrazioni orarie del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali	3			

* relativi soltanto all'ultimo periodo nel quale il MM è stato attivo a Stagno

Come evidente dai dati riportati in tabella, anche i valori di SO₂ registrati nel sito oggetto di indagine sono inferiori ai valori di riferimento normativi.

Grafico 5.3.1. Distribuzione dei quartili dei valori della concentrazione di SO₂ durante i giorni di indagine



La distribuzione dei valori delle concentrazioni è stata per le otto settimane di indagine principalmente limitata a valori inferiori a 5 µg/m³

5.4 Polveri (PM10)

Tabella 5.4.1. Valori di concentrazione di PM10 del sito di indagine in confronto con i valori registrati dalle stazioni della rete del comune di Livorno nel medesimo periodo.

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Gobetti (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Gobetti (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Gobetti (UF)	LI-Cappiello (UF)	MM Stagno	LI-Carducci (UT)	LI-Gobetti (UF)	LI-Cappiello (UF)
	6-20 giugno 2013			7-24 sett 2013			17 dic-6 gennaio 2014				3-29 aprile 2014			
Dati validi (medie giornaliere)	87%	100%	100%	100%	100%	89%	90%	100%	100%	95%	100%	100%	100%	94%
Media delle medie giornaliere	20	22	16	21	21	19	22	40	23	19	18	22	15	16
N°superamenti del valore giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Massima media giornaliera rilevata nel periodo	30 (12/6)	36 (12/6)	25 (20/6)	36 (18-19/9)	31 (17/9)	29 (20/9)	42 (19/12)	49 (19/12)	46 (19/12)	30 (30/12)	31 (24/4)	41(7/4)	34 (7/4)	27 (7/4)
90,4° percentile	26	27	21	32	26	25	31	42	38	26	30	32	25	24
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				MM Stagno			LI-Carducci (UT)				LI-Gobetti (UF)			
	Indagini complessive giugno 2013- aprile 2014													
Media delle concentrazioni giornaliere del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali				20			24				19			
Max. concentrazione giornaliera del periodo formato dall'unione delle quattro indagini stagionali				42 (19/12)			49 (19/12)				46 (19/12)			
90,4° percentile				30			37				29			

I dati riportati in tabella indicano che nel sito oggetto di indagine sono state misurate concentrazioni di PM10 piuttosto contenute, inferiori a quelle misurate nel sito di traffico di Viale Carducci e simili alle concentrazioni misurate dalla stazione di fondo urbano della zona nord di Livorno. Ciò appare anche dal grafico riportato in seguito.

Qualora le misurazioni discontinue siano utilizzate per valutare il rispetto del limite, il DLgs 155/2010 nell'allegato 1 prevede che si confronti il 90,4° percentile dei valori di concentrazioni medie giornaliere misurate con il parametro di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, anziché il numero di superamenti di tale valore. Il 90,4° percentile calcolato sui dati registrati nel sito durante le 8 settimane di indagine è pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettando pienamente il criterio.

Grafico 5.4.1. Dati giornalieri di misurati dalle stazioni situate nel comune di Livorno, attive durante i periodi di indagine a Stagno.

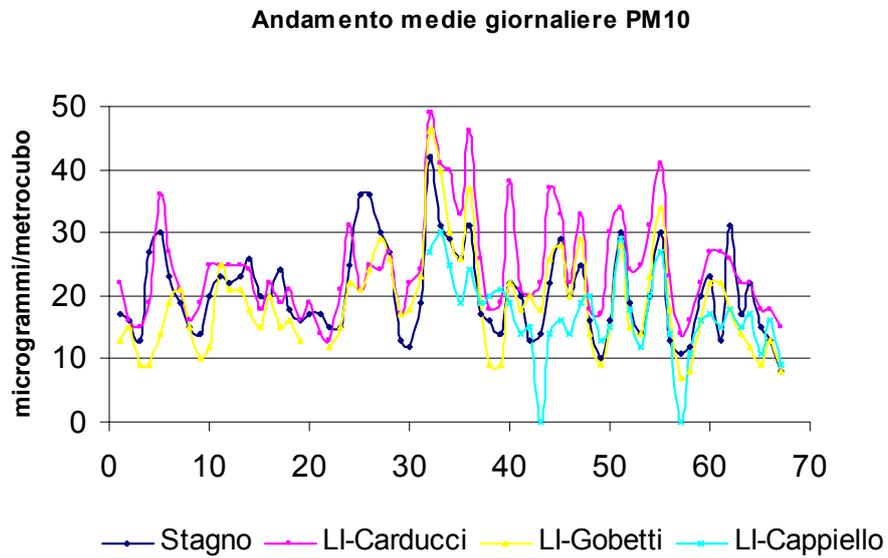
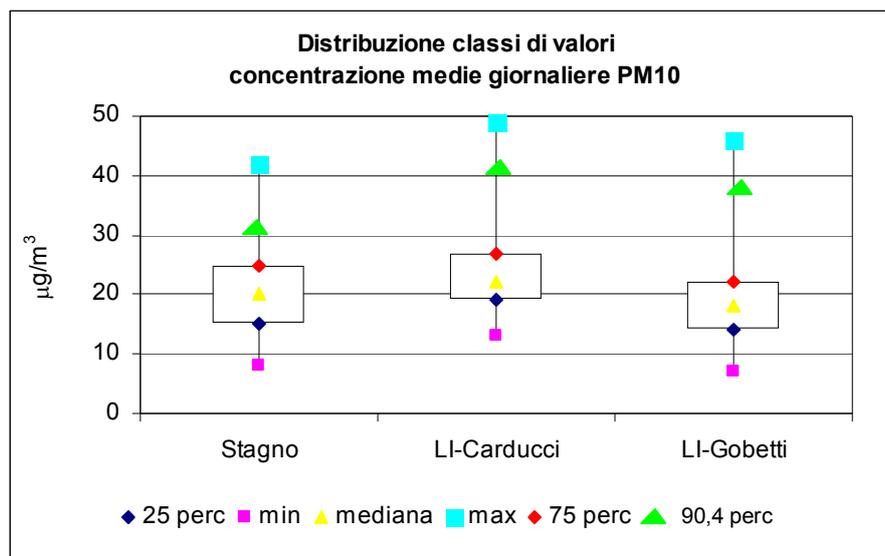


Grafico 5.4.2. Distribuzione dei quartili dei valori della concentrazione medie giornaliere di PM10 durante i giorni di indagine



Dal grafico 5.4.2 si nota che le concentrazioni medie giornaliere sono state mediamente contenute e c'è stata assenza di picchi rilevanti di PM10, sia presso il sito di indagine che presso le altre stazioni di rilevamento.

La media complessiva registrata nel sito di indagine ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$) è inferiore alla media della rete regionale del 2013 ($24\mu\text{g}/\text{m}^3$) ed alla media delle stazioni di fondo urbano della rete regionale ed alla media di zona del 2013 ($23\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.5 Ozono

Tabella 5.5.1. Valori di concentrazione di Ozono registrati nel sito di indagine in confronto con i valori registrati dalle stazioni di misura di ozono del comune di Rosignano M.mo.

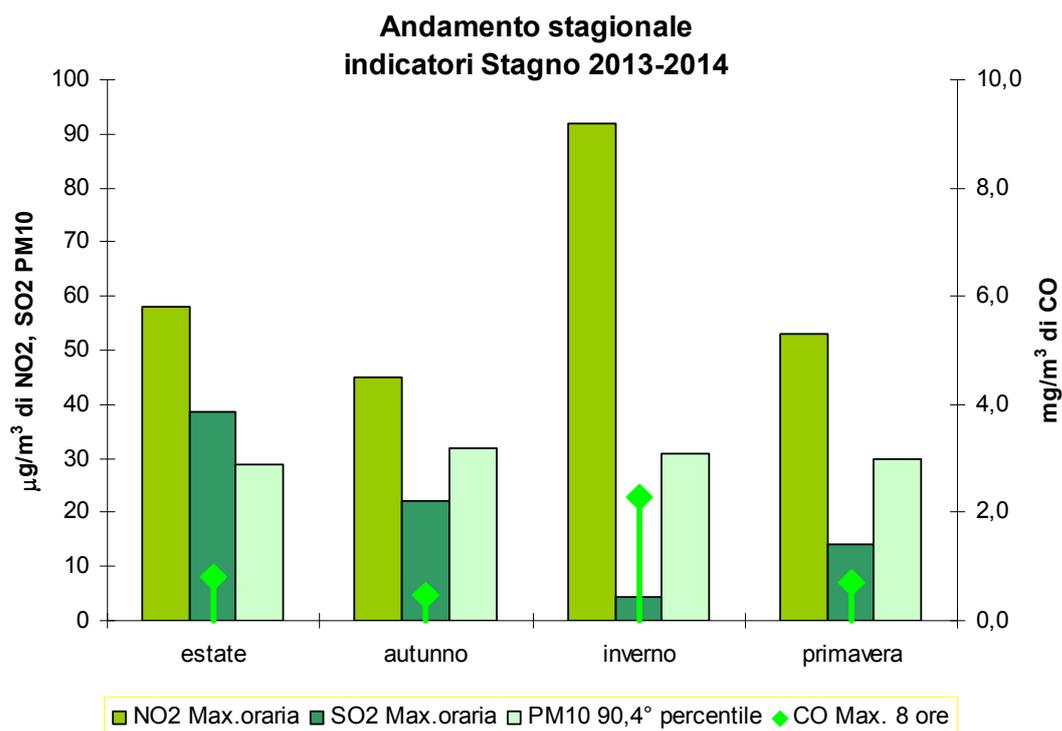
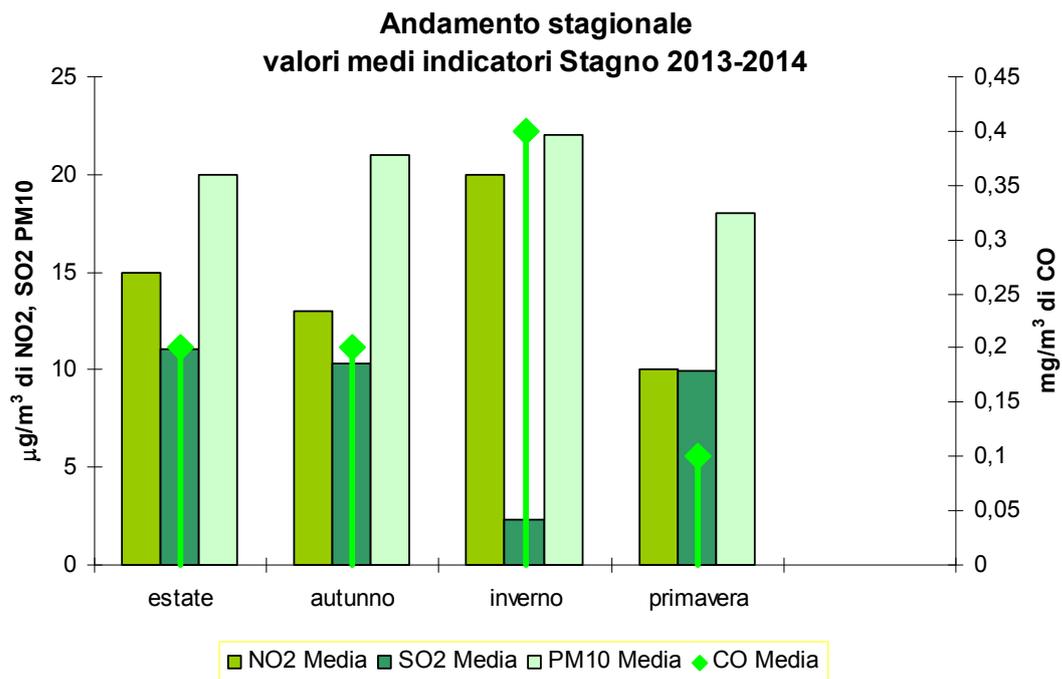
ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MM Stagno	LI-Poggio san Rocco	MM Stagno	LI-Poggio san Rocco	MM Stagno	LI-Poggio san Rocco	MM Stagno	LI-Poggio san Rocco
	6-20 giugno 2013		7-24 sett 2013		17 dic-6 gennaio 2014		3-29 aprile 2014	
Dati validi (medie orarie)	95%	87%	96%	88%	96%	96%	96%	96%
Valore medio orario del periodo	64	89	43	79	26	51	61	71
Max. valore orario rilevato nel periodo	131 (13/6)	138 (13/6)	95 (12/9)	117 (21/9)	81 (26/12)	70 (26/12)	121 (7/4)	101 (25/4)
Numero superamenti della media trascinata trascinata su otto ore $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	1	0	0	0	0	0	0
Numero superamenti della media oraria di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0	0	0	0	0	0	0
ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MM Stagno				Poggio San Rocco			
	Indagine complessiva giugno 2013- aprile 2014							
Valore medio orario del periodo	46				70			
Max. valore orario rilevato nel periodo	131(13/6)				138 (13/6)			

Per quanto l'importanza della misurazione dell'ozono sia legata al periodo da aprile a settembre e quindi la misurazione fatta ad intervalli di tempo quindicinali e stagionali non possa essere affatto indicativa, si può dire che i valori registrati durante i periodi di indagine sono stati contenuti ed inferiori ai riferimenti di norma.

5.6 Andamenti stagionali indicatori

Per il biossido di zolfo, biossido di azoto, PM10 e CO sono stati elaborati gli andamenti stagionali degli indicatori e delle medie rilevate in ogni campagna quindicinale.

Grafico 5.6.1 Andamenti stagionali per: NO₂, SO₂, PM10 e CO.

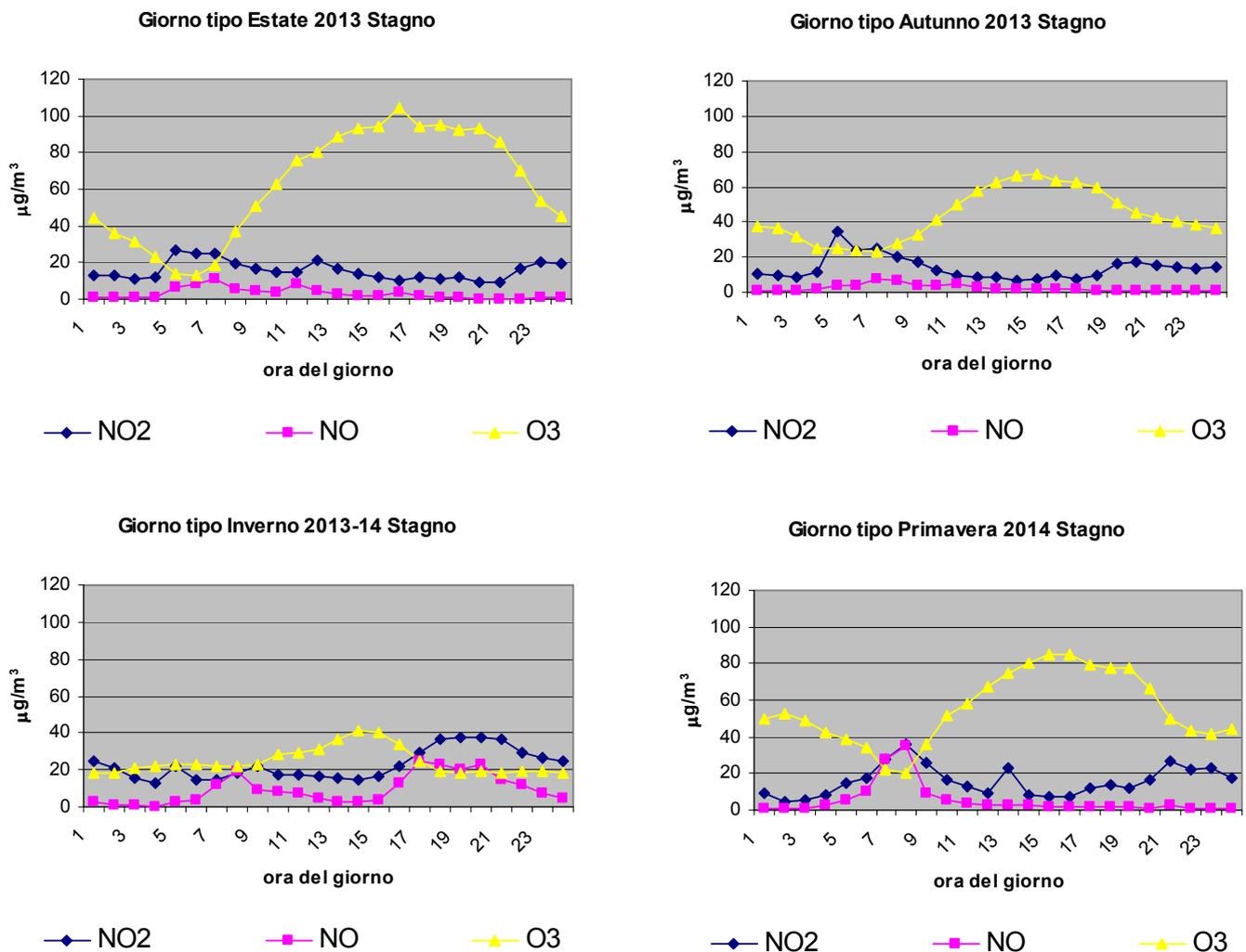


Entrambi gli istogrammi mostrano che la variabilità stagionale delle concentrazioni rilevate è stata piuttosto contenuta.

Si può comunque notare che i valori medi più elevati di concentrazioni di NO₂, PM10 e CO sono stati registrati durante la campagna invernale, in linea con i dati di qualità dell'aria della stazioni di rete regionale.

Si riportano per ogni stagione i grafici dell'andamento tipo NO₂-NO-O₃.

Grafico 5.6.2. Andamento stagionale tipo di NO₂-NO-O₃



L'andamento stagionale del giorno tipo NO₂-NO-O₃ rappresenta il profilo delle stazioni di fondo, con i valori di ozono che si alzano in primavera e soprattutto in estate, nelle ore in cui

l'irraggiamento solare è più intenso. I valori di NO₂ sono talmente contenuti che il profilo dell'andamento non mostra variabilità rilevanti durante la giornata.

5.7 Correlazioni

E' stata studiata la correlazione tra i dati di PM10 ed NO₂ registrati presso il sito di indagine di Stagno ed i dati registrati nel solito periodo presso la stazione urbana di fondo situata in via Gobetti, dato che dal confronto tra gli indicatori medi le due stazioni sono risultate potenzialmente rappresentative di situazioni di inquinamento simili.

Gli indicatori presi in considerazione per valutare una possibile associazione tra le due stazioni sono stati tre :

1. il coefficiente di correlazione di Brevas Pearson
2. il coefficiente di concordanza di Lin
3. il coefficiente di correlazione tra differenza e media.

Il coefficiente di Brevais-Pearson misura il grado di associazione lineare tra due variabili: un'alta correlazione indica che le due stazioni sono in fase, cioè le graduatorie dei valori sono rispettati e i valori sono concentrati intorno alla rette di regressione.

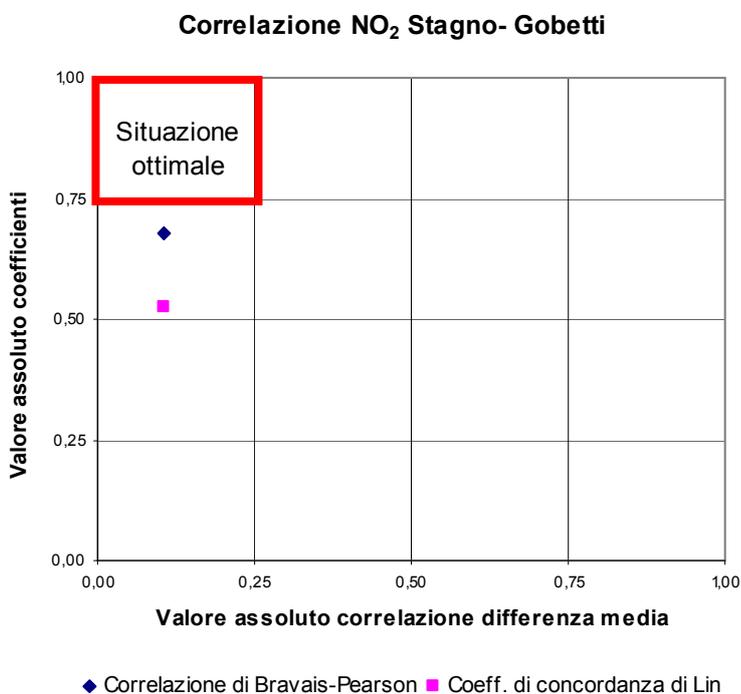
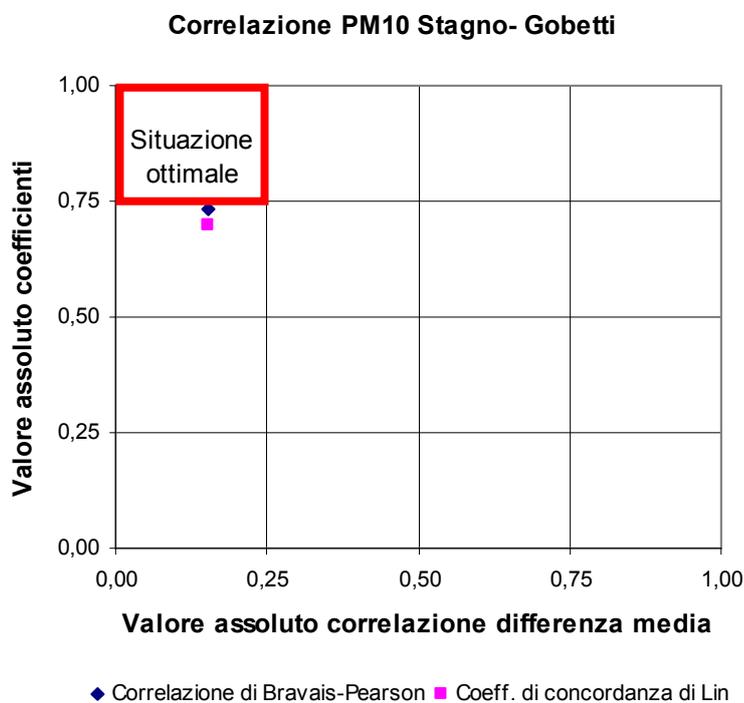
Il coefficiente di concordanza di Lin misura quanto le coppie di valori giornalieri rappresentati in un grafico di dispersione si scostino dalla bisettrice: un alto coefficiente di concordanza di Lin indica che le due stazioni misurano i soliti livelli di inquinamento.

Il coefficiente di correlazione tra differenza e media è calcolato come coefficiente di correlazione di Pearson tra due variabili che sono la media tra i due valori misurati dalle due stazioni e la loro media, se basso indica che i valori misurati dalle due stazioni hanno la stessa ampiezza di oscillazioni.

Correlando le coppie di valori medi giornalieri di PM10 e di NO₂ ottenuti dalle due stazioni oggetto del confronto sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Indicatore	PM10		NO ₂		Situazione ottimale
Coefficiente di Pearson	0,73	Medio alto	0,68	Medio	Alto
Coefficiente di concordanza di LIN	0,70	Medio alto	0,52	Medio	Alto
Correlazione media-differenza	0,15	Basso	0,11	Basso	Basso

Grafico 5.7.1. Rappresentazione grafica dei coefficienti di correlazione ottenuti



Gli indicatori indicano che è presente una correlazione migliore per PM10 rispetto NO₂ per quanto riguarda l'associazione lineare tra le variabili e la concordanza tra livelli di inquinamento rappresentato, mentre come oscillazioni intorno al valore medio esse sono molto limitate per entrambi i parametri.

5.8 Confronto con dati storici.

Il sito oggetto dell'indagine riportata in questa relazione, era stato oggetto di una precedente indagine avvenuta nel 2012, effettuata anche essa per mezzo del mezzo mobile della Provincia di Livorno. Sebbene l'indagine del 2012 non avesse raggiunto i requisiti temporali sufficienti per essere rappresentativa, durando soltanto dal 3 ottobre al 6 novembre 2012 e coprendo quindi un periodo di solo 35 giorni, non distribuiti nell'arco delle quattro stagioni, furono a suo tempo effettuate le elaborazioni degli indicatori.

Si utilizzano pertanto i dati rilevati nell'indagine del 2012 per un confronto con i dati della campagna 2013- 2014.

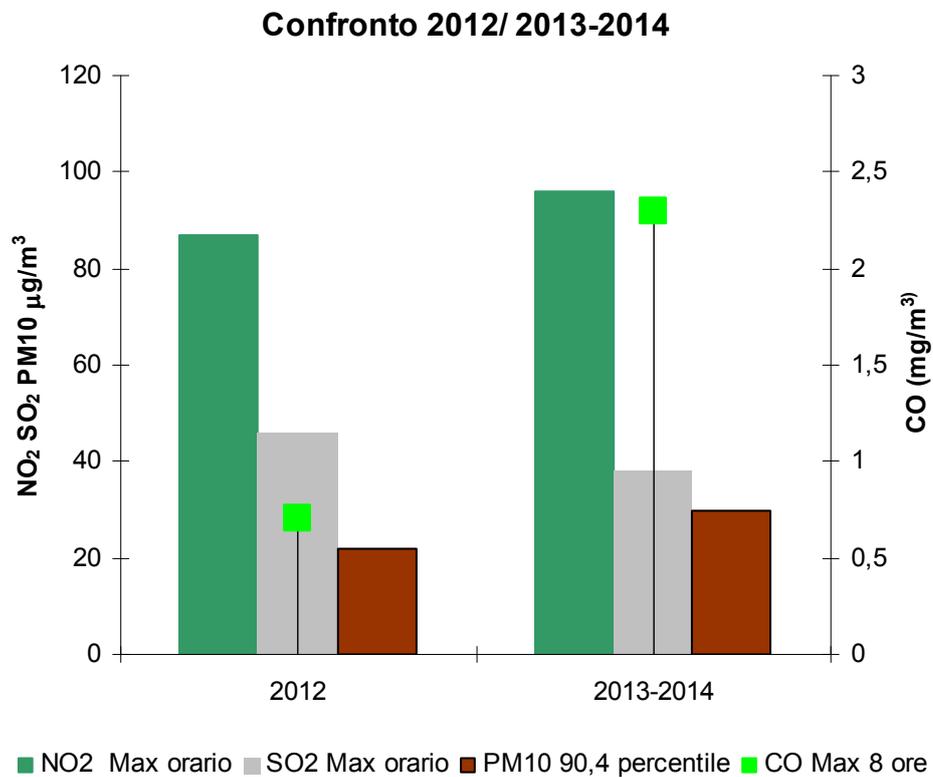
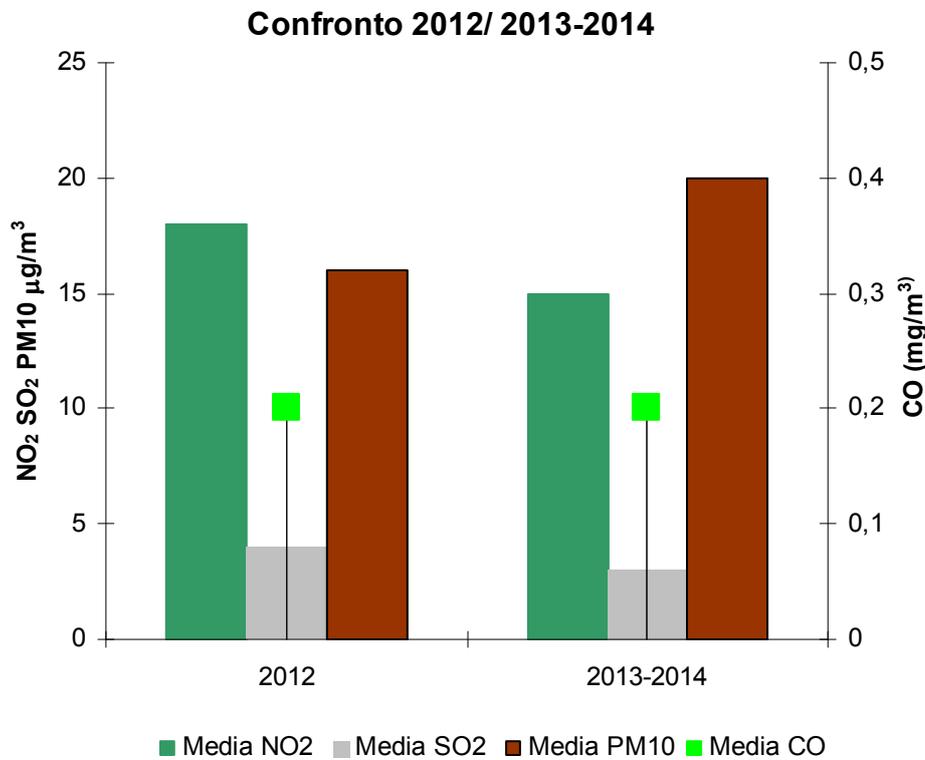
Indagine	Media CO (mg/m ³)	Media NO ₂ (µg/m ³)	Media SO ₂ (µg/m ³)	Media PM10 (µg/m ³)
autunno 2012	0,2	18	4	16
2013-2014	0,2	15	3	20

Indagine	Max 8 ore CO (mg/m ³)	Max oraria NO ₂ (µg/m ³)	Max oraria SO ₂ (µg/m ³)	90.4° percentile PM10 (µg/m ³)
autunno 2012	0.7	87	46	22
2013-2014	2,3	96	38	30

Dalle concentrazioni riportate in tabella, e per quanto si possa dedurre confrontando due indagine così diverse, si può concludere che non ci sono differenze sostanziali per quanto riguarda la qualità dell'aria del sito sottoposto ad indagine. Per quanto riguarda i valori medi registrati:

- la differenza del 20% tra la media di PM10 registrata nell'indagine 2013-2014 con quella della campagna 2012 è attribuibile al fatto quest'ultima non ha coinvolto il periodo invernale durante il quale si ha generalmente un aumento delle concentrazioni di PM10;
- la massima media oraria di CO di 9,7 mg/m³ registrata a dicembre 2013 è relativa ad un evento isolato e di breve durata.

Grafico 5.7.1. Confronto con i dati rilevati nel 2012



6. CONCLUSIONI

CO

Durante il periodo oggetto di indagine (quattro periodi di campionamento) i valori di monossido di carbonio registrati dal mezzo mobile si sono mantenuti contenuti, al di sotto dei parametri indicati dalla normativa ed inferiori alle concentrazioni medie registrate nel sito di traffico del comune di Livorno.

NO₂

I valori di NO₂ registrati nel sito oggetto di indagine sono inferiori ai valori di riferimento normativi ed inferiori ai valori registrati nel sito di traffico, mentre risultano simili ai valori registrati negli stessi giorni presso le stazioni di fondo urbano del comune di Livorno. La media registrata nel sito è risultata pari a 15 µg/m³ nettamente inferiore sia alla concentrazione media del 2013 registrata dalle stazioni di rete regionale (26 µg/m³) che alla media del 2013 registrata dalle stazioni di fondo urbano delle zona costiera (21 µg/m³).

SO₂

Come evidente dai dati riportati in tabella, anche i valori di SO₂ registrati nel sito oggetto di indagine sono inferiori ai valori di riferimento normativi e paragonabili ai valori registrati negli stessi giorni presso le stazioni di fondo urbano del comune di Livorno .

PM10

Nel sito oggetto di indagine sono state misurate concentrazioni di PM10 piuttosto contenute, inferiori a quelle misurate nel sito di traffico di Viale Carducci ed analoghe alle concentrazioni misurate dalla stazione di fondo urbano della zona nord di Livorno, con il 90.4° percentile pari a 30 µg/m³ e la media pari a 20 µg/m³.

La media complessiva registrata nel sito di indagine è pari all'83% della media della rete regionale del 2013 (24 µg/m³) ed all'87% della media delle stazioni urbane fondo della zona costiera (23 µg/m³).

Ozono

Per quanto l'importanza della misurazione dell'ozono sia legata al periodo da aprile a settembre e quindi la misurazione fatta ad intervalli di tempo quindicinali e stagionali non possa essere affatto

indicativa, si può dire che i valori registrati durante i periodi d iindagine sono stati contenuti ed inferiori ai riferimenti di norma.

In allegato i dati giornalieri di PM10 misurati dalle stazioni di Livorno nei giorni dell'indagine a Stagno

Data	MM Stagno	LI- Carducci	LI-Gobetti	LI-Cappiello
08/06/2013	17	22	13	
09/06/2013	16	16	15	
10/06/2013	13	15	9	
11/06/2013	27	19	9	
12/06/2013	30	36	14	
13/06/2013	23	27	19	
14/06/2013	19	21	21	
15/06/2013	15	16	15	
16/06/2013	14	19	10	
17/06/2013	20	25	12	
18/06/2013	23	25	25	
19/06/2013	22	25	21	
20/06/2013	23	25	21	
07/09/2013	26	24	18	
08/09/2013	20	18	15	
09/09/2013	20	22	20	
10/09/2013	24	19	15	
11/09/2013	18	21	16	
12/09/2013	16	16	13	
13/09/2013	17	19	-	
14/09/2013	17	14	-	
15/09/2013	15	13	12	
16/09/2013	15	21	15	
17/09/2013	25	31	22	
18/09/2013	36	21	21	
19/09/2013	36	25	24	
20/09/2013	30	24	29	
21/09/2013	27	27	26	
22/09/2013	13	17	17	
23/09/2013	12	22	18	
24/09/2013	19	24	23	
19/12/2013	42	49	46	27

20/12/2013	31	41	40	30
21/12/2013	29	40	30	25
22/12/2013	26	33	26	19
23/12/2013	31	46	37	24
24/12/2013	17	26	19	19
25/12/2013	16	18	9	20
26/12/2013	14	19	9	21
27/12/2013	22	38	22	19
28/12/2013	20	21	18	14
29/12/2013	13	20	20	15
30/12/2013	14	22	18	-
31/12/2013	22	37	26	14
01/01/2014	29	33	28	16
02/01/2014	20	22	20	14
03/01/2014	25	33	29	19
04/01/2014	16	18	14	20
05/01/2014	10	17	9	13
06/01/2014	16	30	15	15
03/04/2014	30	34	28	29
04/04/2014	19	24	15	18
05/04/2014	14	25	14	12
06/04/2014	20	31	23	20
07/04/2014	30	41	34	27
08/04/2014	13	23	18	14
19/04/2014	11	14	7	-
20/04/2014	12	16	8	11
21/04/2014	20	22	16	16
22/04/2014	23	27	22	17
23/04/2014	13	27	22	15
24/04/2014	31	26	18	18
25/04/2014	17	22	14	15
26/04/2014	22	22	12	17
27/04/2014	15	18	9	11
28/04/2014	13	18	13	16
29/04/2014	8	15	8	9