



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

Presso
Portoferraio, Porto

Indagine 2020-2021

Centro Regionale Tutela Qualità dell'aria

REPORT

ARIA 

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

Portoferraio – Porto

5 settembre 2020 – 14 settembre 2021

A cura di:

Bianca Patrizia Andreini

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

Autori :

Fiammetta Dini, Elisa Bini, Chiara Collaveri, Stefano Fortunato, Marina Rosato

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

Dicembre 2021

Indice generale

SINTESI.....	4
1. INTRODUZIONE.....	5
2. SITO DI INDAGINE, LABORATORI MOBILI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	5
3. VALORI DI PM10 e di PM2,5.....	9
3.1. Polveri PM10.....	9
3.2. Polveri PM2,5.....	10
3.3. Polveri PM10 e PM2,5.....	12
4. VALORI DI OSSIDI DI AZOTO.....	16
4.1. Biossido di azoto (NO ₂).....	16
4.2. Biossido di azoto (NO ₂) e monossido di azoto: confronto con le stazioni della RRQA.....	18
4.3. Biossido di azoto (NO ₂) e monossido di azoto: giorno tipo del sito di indagine.....	21
4.4. Ossidi di azoto (NO ₂ -NO e vento incidente).....	22
5. VALORI DI MONOSSIDO di CARBONIO.....	28
5.1. Monossido di carbonio (CO).....	28
5.2. Monossido di carbonio (CO): confronto con le stazioni della RRQA.....	29
5.3. Monossido di carbonio (CO): giorno tipo del sito di indagine.....	30
6. VALORI DI OSSIDO DI ZOLFO.....	31
6.1. Biossido di zolfo (SO ₂).....	31
6.2. Biossido di zolfo (SO ₂): confronto con le stazioni della RRQA.....	32
6.3. Biossido di zolfo (SO ₂): giorno tipo del sito di indagine.....	34
7. BIOSSIDO DI AZOTO E BIOSSIDO DI ZOLFO, ANALISI CONCENTRAZIONI MEDIE MINUTO IN FUNZIONE DEL VENTO INCIDENTE.....	35
7.1. Posizione del MM rispetto al territorio circostante.....	35
7.2. Analisi dati meteo di velocità e direzione del vento indagine 2020.....	36
7.3. Analisi distribuzione delle concentrazioni di NO ₂ ed NO indagine 2020.....	38
7.4. Analisi distribuzione delle concentrazioni al minuto di SO ₂ indagine 2020.....	42
7.5. Analisi dati meteo di velocità e direzione del vento indagine 2021.....	43
7.6. Analisi distribuzione delle concentrazioni medie al minuto di NO ₂ ed NO indagine 2021	44
7.7. Analisi distribuzione delle concentrazioni al minuto di SO ₂ indagine 2021.....	48
7.8. NO ₂ E SO ₂ IN FUNZIONE DEL VENTO INCIDENTE: CONCLUSIONI.....	50
8 CONCLUSIONI.....	52
Appendice: LIMITI NORMATIVI PER GLI INQUINANTI OGGETTO DI INDAGINE.....	53

SINTESI

ARPAT ha effettuato una campagna d'indagine per il monitoraggio dell'aria ambiente nel territorio dell'Isola d'Elba, all'interno dell'area portuale di Portoferraio. L'indagine si è articolata in due periodi temporali successivi, di cui il primo si è svolto dal 4 settembre al 19 ottobre 2020 e l'altro dal 7 luglio al 14 settembre 2021.

I risultati del monitoraggio indicano che le concentrazioni di polveri PM10 e PM2,5 sono state abbondantemente inferiori ai limiti di normativa, con valori poco più elevati rispetto a quelli del fondo urbano registrate nel periodo dalle stazioni della Zona Costiera della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria.

I risultati del monitoraggio indicano che anche le concentrazioni di NO₂ sono state abbondantemente inferiori ai limiti di normativa. Esse sono state mediamente più elevate di quelle del fondo urbano della Zona Costiera (ma inferiori ai valori registrati nella stazione di traffico). Per quanto riguarda le concentrazioni di NO, esse sono state nettamente più elevate dei valori sia di fondo che di traffico delle stazioni di monitoraggio della Zona Costiera. Elevati valori di NO sono stati caratteristici in particolare del periodo estivo e sembrano indicare una fonte di emissione molto prossima al sito di indagine.

Il monitoraggio del CO ha mostrato valori molto contenuti e nettamente inferiori ai parametri normativi come anche il monitoraggio dell'SO₂, con valori non significativamente diversi dal fondo urbano.

L'analisi dei dati al minuto di NO₂, NO e di SO₂ mostra che gran parte del periodo di indagine è stato caratterizzato da concentrazioni poco significative, anche come medie al minuto. Le poche e sporadiche concentrazioni significativamente più elevate sono state registrate con una netta prevalenza di vento proveniente dal settore Sud-SE, corrispondente all'insenatura del porto.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della convenzione con l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno settentrionale, ARPAT ha effettuato una campagna d'indagine per il monitoraggio dell'aria ambiente nel territorio dell'Isola d'Elba, all'interno dell'area portuale di Portoferraio, nel Porto in prossimità del molo 5. L'indagine si è svolta nell'arco di un anno circa, articolandosi in due periodi temporali successivi, di cui il primo si è svolto dal 4 settembre al 19 ottobre 2020 e l'altro dal 7 luglio al 14 settembre 2021. I due periodi sono caratterizzati da elevato traffico navale e veicolare rispetto ai restanti periodi dell'anno.

Nei due diversi periodi per effettuare la campagna sono stati utilizzati due diversi laboratori mobili per il rilevamento della qualità dell'aria. Il laboratorio mobile utilizzato nel 2020 era stato attrezzato per la misura in continuo di biossido di azoto, monossido di carbonio ed biossido di zolfo e con campionatori per le polveri PM10 e PM2,5, con cui sono stati raccolti i campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica del particolato, mentre il laboratorio mobile utilizzato nel 2021 è stato attrezzato per la misura in continuo di biossido di azoto, biossido di zolfo, PM10 e PM2,5.

2. SITO DI INDAGINE, LABORATORI MOBILI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA



Immagine 2.1. Posizione del MM rispetto al territorio circostante.

La figura seguente mostra la posizione del sito oggetto di indagine rispetto alla costa toscana, al territorio dell'Isola d'Elba e, nel dettaglio, al golfo di Portoferraio.

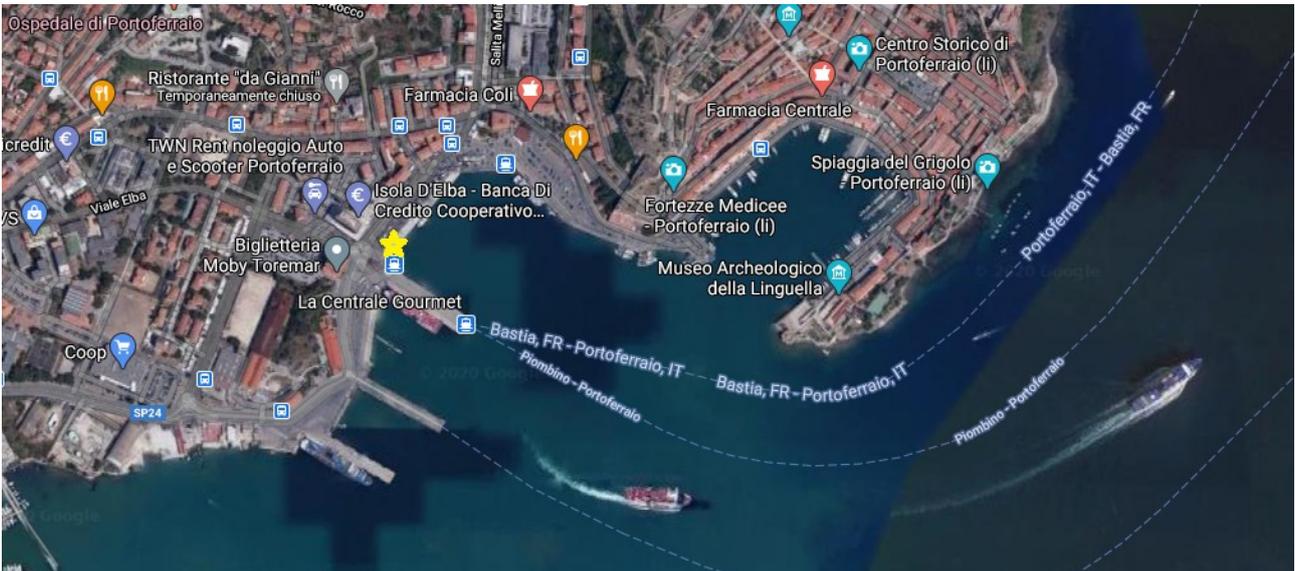


Immagine 2.2. Postazione di indagine vista dall'alto

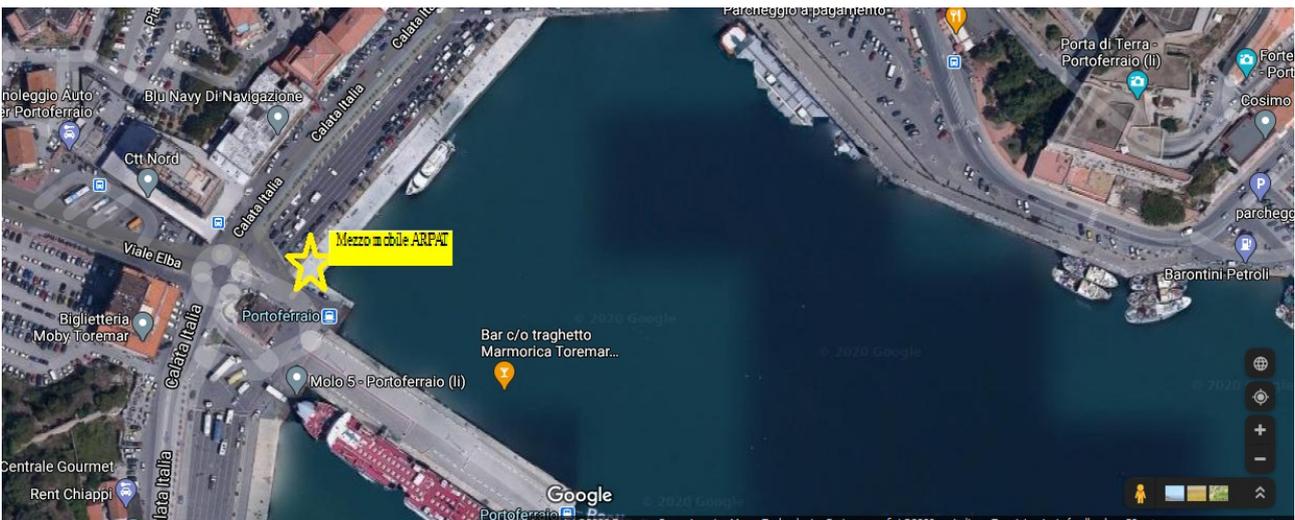


Immagine 2.3. Posizionamento mezzo mobile sul ponte 5

Il sito scelto si trova dentro l'area di competenza del porto di Portoferraio, a pochi metri dal molo 5 e dal mare, immediatamente adiacente a locale "Caffè del porto".

Il periodo di svolgimento della prima parte dell'indagine ha compreso 45 giorni a cavallo tra l'estate e l'autunno 2020.

Periodo monitoraggio 2020	
4 settembre 2020	19 ottobre 2020

Per effettuare la campagna del 2020 è stato portato sul posto un laboratorio mobile di proprietà e gestione di ARPAT. Il furgone (AUTOLAB-CJ845CC) è dotato di analizzatori per la misura della qualità dell'aria in continuo per il biossido di azoto, monossido di carbonio e per il biossido di zolfo ed è stato attrezzato con campionatori in continuo per le polveri PM10 e PM2,5, per la raccolta di campioni giornalieri destinati alla determinazione gravimetrica in laboratorio.

Strumentazione utilizzata per il monitoraggio e per il campionamento delle polveri 2020		
Inquinante	Marca Modello	Metodo
NOx	API 200 E Teledyne	UNI EN 14211:2012
CO	API 300E Teledyne	UNI EN 14626:2012
SO ₂	API 101A Teledyne	UNI EN 14212:2012
PM10 e PM2,5	Campionatore Swam Dual Channel	UNI EN 16450:2017

Tabella 2.1.Strumentazione utilizzata per il monitoraggio 2020

Il periodo di svolgimento della seconda parte dell'indagine ha compreso 69 giorni e si è svolta durante l'estate 2021.

Periodo monitoraggio 2021	
7 luglio 2021	14 settembre 2021

Per effettuare la seconda parte dell'indagine, nell'estate 2021 è stato portato sul posto un secondo laboratorio mobile di proprietà e gestione di ARPAT. Il furgone (AUTOLAB-DB329YN) è dotato di analizzatori per la misura della qualità dell'aria in continuo per biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo e per le polveri PM10 e PM2,5.

Strumentazione utilizzata per il monitoraggio in continuo 2021		
Inquinante	Marca Modello	Metodo
NOx	API T 200 E Teledyne	UNI EN 14211:2012
SO ₂	API T 100 Teledyne	UNI EN 14212:2012
CO	API 300E Teledyne	UNI EN 14626:2012
PM10 e PM2,5	Analizzatore Swam Dual Channel con sorgente Beta	UNI EN 16450:2017

Tabella 2.2.Strumentazione utilizzata per il monitoraggio 2021

I valori presi a riferimento nella presente relazione sono riportati in Appendice e derivano dal D.Lgs.155/2010.

Le misurazioni effettuate in questa indagine non rispondono alle caratteristiche temporali delle campagne indicative (nelle quattro stagioni dell'anno) in quanto è stato monitorato il periodo corrispondente al maggior traffico navale nel porto di Portoferraio.

Tuttavia i risultati del monitoraggio sono stati confrontati con i valori di riferimento della normativa.

3. VALORI DI PM10 e di PM2,5

3.1. Polveri PM10

Per quanto riguarda il PM10 i campionamenti relativi alla prima parte dell'indagine hanno fornito i seguenti risultati:

PM10_ 2020	
N° valori medi giornalieri validi	39
Massimo valore medio giornaliero	31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
90,4° percentile	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Media periodo	19,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3.1.1. Risultati PM10 2020

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'arco dell'anno 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 Come mostrano i dati in tabella i valori di PM10 registrati sono stati contenuti per tutto il periodo di indagine, con valori medi giornalieri sempre inferiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e massimo pari a 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre il 90,4° percentile, che è il valore da confrontare con 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per le campagne è pari a 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La media complessiva del periodo è stata anche essa contenuta e pari a 19,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, circa il 50% del valore limite di riferimento per la media annuale. Si è registrato un calo delle concentrazioni tra l'estate e l'autunno, probabilmente a causa della diminuzione delle attività turistiche locali.

Relativamente all'indagine svolta durante l'estate del 2021, per il PM10 sono stati ottenuti i seguenti risultati:

PM10_ 2021	
N° valori medi giornalieri validi	60
Massimo valore medio giornaliero	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
90,4° percentile	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Media periodo	19,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3.1.2. Risultati PM10 2021

Anche in questo periodo la media è stata contenuta, leggermente inferiore a quella registrata nel 2020 e pari a 19,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nonostante il valore massimo ed il 90,4° percentile siano superiori. Inoltre non sono stati registrati episodi acuti di concentrazione media giornaliera superiore alla soglia di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con massimo pari a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 90,4° percentile

pari a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori più alti di PM10 sono stati registrati nel periodo intorno al 15 agosto.

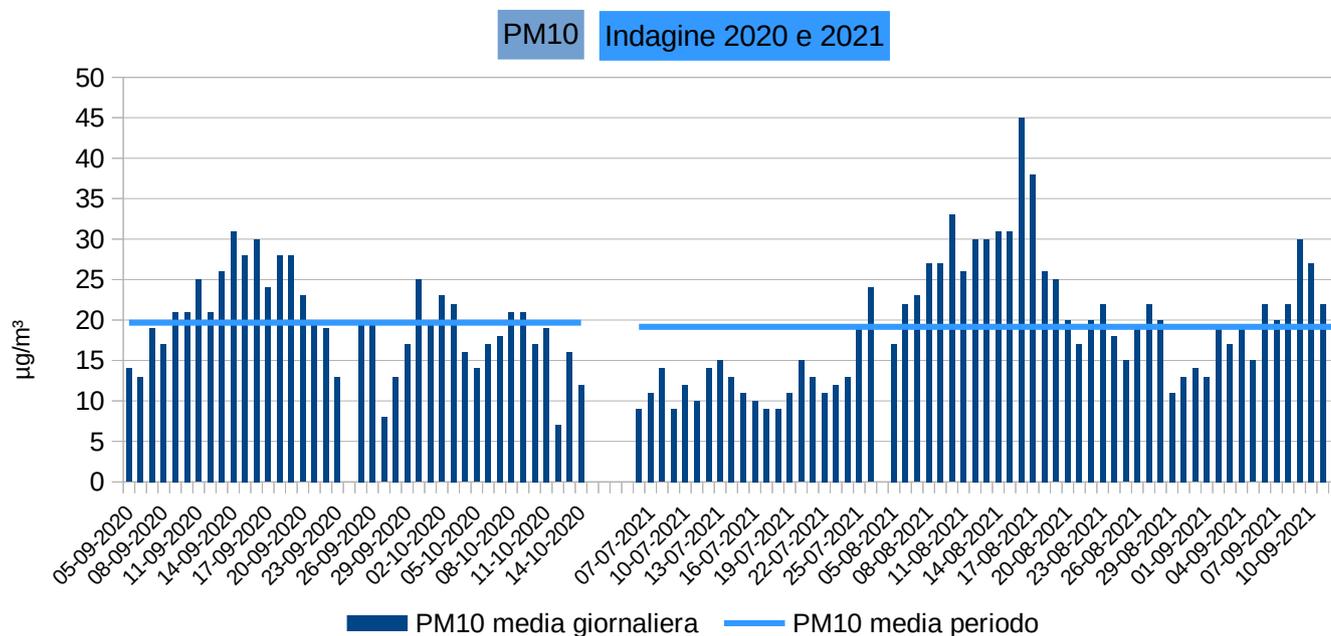


Grafico 3.1.1. Risultati PM10

3.2. Polveri PM2,5

Per quanto riguarda il PM2,5, la normativa indica come limite una media annuale di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante la prima fase di campionamento i valori di concentrazioni che sono stati registrati sono stati i seguenti:

PM2,5	
N° valori medi giornalieri validi	39
Massimo valore medio giornaliero	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Media periodo	$10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3.2.1. Risultati PM2,5_2020

I valori di PM2,5 registrati nell'estate-autunno 2020 sono stati molto contenuti per tutto il periodo di indagine, con massimo giornaliero pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e media complessiva del periodo pari a $10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Anche per il PM2,5 si è registrato un calo delle concentrazioni tra l'estate e l'autunno, probabilmente a causa della diminuzione delle attività turistiche locali.

Nell'estate 2021 sono stati registrati i seguenti risultati:

PM2,5	
N° valori medi giornalieri validi	60
Massimo valore medio giornaliero	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Media periodo	9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabella 3.2.2. Risultati PM2,5_2021

I valori di PM2,5 registrati nell'estate 2021 sono stati molto contenuti per tutto il periodo di indagine, con massimo giornaliero pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e media complessiva del periodo pari a 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analogamente a quanto osservato per il PM10 nonostante il valore giornaliero massimo sia stato pari a 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superiore a quello del 2020, la media complessiva è risultata leggermente inferiore all'anno precedente.

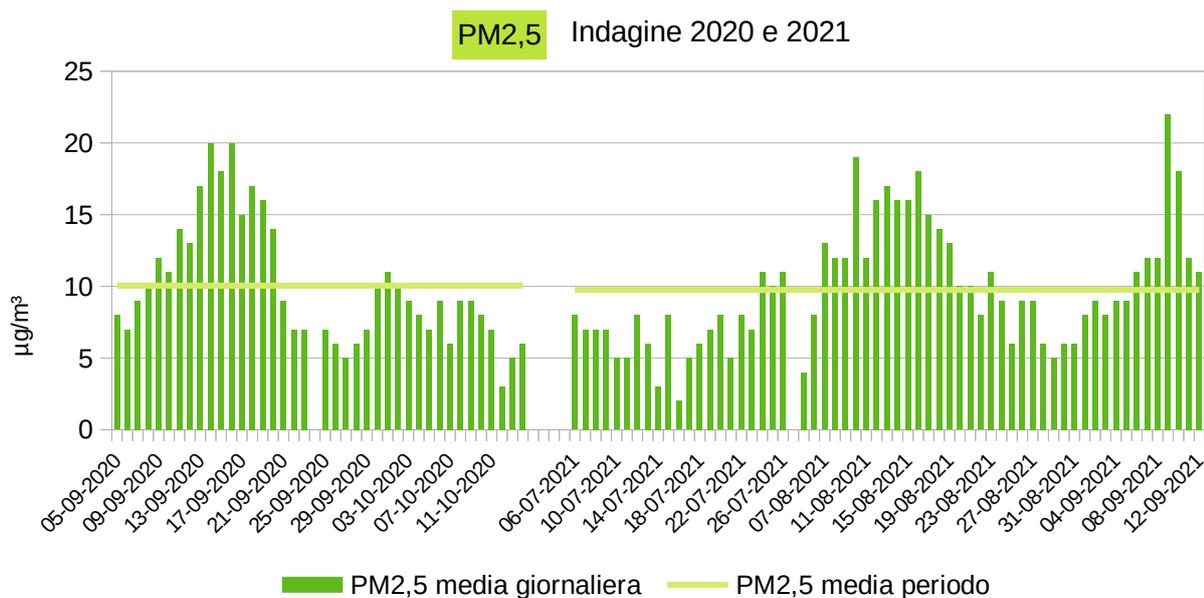


Grafico 3.2.1. Risultati PM2,5.

3.3. Polveri PM10 e PM2,5

La seguente tabella riassume i risultati del campionamento di entrambi i periodi di indagine:

Indicatori $\mu\text{g}/\text{m}^3$		2020	2021	2020-2021
PM10	N° valori medi giornalieri validi	39	60	99
	Massimo valore medio giornaliero	31	45	45
	90,4° percentile	28	30	29
	Media periodo	19,7	19,2	19,4
PM2,5	N° valori medi giornalieri validi	39	60	99
	Massimo valore medio giornaliero	20	22	22
	Media periodo	10,1	9,8	9,9

Tabella 3.3.1. Particolato- Risultati totali

L'esame dei dati di tutta la campagna di indagine nel complesso fa emergere che tra i due periodi non sono state riscontrate differenze sostanziali, oltre ad un leggero incremento delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 nei giorni intorno al 15 agosto 2021. Nel complesso sia le concentrazioni medie del periodo che i valori giornalieri hanno rispettato i valori indicati dalla normativa.

Concentrazioni medie giornaliere PM10 e PM2,5

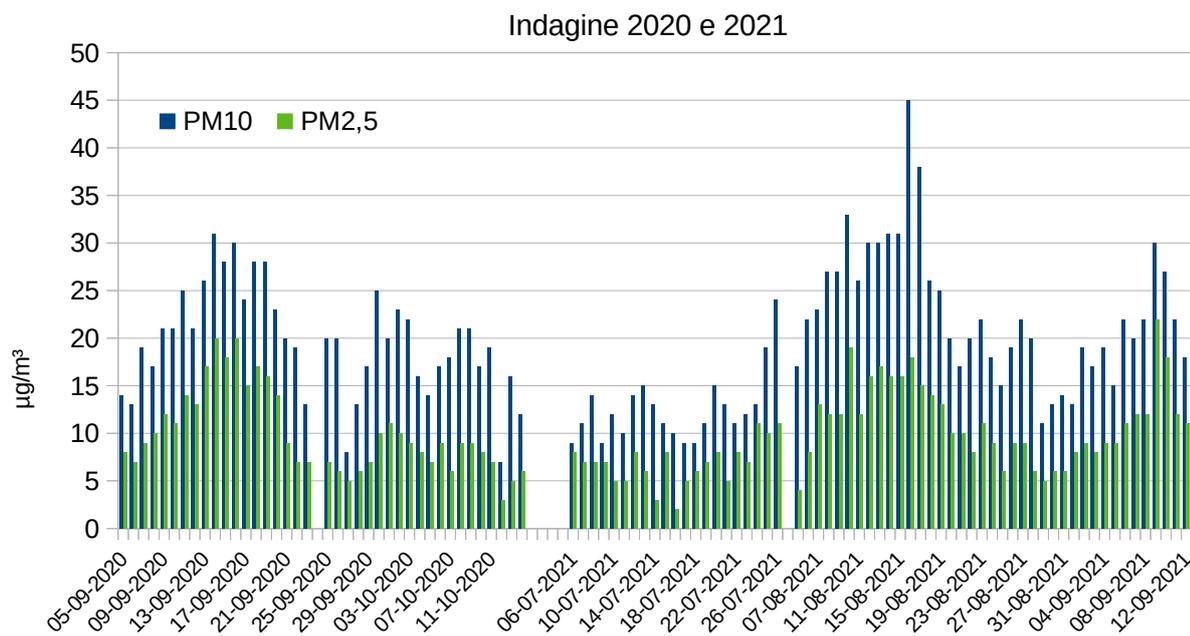


Grafico 3.3.1. Risultati PM10 e PM2,5

Per ciascuno dei 99 giorni di campionamento sono stati confrontati i valori medi giornalieri del PM10 e del PM2,5 e sono state calcolate le percentuali della frazione di PM2,5 contenuta nel PM10.

Per il primo periodo di indagine 2020 la percentuale di PM2,5 nel PM10 è stata mediamente del 50% con valori massimi del 67% nei giorni in cui sono stati registrati i

valori più alti e valori minimi del 30%. Nel secondo periodo di indagine 2021 la media di PM2,5 nel PM10 è stata del 52%, poco superiore al 2020, ma, in particolare nel mese di luglio 2021, c'è stata più variabilità con massimo pari a 89% e minimo pari a 20% di PM2,5 nel PM10.

PM2,5/PM10	2020	2021	2020-2021
Media	50%	52%	51%
Massimo	67%	89%	89%
Minimo	30%	20%	20%

Tabella 3.3.2. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10

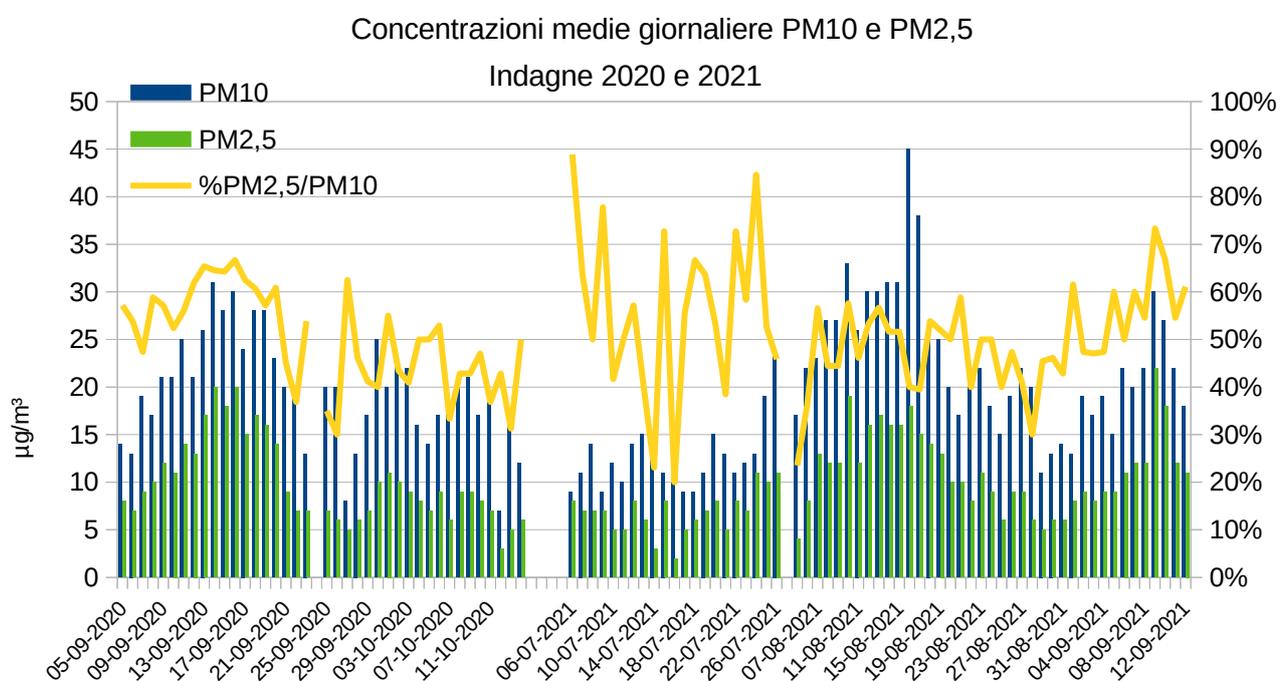


Grafico 3.3.2. Risultati frazione di PM2,5 nel PM10

La percentuale media di PM2,5 nel PM10 trovata nei campioni di Portoferraio è di poco superiore a quella delle stazioni di Livorno che hanno misurato entrambi gli inquinanti nel periodo che è pari a 49%.

Confrontando i valori delle concentrazioni medie giornalierie registrate presso il sito di indagine con quelli registrati nei soliti giorni dalle stazioni della RRQA, Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria sono stati ottenuti i dati riportati in tabella.

Concentrazioni relative al periodo completo di monitoraggio $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
PM10	ELBA-Portoferraio	LI-Piombino-PARCO-VIII-III	LI-Piombino COTONE	LI-Livorno LAPIRA	LI-Livorno CAPPIELLO	LI-Livorno CARDUCCI (Traffico)
Massimo valore medio giornaliero	45	42	42	36	39	42
90,4° percentile	29	26	26	26	25	31
Media periodo	19,4	18,9	18,0	17,1	16,8	21,4
PM2,5	ELBA-Portoferraio	LI-Livorno CAPPIELLO	LI-Livorno CARDUCCI (Traffico)			
Massimo valore medio giornaliero	22	20	24			
90,4° percentile	17	15	18			
Media periodo	9,9	8,3	10,6			

Tabella 3.3.3. Confronto con stazioni di RRQA

Come si evince dai dati riportati in tabella le concentrazioni di polveri registrate nel sito di indagine sono molto simili a quelle registrate sulla costa, leggermente superiori ai valori del fondo urbano e di poco inferiori ai valori registrati dalla stazione di traffico. Anche gli andamenti giornalieri sono molto simili tra le stazioni di rete regionale e la postazione di Portoferraio.

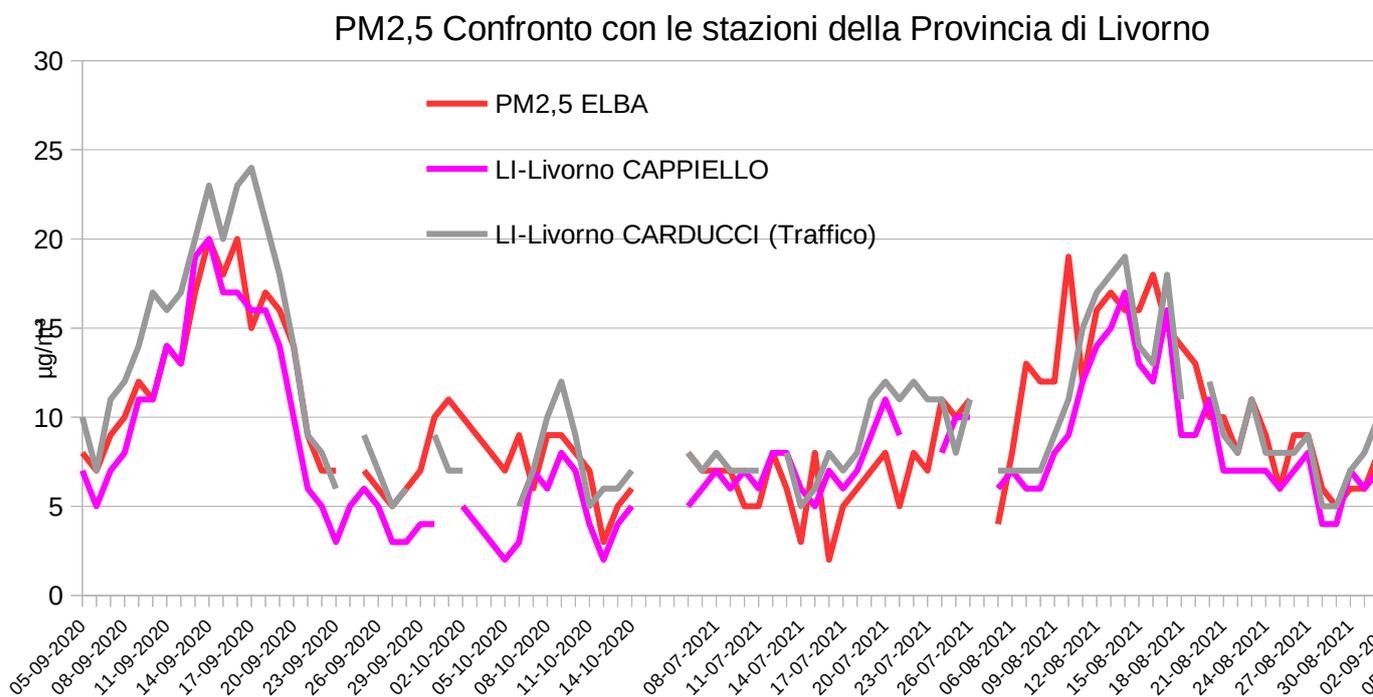
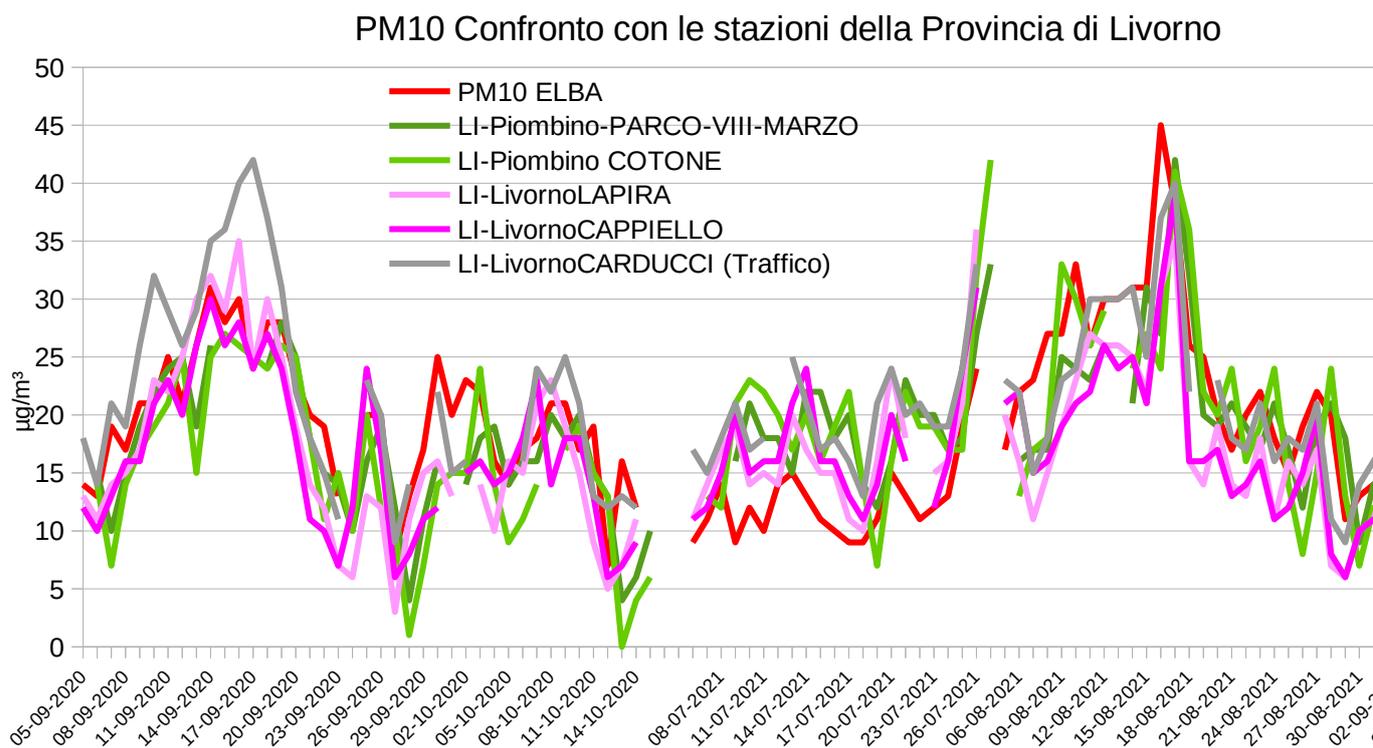


Grafico 3.3.3. Confronto con stazioni di RRQA

4. VALORI DI OSSIDI DI AZOTO

4.1. Biossido di azoto (NO₂)

La normativa indica per il biossido di azoto due limiti normativi: una media annuale di 40 µg/m³, ed un numero massimo di 18 superamenti della media oraria di 200 µg/m³, che per le campagne indicative si traduce nel confrontare la media dei valori orari del periodo con il riferimento di 40 µg/m³ e calcolare il 99,8° percentile dei valori orari che deve essere inferiore a 200 µg/m³.

Il monitoraggio relativo alla prima parte dell'indagine, svoltasi nel periodo estate-autunno 2020 ha fornito i seguenti risultati:

	NO2	NO	NOx
N°giorni di campionamento validi	45	45	45
N° valori medi orari validi	1020	1020	1020
Massimo valore medio orario µg/m ³	97	143	316
99,8° percentile valore medio orario µg/m ³	82	128	277
Media periodo µg/m ³	21	12	40
Massimo valore medio giornaliero µg/m ³	36	35	89

Tabella 4.1.1. Risultati NO₂ 2020

Come mostrano i dati in tabella per tutta l'indagine, i valori di NO₂ non hanno registrato alcun superamento del valore massimo orario di 200 µg/m³, con massima media oraria registrata pari a 97 µg/m³ e media del periodo pari a 21 µg/m³. Il 99,8° percentile relativo al primo periodo è stato pari a 82 µg/m³, quindi entro i parametri di normativa.

Il monitoraggio relativo alla prima seconda dell'indagine, svoltasi nel periodo estate 2021 ha fornito i seguenti risultati:

	NO2	NO	NOx
N°giorni di campionamento validi	71	71	71
N° valori medi orari validi	1631	1631	1631
Massimo valore medio orario µg/m ³	163	496	897
99,8° percentile valore medio orario µg/m ³	133	357	666
Media periodo µg/m ³	24	20	54
Massimo valore medio giornaliero µg/m ³	50	98	196

Tabella 4.1.2. Risultati NO₂ 2021

Anche nella seconda parte dell'indagine i valori di NO₂ registrati non hanno registrato alcun superamento dei parametri di normativa sebbene i valori di biossido di azoto siano stati mediamente superiori a quelli del 2020 per il 15%, con media pari a 24 µg/m³. La massima media oraria registrata è stata pari a 163 µg/m³ ed il 99,8° percentile è stato pari a 133 µg/m³, quindi entro i parametri di normativa sebbene superiori ai valori del 2020. I valori di NO (parametro per cui non ci sono attualmente

valori limite), sono stati nel 2021 nettamente superiori ai valori del 2020, con media complessiva quasi con valore doppio rispetto al 2020 e 99,8° percentile quasi triplo dei valori 2020.

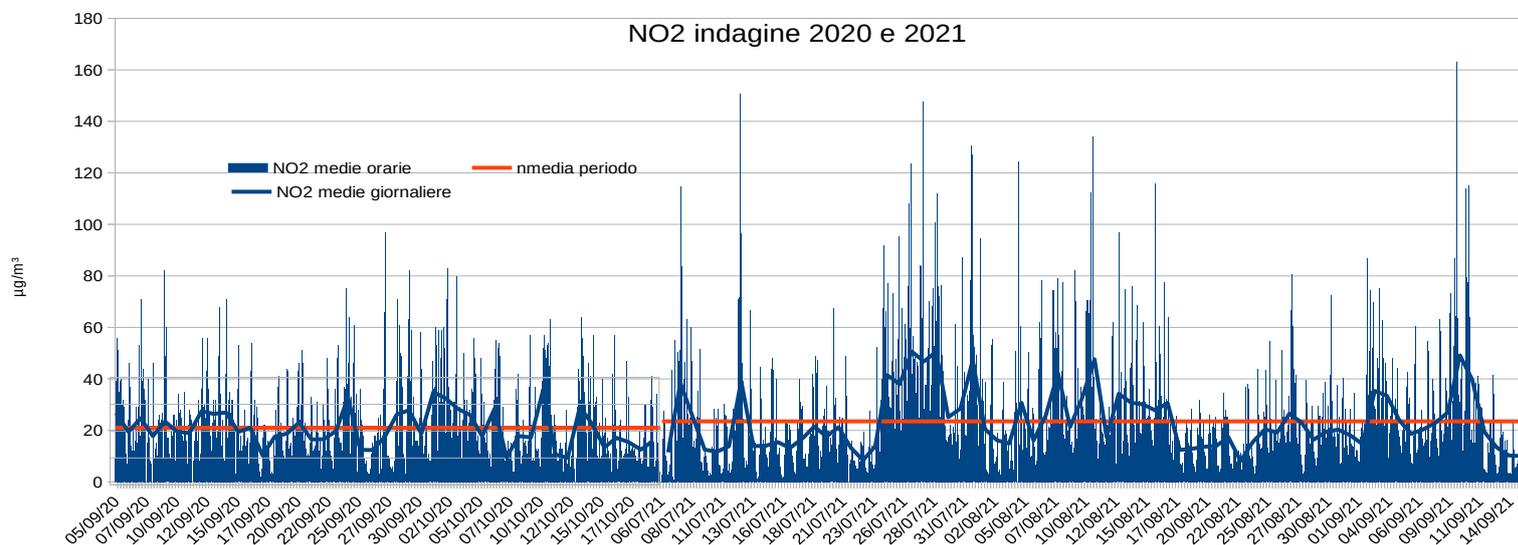


Grafico 4.1.1. Risultati NO₂: andamento valori medi orari e giornalieri

Sono stati riportati in grafico i valori medi orari e le medie giornaliere registrate di monossido di azoto e di biossido di azoto

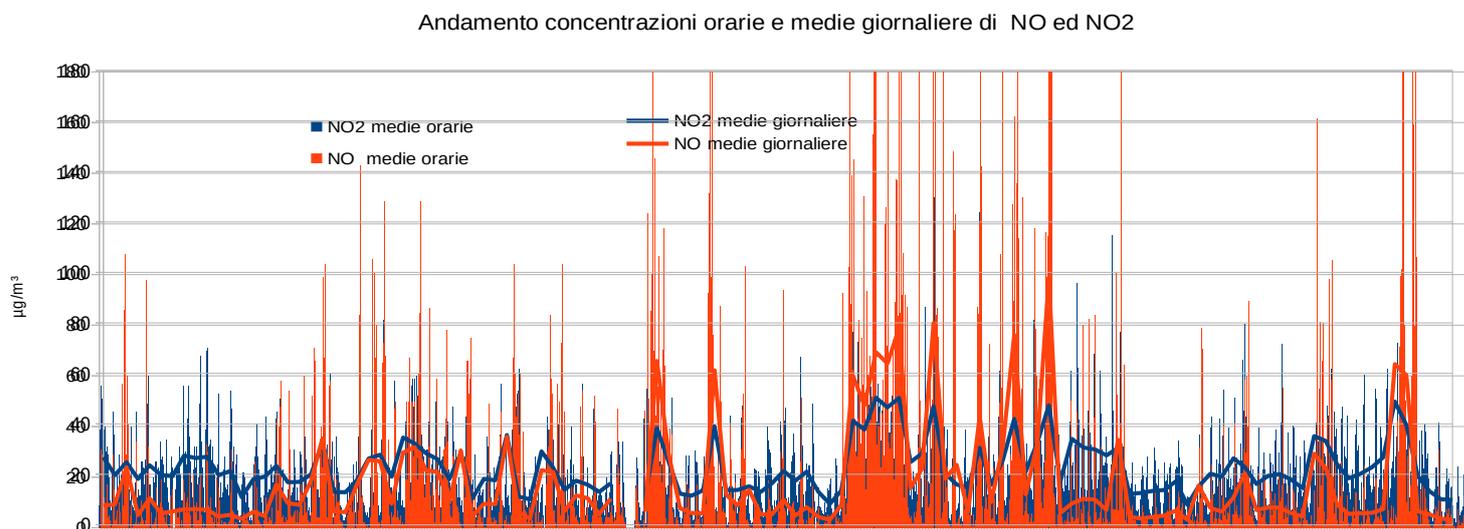


Grafico 4.1.2. Confronto monossido di azoto e biossido di azoto

Da una prima analisi dei dati possiamo dedurre che nei periodi in cui le concentrazioni di biossido di azoto sono state più contenute, essi sono stati accompagnati da concentrazioni di monossido ancora più contenute, che porta a supporre ad un inquinamento di tipo

secondario, viceversa nei nei giorni in cui sono stati rilevate le concentrazioni più elevate di NO₂, c'è stata anche un'elevata concentrazione di monossido di azoto che è un inquinante primario, e ciò fa presupporre una presenza rilevante di un contributo dato da sorgenti prossime al sito di indagine nei giorni di maggior concentrazione. Questo in particolare si è verificato nel periodo tra gli ultimi di luglio e le prime tre settimane di agosto 2021.

4.2. Biossido di azoto (NO₂) e monossido di azoto: confronto con le stazioni della RRQA

Confrontando i valori di concentrazioni medi orari di biossido di azoto e di ossido di azoto registrati presso il sito di indagine con quelli registrati nei soliti giorni dalle stazioni della RRQA, Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria nella provincia di Livorno sono stati ottenuti i dati riportati in tabella.

NO ₂	Concentrazioni relative al periodo completo di monitoraggio µg/m ³					
	ELBA-Portoferraio	LI-Piombino-PARCO-VIII-III	LI-Piombino COTONE	LI-Livorno LAPIRA	LI-Livorno CAPIELLO	LI-Livorno CARDUCCI (Traffico)
Massimo valore medio orario	163	72	88	92	80	143
99,8° percentile	126	59	64	63	55	113
Media periodo	23	11	10	14	11	36
NO	ELBA-Portoferraio	LI-Piombino-PARCO-VIII-III	LI-Piombino COTONE	LI-Livorno LAPIRA	LI-Livorno CAPIELLO	LI-Livorno CARDUCCI (Traffico)
Massimo valore medio orario	496	91	42	31	54	135
99,8° percentile	315	31	33	22	26	119
Media periodo	17	1	2	2	1	11

Tabella 4.2.1. Confronto con stazioni di RRQA

Dal report in tabella è molto evidente che, pur non superando i valori di normativa, presso il sito di indagine sono stati registrati dei valori medi orari di NO₂ nettamente superiori a quelli registrati presso le stazioni di fondo di tutta la provincia di Livorno, con media pari a circa il doppio del fondo urbano della provincia e valori di massimo e 99,8° percentile simili alla stazione di traffico. In particolare i valori sono stati elevati rispetto ai valori della RRQA nel periodo tra gli ultimi giorni di luglio e le prime tre settimane di agosto 2021.

Per quanto riguarda i valori di NO, le concentrazioni medie orarie registrate sono state di gran lunga più elevate rispetto al fondo provinciale ma anche rispetto alla stazione di traffico con media complessiva che eccede il traffico per oltre il 60% e valori di

massimo e 99,8° percentile pari addirittura a 3-4 quelli del traffico urbano del comune di Livorno.

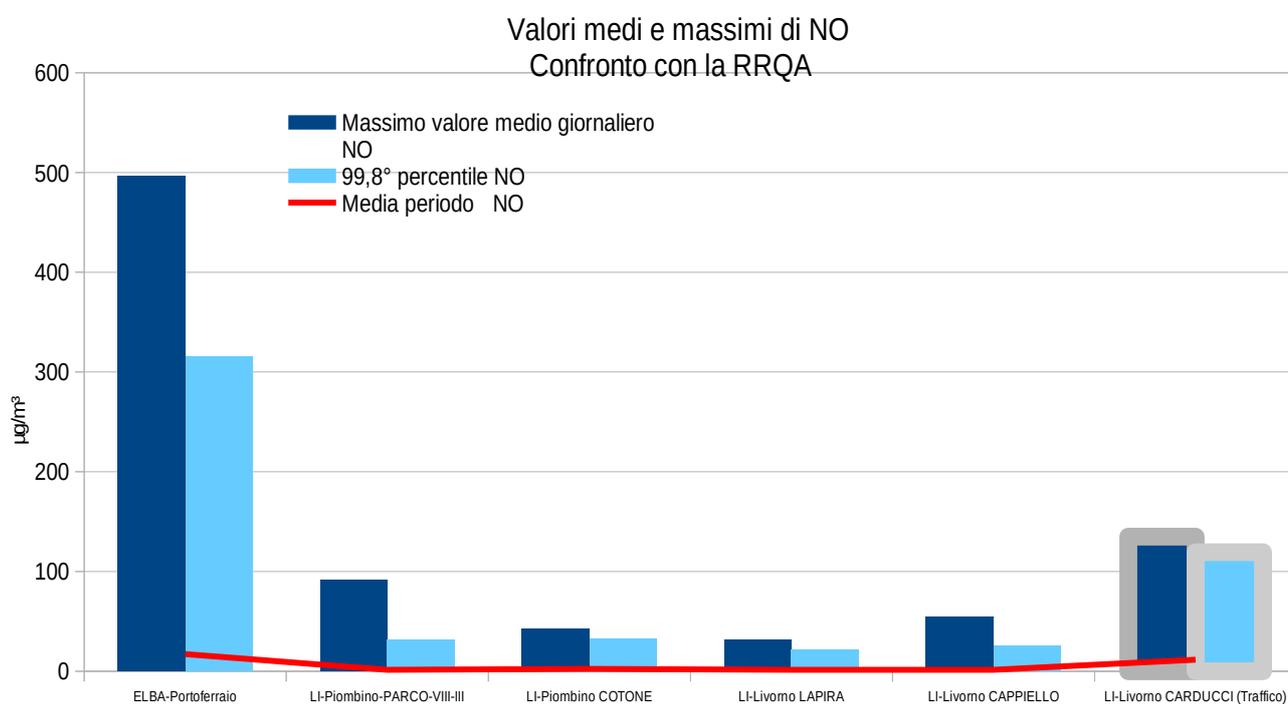
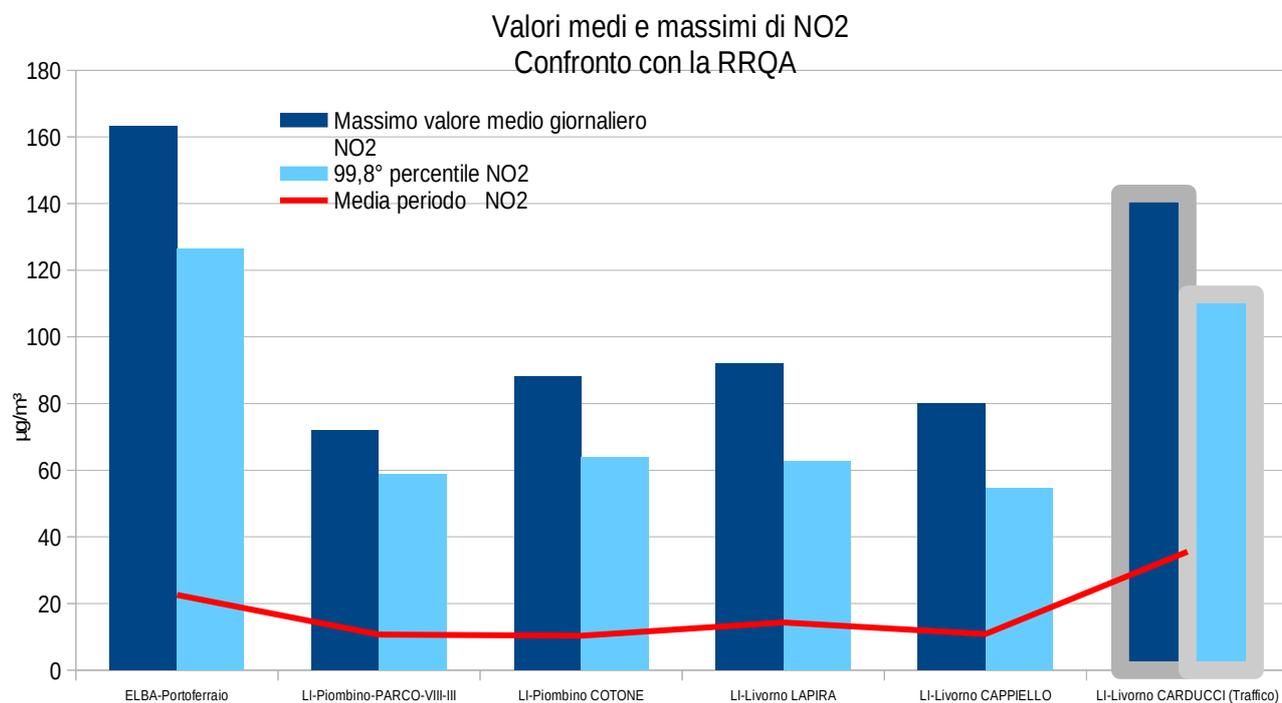
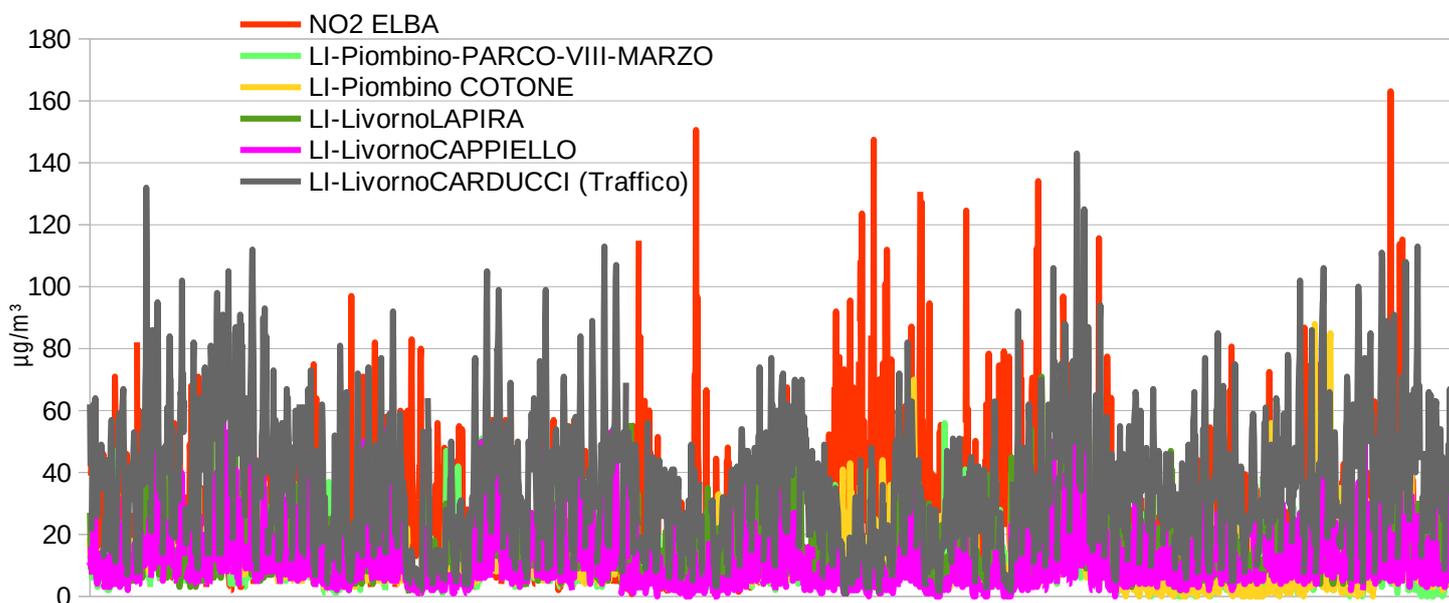


Grafico 4.2.1. Confronto con stazioni di RRQA valori medi e massimi

Confronto NO₂ con le stazioni della Rete della provincia di Livorno



Confronto NO con le stazioni della Rete della provincia di Livorno

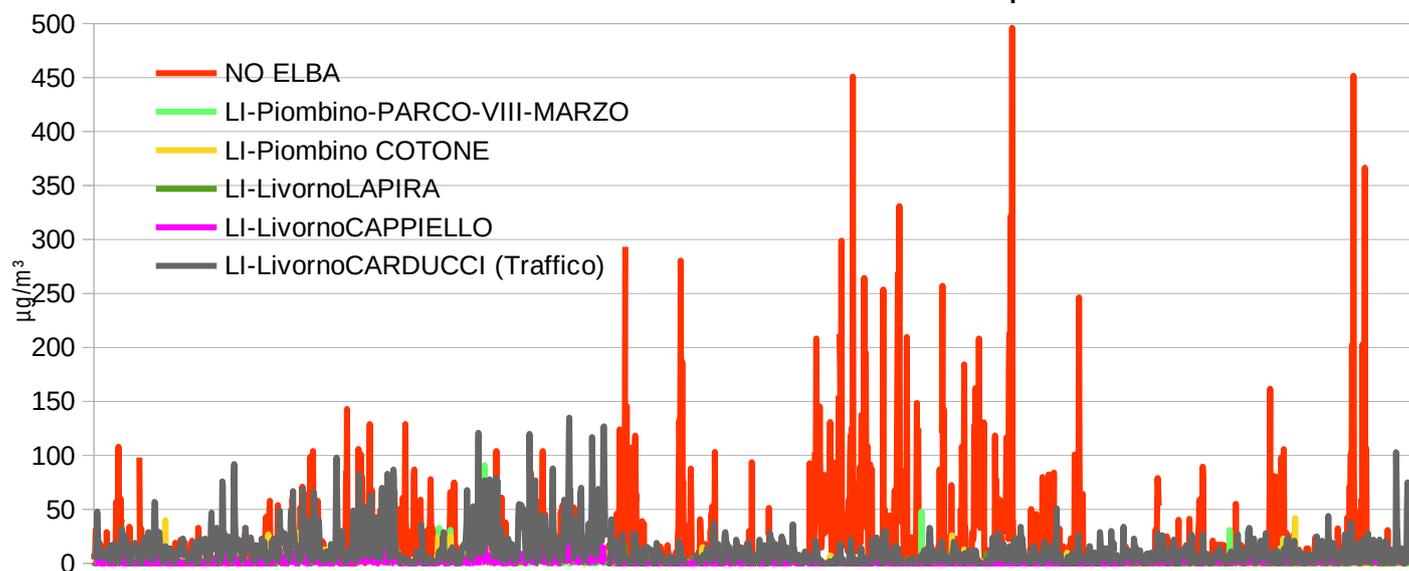


Grafico 4.2.2. Confronto con stazioni di RRQA valori orari registrati

I profili dell'andamento giornaliero delle medie orarie di ossidi di azoto registrate presso il sito di Portoferraio divergono nettamente dagli altri siti di rete regionale.

4.3. Biossido di azoto (NO₂) e monossido di azoto: giorno tipo del sito di indagine

Si è calcolato il giorno tipo dell'andamento delle medie orarie sia per il biossido di azoto che per il monossido, riportando nei grafici seguenti il risultato in confronto con il giorno tipo del fondo e del traffico urbano. I grafici mostrano chiaramente quanto il sito di indagine si discosti dall'andamento delle altre stazioni e che il profilo sia tipico di un inquinamento primario con fonti di emissione prossime.

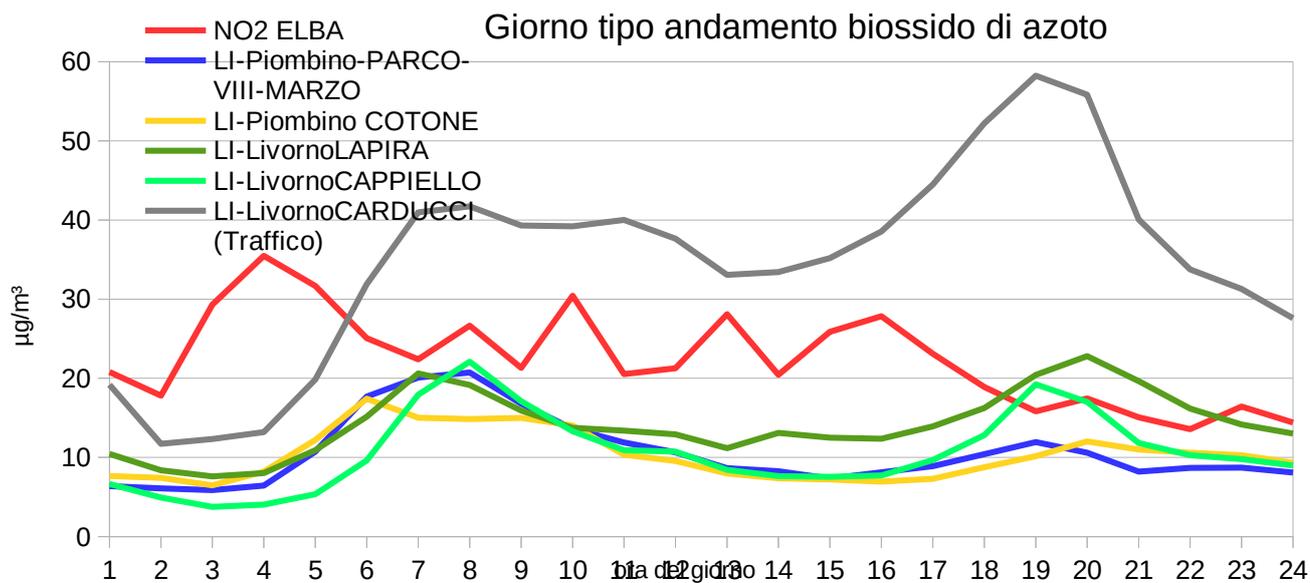
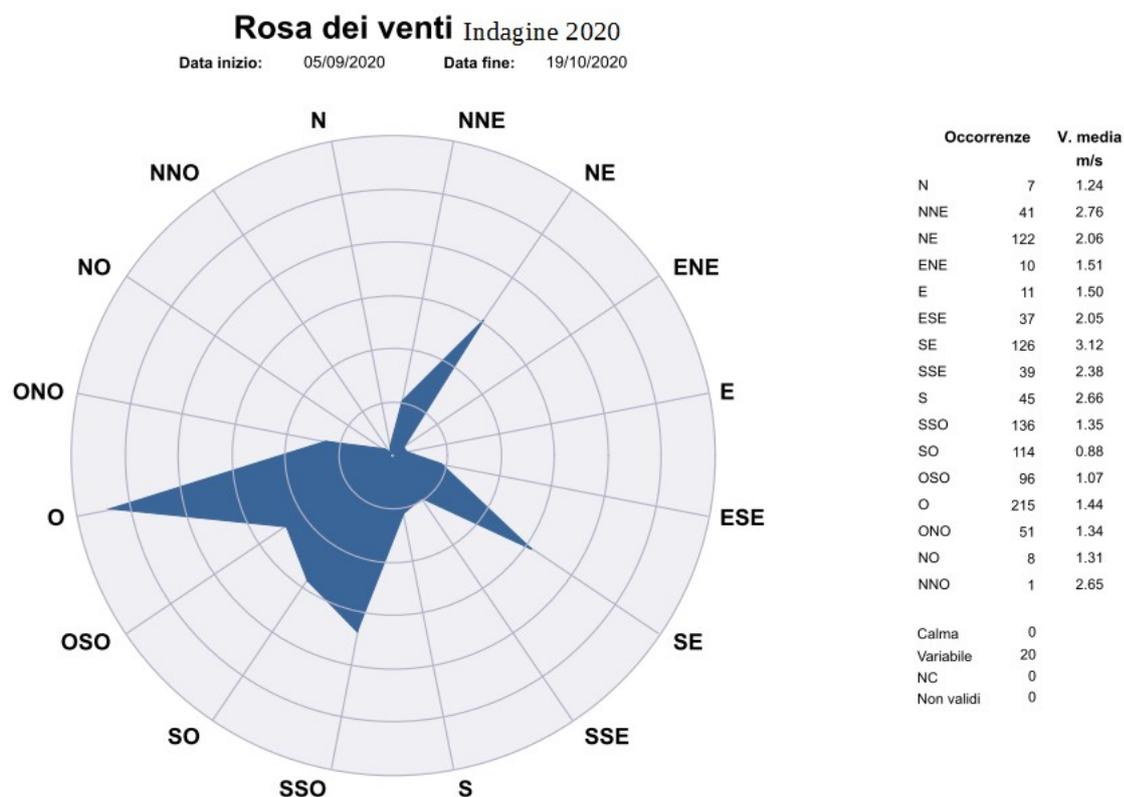


Grafico 4.3.1. Giorno tipo NO₂ a Portoferraio in confronto con le stazioni di fondo e traffico urbano.

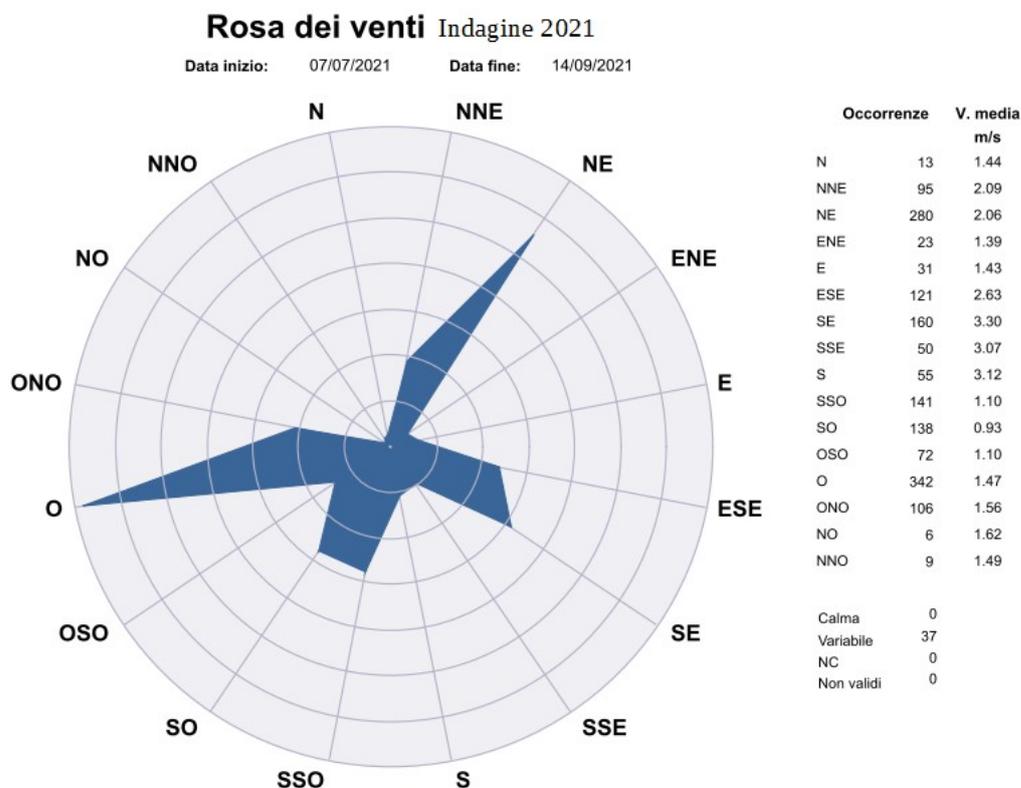
4.4. Ossidi di azoto (NO₂-NO e vento incidente)

La situazione anemologica suddivisa per i due periodi distinti in cui si è verificato il monitoraggio è stata la seguente.

Nel 2020 l'intensità del vento incidente proveniente da tutte le direzioni è stata molto contenuta (inferiore a circa 3m/sec), mentre la distribuzione è quella dell'immagine seguente.

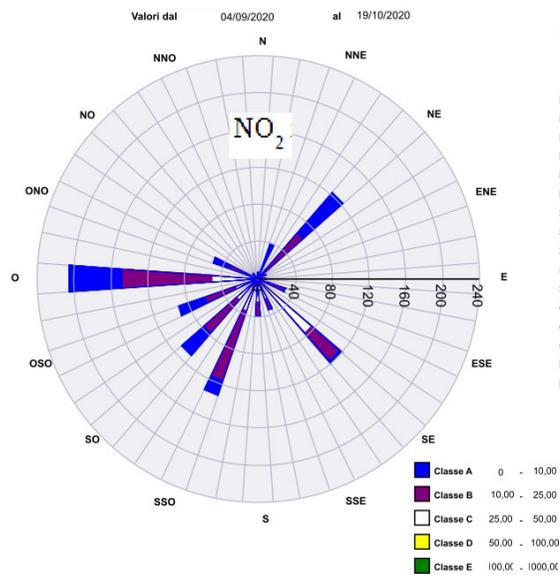


Nel 2021 allo stesso modo del 2020 l'intensità del vento incidente proveniente da tutte le direzioni è stata molto contenuta (inferiore a circa 3m/sec), con una distribuzione della direzione di provenienza riportata di seguito.



Sono stati correlati i valori delle concentrazioni medie orarie di NO e di NO₂ con i dati relativi alla velocità media ed alla direzione prevalente del vento incidente e sono state elaborate le rose dell'inquinamento relativo agli ossidi di azoto per l'indagine 2020 e per quella 2021.

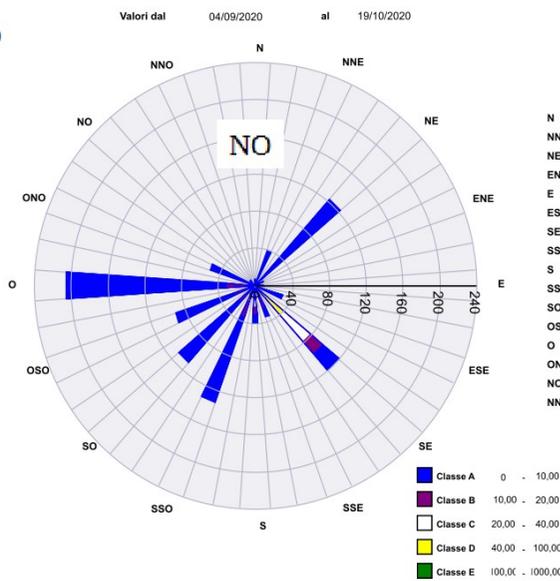
Sono stati ottenuti i seguenti risultati.



Rose dell'inquinamento NOx indagine 2020

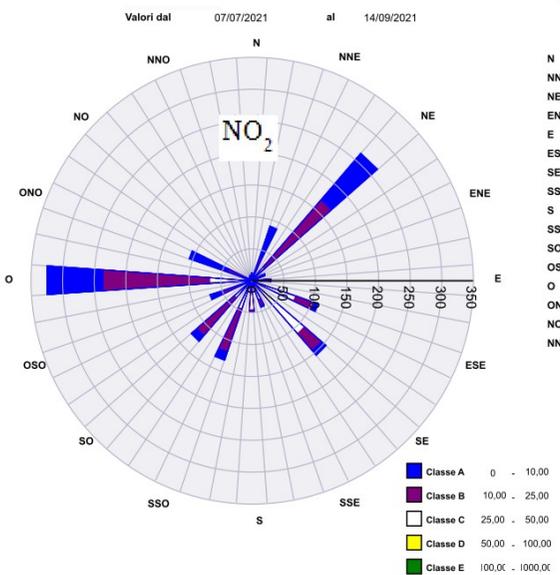
	A	B	C	D	E	med	%
N	3	4	0	0	0	13,72	0,7
NNE	23	17	0	0	0	9,95	3,9
NE	58	57	8	0	0	12,47	12,0
ENE	0	6	4	0	0	22,16	1,0
E	2	5	2	0	0	18,36	0,9
ESE	2	18	9	3	0	25,10	3,1
SSE	3	40	51	27	0	34,44	11,9
S	1	12	18	5	0	33,26	3,5
SSO	1	15	17	8	0	35,66	4,0
SO	16	80	31	6	0	21,16	13,0
OSO	32	48	29	1	0	18,94	10,8
O	31	35	23	3	0	18,80	9,0
ONO	58	98	42	8	0	18,61	20,2
NO	19	24	9	0	0	15,50	5,1
NNO	7	1	0	0	0	7,25	0,8
	1	0	0	0	0	6,27	0,1

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	21	22,22 25,3
NC	0	
Non utilizzati	62	



	A	B	C	D	E	med	%
N	7	0	0	0	0	1,77	0,7
NNE	40	0	0	0	0	2,63	3,9
NE	116	4	3	0	0	3,49	12,0
ENE	6	3	1	0	0	10,01	1,0
E	7	1	1	0	0	8,53	0,9
ESE	15	7	5	4	1	21,17	3,1
SE	24	17	38	38	4	34,40	11,9
SSE	10	9	5	9	3	34,04	3,5
S	9	9	7	15	1	35,50	4,0
SSO	97	18	13	5	0	8,91	13,0
SO	87	9	10	4	0	7,69	10,8
OSO	68	12	8	4	0	8,82	9,0
O	174	22	7	3	0	6,01	20,2
ONO	46	3	2	1	0	5,27	5,1
NO	8	0	0	0	0	1,50	0,8
NNO	1	0	0	0	0	2,44	0,1

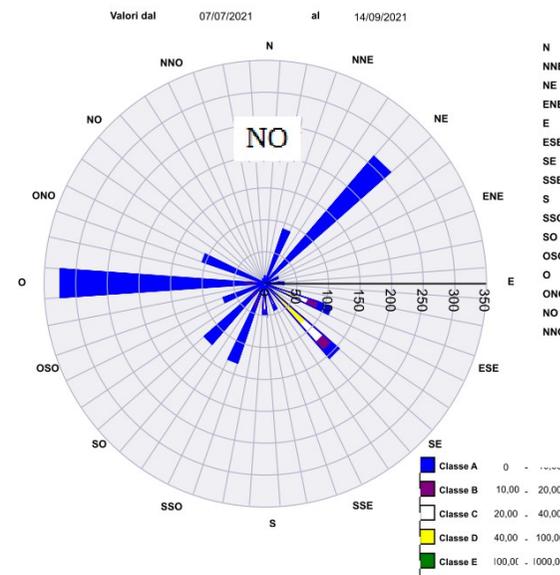
	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	21	5,51 25,3
NC	0	
Non utilizzati	62	



Rose dell'inquinamento NOx indagine 2021

	A	B	C	D	E	med	%
N	3	7	1	1	0	19,25	0,8
NNE	51	34	5	0	0	10,60	5,8
NE	97	141	25	2	0	14,66	17,0
ENE	5	9	9	0	0	20,20	1,5
E	1	15	11	4	0	30,49	2,0
ESE	6	32	43	27	4	38,50	7,2
SE	9	36	66	43	2	40,78	10,0
SSE	2	10	23	9	1	40,08	2,9
S	0	3	23	17	6	57,90	3,1
SSO	15	71	34	13	1	26,27	8,6
SO	12	80	35	1	0	21,49	8,2
OSO	18	32	19	2	0	19,92	4,5
O	89	171	62	4	0	17,32	20,9
ONO	64	36	4	1	0	10,68	6,7
NO	1	5	0	0	0	12,17	0,4
NNO	4	4	0	0	0	9,57	0,5

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	35	22,57 29,4
NC	0	
Non utilizzati	84	



	A	B	C	D	E	med	%
N	11	1	0	0	0	4,18	0,8
NNE	85	4	1	0	0	3,11	5,8
NE	250	10	4	1	0	3,76	17,0
ENE	17	4	1	1	0	10,81	1,5
E	15	7	3	5	1	26,54	2,0
ESE	21	18	15	42	16	53,54	7,2
SE	15	17	38	60	26	59,66	10,0
SSE	6	4	12	19	4	58,28	2,9
S	4	4	9	22	10	89,13	3,1
SSO	93	18	12	8	3	14,75	8,6
SO	98	19	9	2	0	7,35	8,2
OSO	52	12	6	1	0	6,96	4,5
O	293	24	7	2	0	5,09	20,9
ONO	101	2	1	1	0	2,93	6,7
NO	5	1	0	0	0	4,33	0,4
NNO	8	0	0	0	0	2,28	0,5

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	35	7,67 29,4
NC	0	
Non utilizzati	84	

Indagine 2020						
Direzione vento prevalente	Media NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media VV (m/sec)	Max VV (m/sec)
NORD	1,8	4	11,2	23	2,2	5,2
NE	3,3	26	12,1	44	2,2	5,9
EST	11,1	38	21,5	47	1,5	3,6
SE	33,2	143	33,5	97	2,8	7,9
SUD	25,2	129	29,5	82	2,5	9,5
SO	7,9	73	19,4	63	0,9	3,2
OVEST	6,5	65	18,3	71	1,4	6,2
NO	2,0	7	9,9	21	1,4	2,6

Tabella 4.4.1 Ossidi di azoto e vento incidente 2020

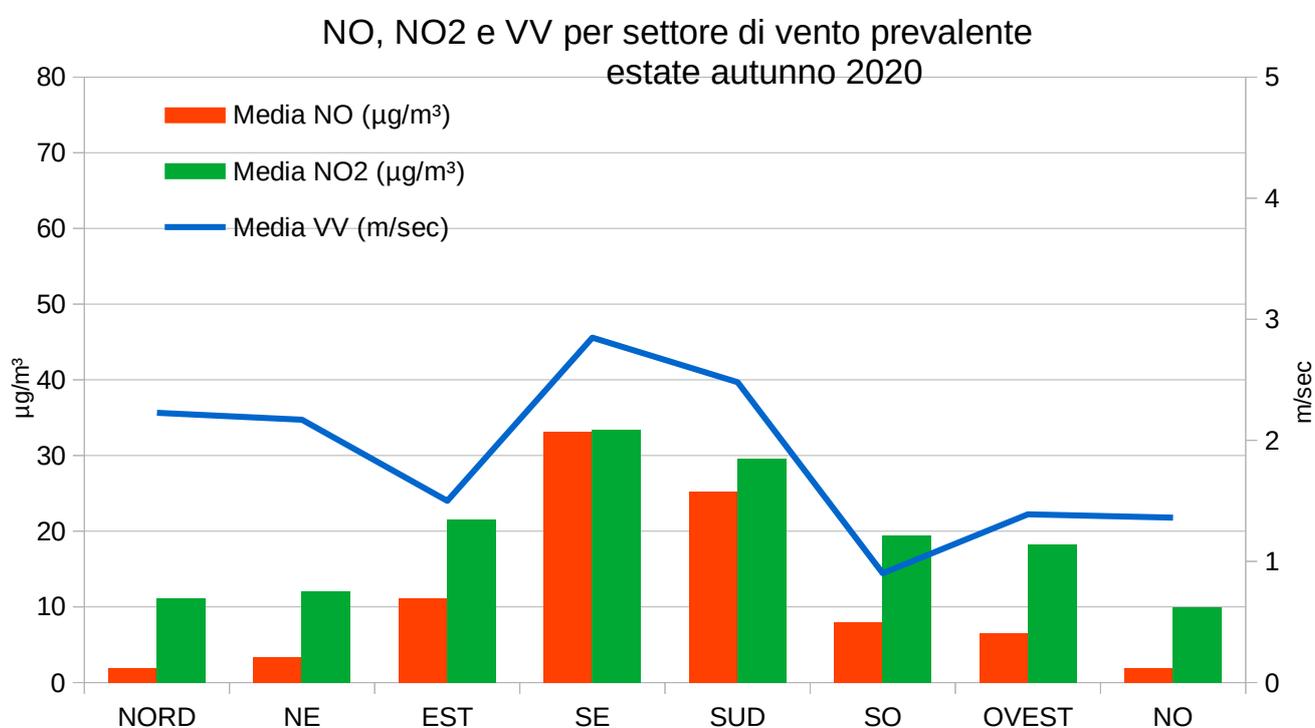


Grafico 4.4.1 Ossidi di azoto e vento incidente 2020

Indagine 2021						
Direzione vento prevalente	Media NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media VV (m/sec)	Max VV (m/sec)
NORD	3,6	18,9	14,3	86,5	2,0	3,0
NE	3,8	93,8	13,7	62,0	2,0	4,0
EST	27,7	161,7	30,6	96,8	1,6	3,0
SE	63,3	451,7	41,5	163,1	3,0	6,0
SUD	67,5	496,1	48,9	150,6	2,1	5,0
SO	8,4	208,3	22,1	92,0	1,0	2,0
OVEST	4,8	60,7	16,2	68,7	1,6	3,0
NO	2,0	7,0	9,9	21,0	1,4	2,6

Tabella 4.4.2 Ossidi di azoto e vento incidente 2021

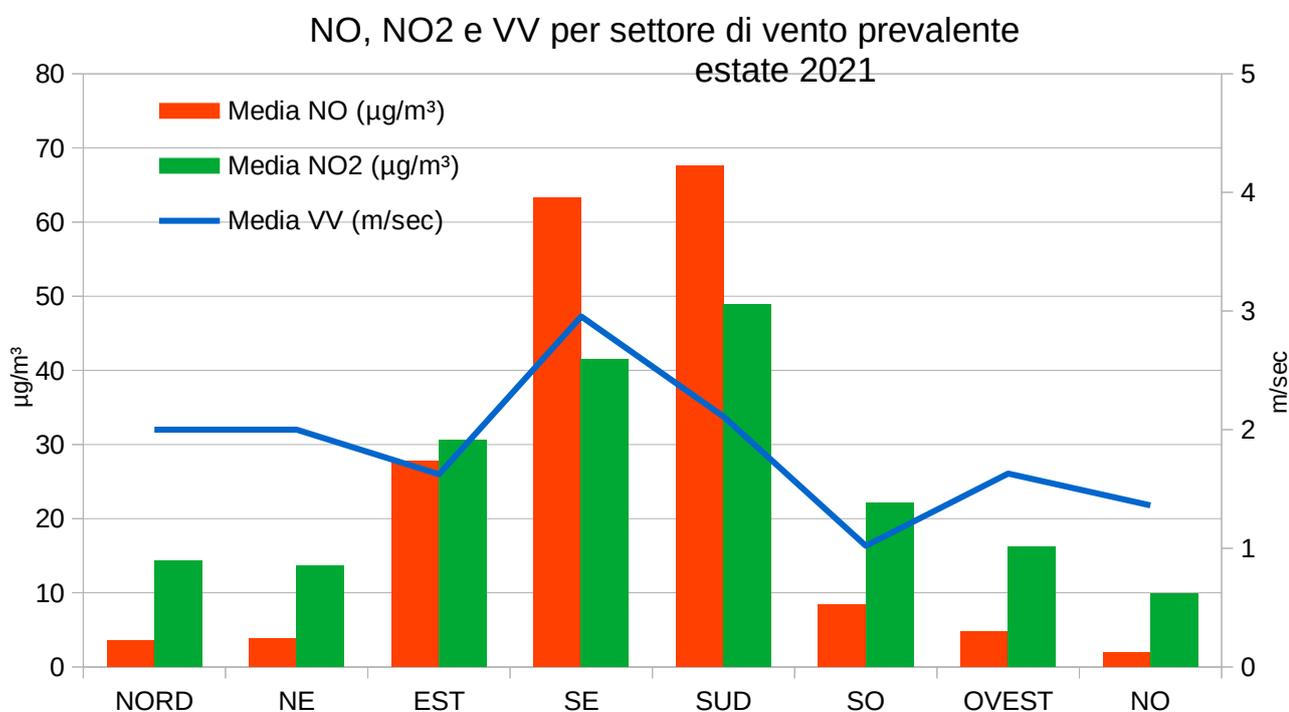


Grafico 4.4.2 Ossidi di azoto e vento incidente 2021

Le concentrazioni medie e massime più alte di NO e di NO2 si sono verificate sia nel primo periodo che nel secondo con vento incidente prevalentemente dal settore SUD e SE, decrescono allontanandosi sempre più da questo settore per registrare le minime con vento da NORD e NO, in particolare per il biossido di azoto per cui le differenze delle concentrazioni medie calcolate per settore sono molto marcate.

Indagine completa 2020-2021

Direzione vento prevalente	Media NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media VV (m/sec)	Max VV (m/sec)
NORD	2,9	18,9	13,1	86,5	2,2	5,2
NE	3,6	93,8	13,2	62,0	2,1	5,9
EST	24,0	161,7	28,6	96,8	1,5	3,6
SE	52,1	451,7	38,5	163,1	2,9	7,9
SUD	45,5	496,1	38,8	150,6	2,5	9,5
SO	8,2	208,3	20,9	92,0	0,9	3,2
OVEST	5,4	65,0	17,0	71,0	1,4	6,2
NO	2,0	13,0	9,2	23,6	1,3	2,6

Tabella 4.4.3 Ossidi di azoto e vento incidente indagine completa 2020-2021

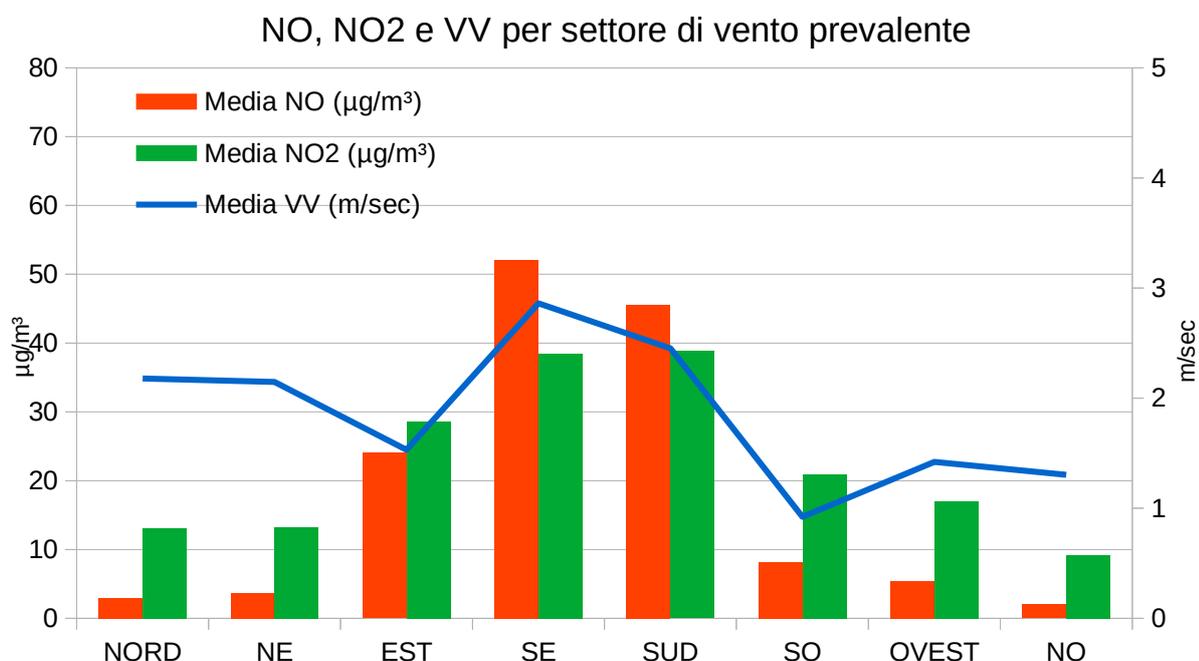


Grafico 4.4.3 Ossidi di azoto e vento incidente indagine completa 2020-2021

5. VALORI DI MONOSSIDO di CARBONIO

5.1. Monossido di carbonio (CO)

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

Il monitoraggio della prima parte dell'indagine, svoltasi durante il periodo estate autunno 2020 ha fornito i seguenti risultati:

Monossido di carbonio	
N°giorni di campionamento validi	46
Massimo valore medio orario	$1,2 \text{ mg/m}^3$
Massimo valore medio su 8 ore	$0,9 \text{ mg/m}^3$
Massimo valore medio giornaliero	$0,8 \text{ mg/m}^3$
Media periodo	$0,4 \text{ mg/m}^3$

Tabella 5.1.1. Risultati CO 2020

I dati in tabella mostrano le concentrazioni registrate sono state molto contenute, con media dell'intero periodo pari a $0,4 \text{ mg/m}^3$ ed una totale assenza di picchi orari.

Il monitoraggio della seconda parte dell'indagine, che per il monossido di carbonio si è svolta dal 12 agosto al 14 settembre 2021 ha fornito i seguenti risultati:

Monossido di carbonio	
N°giorni di campionamento validi	34
Massimo valore medio orario	$0,7 \text{ mg/m}^3$
Massimo valore medio su 8 ore	$0,5 \text{ mg/m}^3$
Massimo valore medio giornaliero	$0,4 \text{ mg/m}^3$
Media periodo	$0,3 \text{ mg/m}^3$

Tabella 5.1.2 Risultati CO 2021

Le concentrazioni registrate nell'estate 2021 sono state molto contenute, con media dell'intero periodo pari a $0,3 \text{ mg/m}^3$ ed una totale assenza di picchi orari. Di seguito si riporta il grafico che riassume l'intero di periodo di indagine.

Andamento valori Monossido di carbonio
Indagine 2020-2021

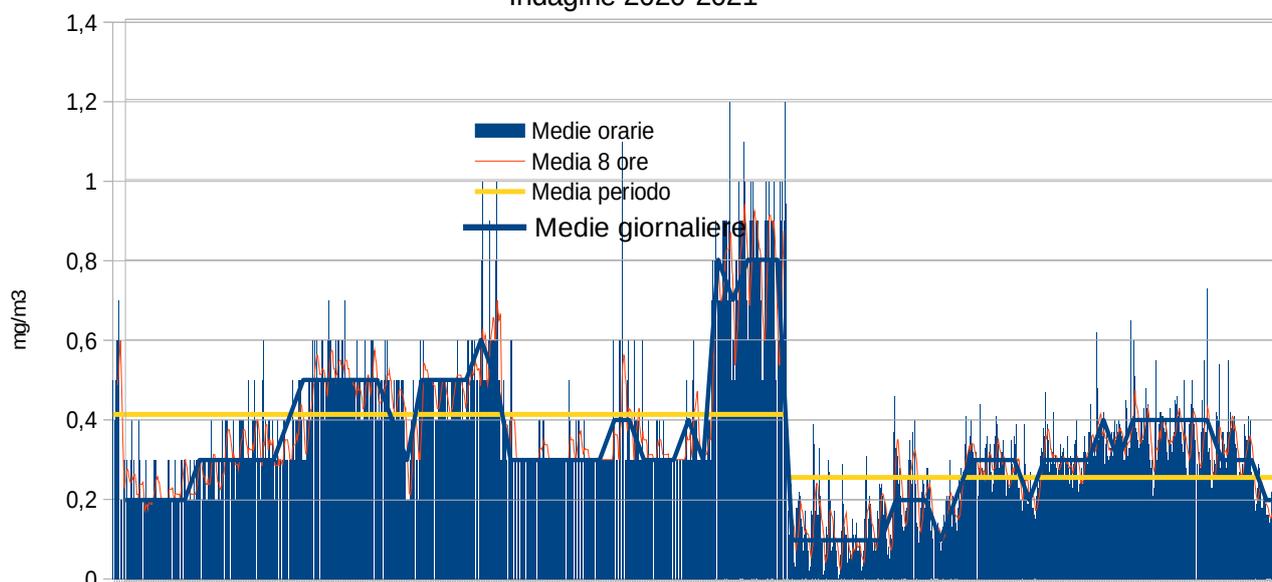


Grafico 5.1.1. Risultati CO 2020-2021

5.2. Monossido di carbonio (CO): confronto con le stazioni della RRQA

Anche per il monossido di carbonio si riporta il confronto tra i valori ottenuti nell'indagine con i valori registrati nel periodo dai due siti di RRQA della provincia di Livorno dove viene effettuato il monitoraggio di questo inquinante, ovvero il sito di Cotone, industriale urbano del comune di Piombino e Carducci che è il sito di traffico urbano del comune di Livorno.

mg/m ³	Monossido di Carbonio indagine 2020-2021		
	ELBA (Porto Ferraio)	Cotone (UI Piombino)	Carducci (UT Livorno)
Massimo valore orario	1,2	0,5	1,9
Massimo valore medio su 8 ore	0,9	0,4	1,0
Massimo valore medio giornaliero	0,8	0,3	0,7
Media periodo	0,35	0,2	0,4

Tabella 5.2.1. Confronto monossido di carbonio con stazioni di Rete Regionale

I dati di monossido di carbonio sono stati molto contenuti presso tutti i siti di monitoraggio con assenza completa di picchi orari.

Il sito di indagine ha registrato valori medi compresi tra quelli della stazione di LI-Cotone a Piombino che per questo inquinante può essere presa a riferimento come rappresentativa del fondo e quelli della stazione di traffico di Livorno in Viale Carducci.

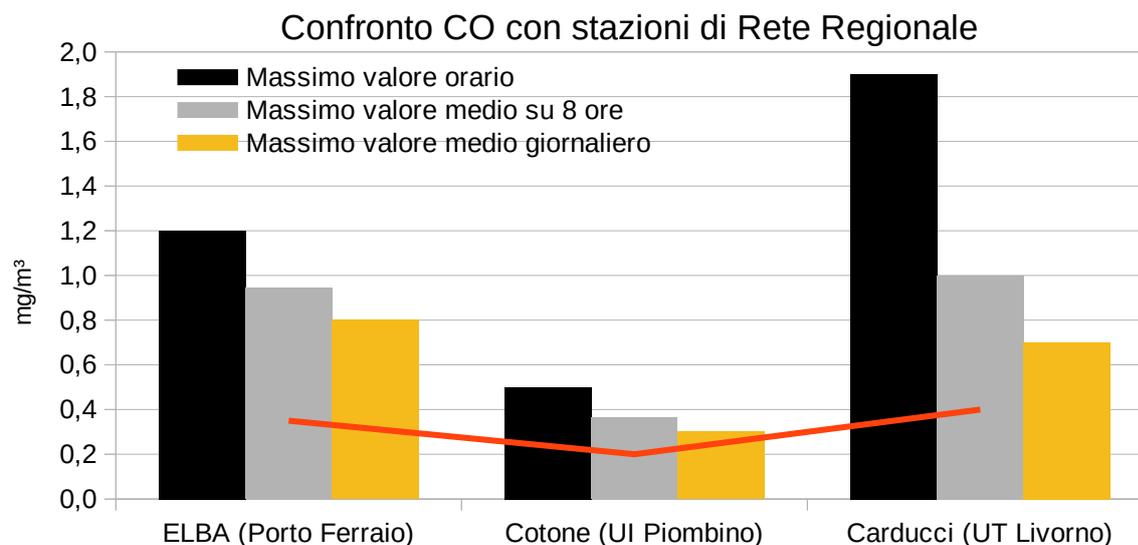


Grafico 5.2.1. Confronto monossido di carbonio con stazioni di Rete Regionale

5.3. Monossido di carbonio (CO): giorno tipo del sito di indagine

Calcolando il giorno tipo per il sito di Portoferraio e per le stazioni di riferimento, si nota che nel sito di Portoferraio i valori sono per lo più costanti durante l'arco della giornata e non differiscono significativamente dal fondo urbano.

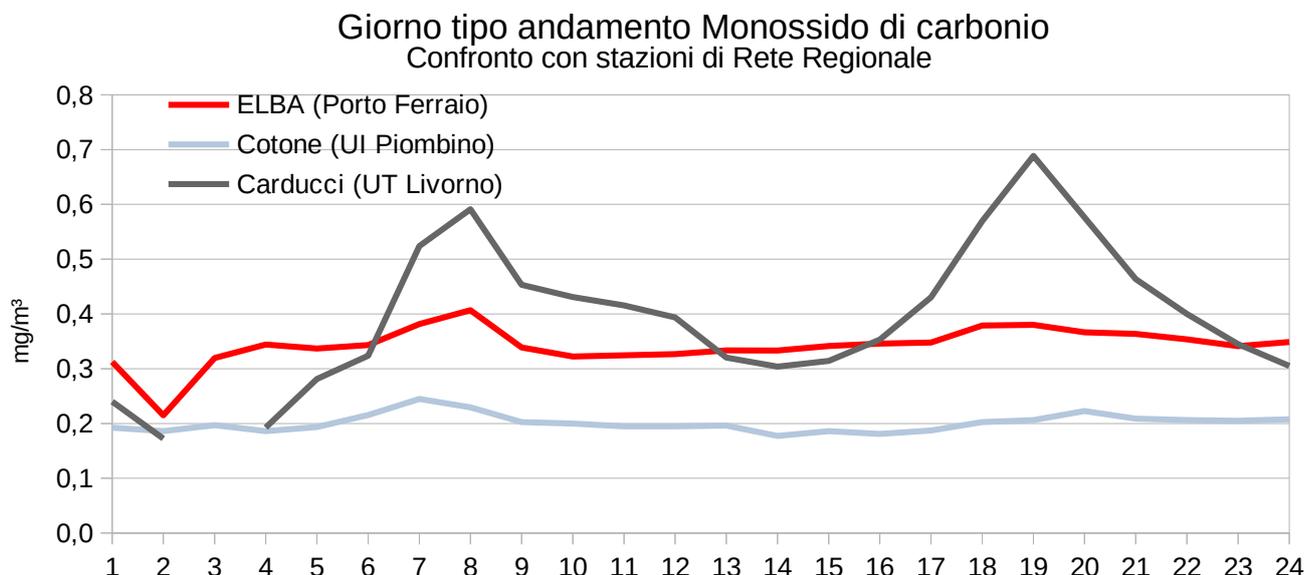


Grafico 5.3.1. Giorno tipo CO del sito dell'ELBA in confronto con le stazioni di RRQA

6. VALORI DI OSSIDO DI ZOLFO

6.1. Biossido di zolfo (SO₂)

La normativa indica per il biossido di zolfo due limiti normativi: un numero massimo di 24 superamenti della media oraria di 350 µg/m³, ed un numero massimo di 3 superamenti della media giornaliera di 125 µg/m³, nell'arco dell'anno.

Il monitoraggio del primo periodo dell'indagine ha fornito i seguenti risultati:

Biossido di zolfo estate autunno 2020	
N°giorni di campionamento validi	45
Massimo valore medio orario	3,2 µg/m ³
Massimo valore medio giornaliero	2,2 µg/m ³
Media periodo	0,9 µg/m ³

Tabella 6.1.1. Risultati SO₂ 2020

I limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati e le concentrazioni sono state per tutto il periodo contenute, con media dell'intero periodo pari a 0,9 µg/m³ ed una totale assenza di picchi orari.

Il monitoraggio del secondo periodo dell'indagine ha fornito i seguenti risultati:

Biossido di zolfo estate 2021	
N°giorni di campionamento validi	71
Massimo valore medio orario	11,4 µg/m ³
Massimo valore medio giornaliero	1,9 µg/m ³
Media periodo	0,7 µg/m ³

Tabella 6.1.2. Risultati SO₂ 2021

Anche nella seconda fase dell'indagine i limiti di legge sono stati entrambi ampiamente rispettati e le concentrazioni sono state per tutto il periodo contenute, la media dell'intero periodo è stata pari a 0,7 µg/m³ ed è stata totale assenza di picchi orari.

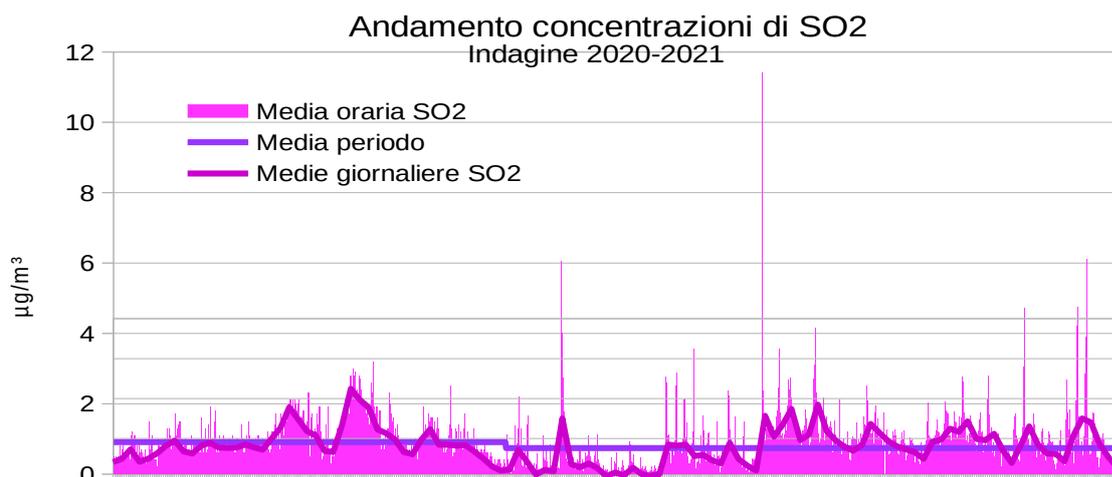


Grafico 6.1.1. Risultati SO₂ 2020-2021

6.2. Biossido di zolfo (SO₂): confronto con le stazioni della RRQA

Confrontando i valori di concentrazioni medi orari di biossido di zolfo registrati presso il sito di indagine con quelli registrati nei soliti giorni dalla stazione della RRQA, Rete Regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria nella provincia di Livorno sono stati ottenuti i dati riportati in tabella e nel grafico seguente. Presso il sito le concentrazioni di SO₂ non sono state dissimili dai valori del fondo urbano.

SO ₂	Concentrazioni relative al periodo completo di monitoraggio µg/m ³	
	ELBA-Portoferraio	LI-Livorno LAPIRA
Massimo valore medio orario	11,4	11,5
Massimo valore medio giornaliero	2,2	5,5
Media periodo	0,8	1,2

Tabella 6.2.1. Confronto SO₂ con valori della Rete Regionale

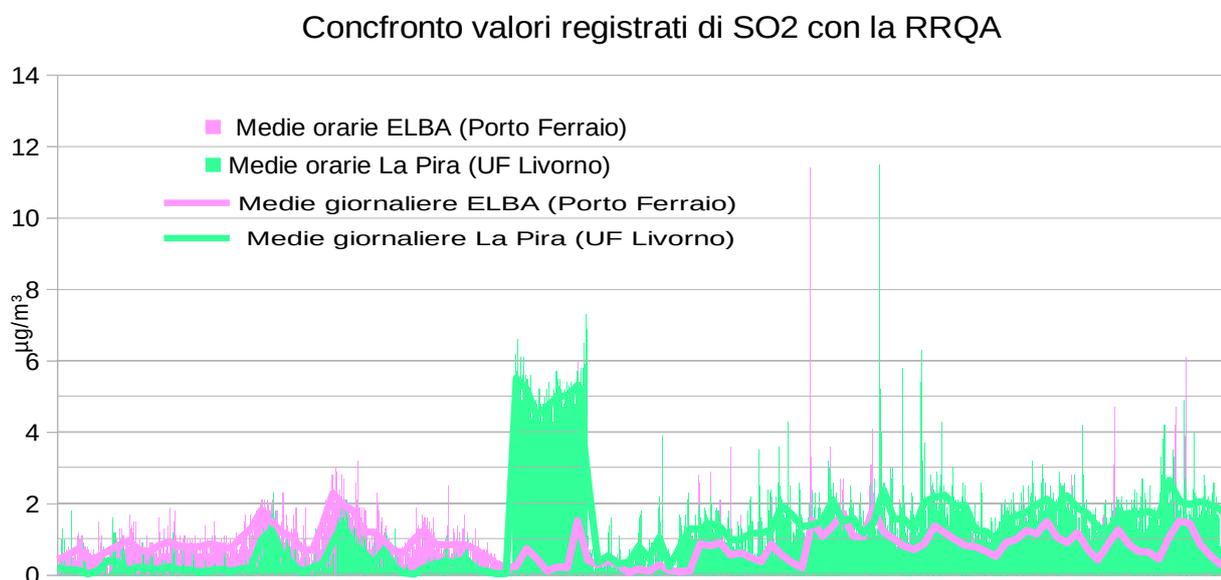


Grafico 6.2.1. Confronto SO₂ con valori della Rete Regionale

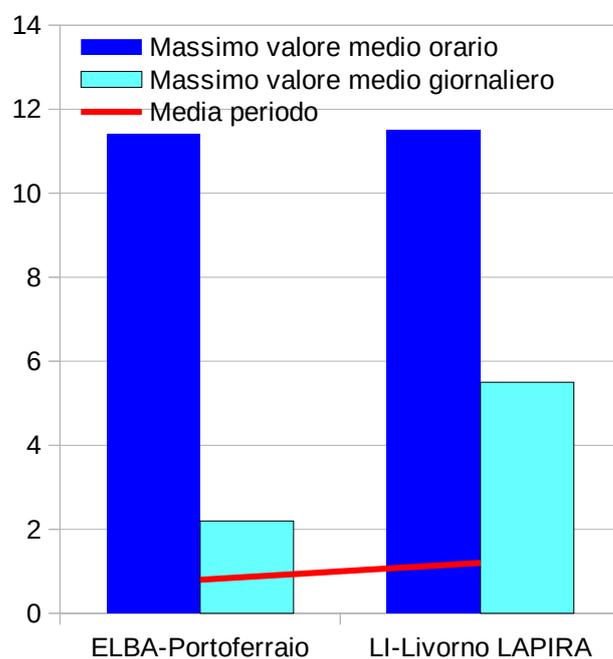


Grafico 6.2.2. Confronto SO₂ con valori della Rete Regionale

6.3. Biossido di zolfo (SO₂): giorno tipo del sito di indagine

Calcolando il giorno tipo per il sito di Portoferraio e confrontandolo con la stazione di riferimento, si nota che nel sito di indagine i valori di SO₂ nell'arco della giornata non differiscono significativamente dal fondo urbano.

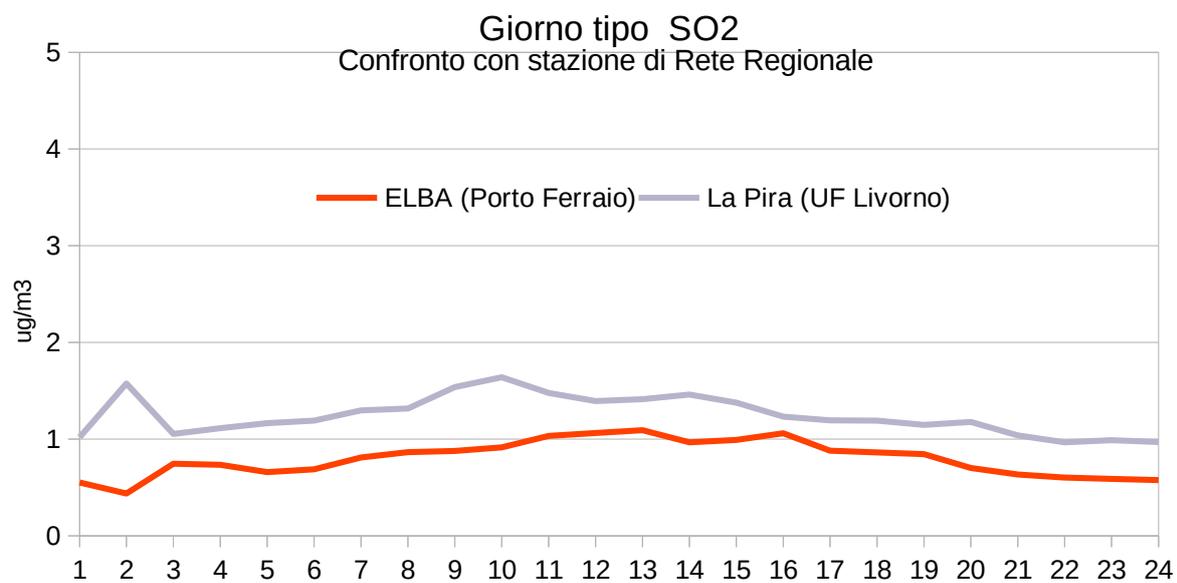


Grafico 6.3.1. Giorno tipo biossido di zolfo, confronto sito con stazioni di Rete Regionale

7. BIOSSIDO DI AZOTO E BIOSSIDO DI ZOLFO, ANALISI CONCENTRAZIONI MEDIE MINUTO IN FUNZIONE DEL VENTO INCIDENTE.

7.1. Posizione del MM rispetto al territorio circostante.

La figura seguente mostra la posizione del sito oggetto di indagine rispetto alla costa toscana, al territorio dell'Isola d'Elba e, nel dettaglio, al golfo di Portoferraio.

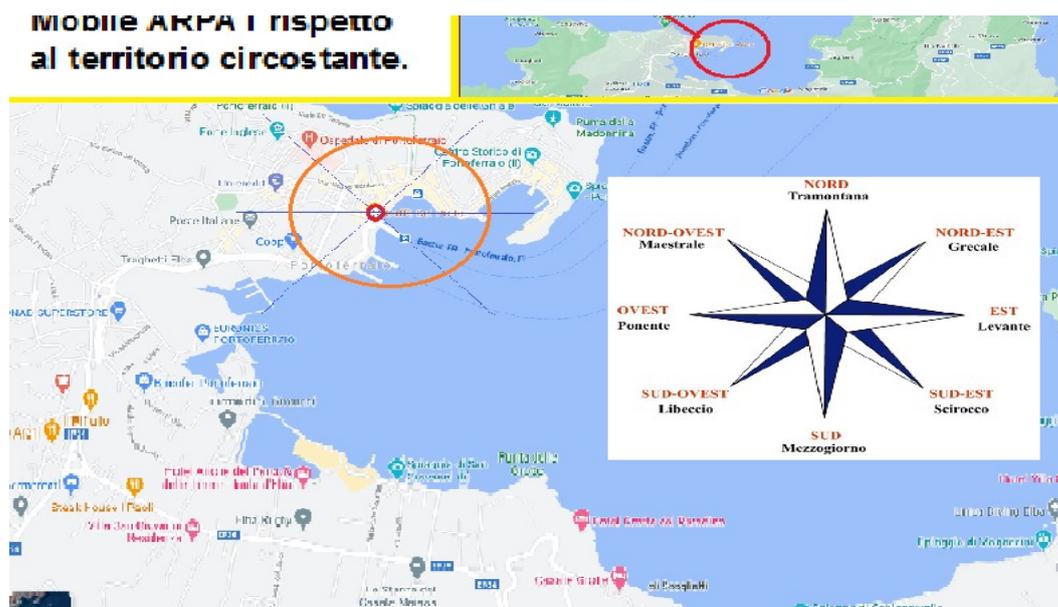


Figura 7.1.1, Posizione del MM rispetto al territorio circostante.

Per poter correlare le concentrazioni degli inquinanti con la direzione del vento incidente, i due analizzatori di NO_2 e di SO_2 sono stati impostati in modo da registrare le concentrazioni medie al minuto, e tali valori sono stati valutati in relazione ai due parametri meteo di velocità e di direzione prevalente del vento.

7.2. Analisi dati meteo di velocità e direzione del vento indagine 2020

L'analisi dei parametri meteo che sono stati registrati nella prima parte dell'indagine, dal 4 settembre al 19 ottobre 2020, ha dato i risultati seguenti:

Parametri meteo			
Direzione del vento (settore)	Vel media (m/sec)	Vel max (m/sec)	Frequenza vento incidente
Nord	1,6	7	2%
NNE	2,2	9	5%
NE	2,1	12	7%
ENE	1,4	7	2%
EST	1,3	7	2%
ESE	2,4	10	6%
SE	2,9	11	9%
SSE	2,4	11	5%
Sud	2,3	12	6%
SSO	1,4	10	11%
SO	1,0	10	9%
OSO	1,2	10	12%
Ovest	1,3	9	11%
ONO	1,3	8	8%
NO	1,3	6	3%
NNO	1,2	5	2%

Tabella 7.2.1. Parametri meteo del primo periodo oggetto di indagine

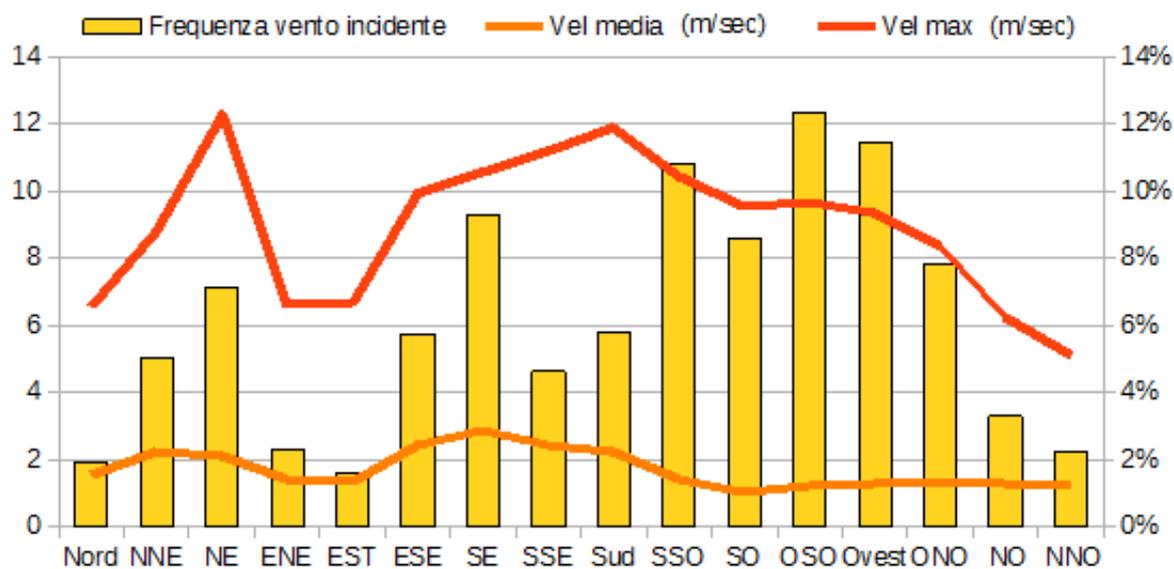


Grafico 7.2.1. Parametri meteo del periodo oggetto di indagine

Dalla tabella 5.1. si nota che nel primo periodo della campagna non ci sono stati episodi di vento particolarmente forte, con le medie massime al minuto pari a 12m/sec. L'intensità vento incidente è stata mediamente maggiore con vento proveniente dal settore compreso tra sud ed est (vento da SE è lo scirocco), quindi dal golfo nel quale si trova il porto di Portoferraio.

Per quanto riguarda invece la % di incidenza, i venti provenienti dal settore tra sud-ovest (il vento proveniente da SO è il libeccio) sono stati quelli con la percentuale di incidenza più elevata, coprendo circa il 50% del periodo, seguiti dallo scirocco SE e dal grecale NE. E' stata invece molto poca l'incidenza sul sito di indagine dei venti provenienti dal settore tra ovest e nord, come mostrato dalle rosa dei venti relativa al periodo.

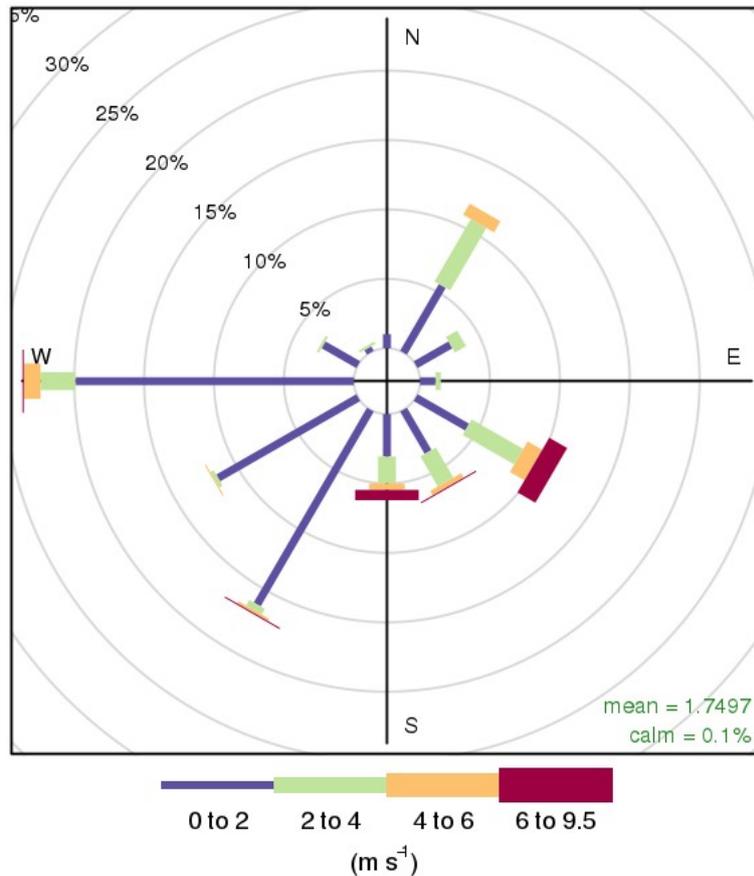


Figura 7.2.1. Rosa dei venti relativa al sito di indagine nei giorni dal 4 settembre al 19 ottobre 2020.

7.3. Analisi distribuzione delle concentrazioni di NO₂ ed NO indagine 2020

Dall'analisi delle concentrazioni medie al minuto degli ossidi di azoto, si nota che nel primo periodo di indagine le concentrazioni si sono mantenute per il 75% del tempo su livelli veramente molto bassi (75° percentile pari a 8 µg/m³ per NO ed a 26 µg/m³ per NO₂). Il restante 25% del tempo i valori sono stati comunque molto contenuti con il 98° percentile rispettivamente pari a 113 µg/m³ per NO e 88 µg/m³ per NO₂.

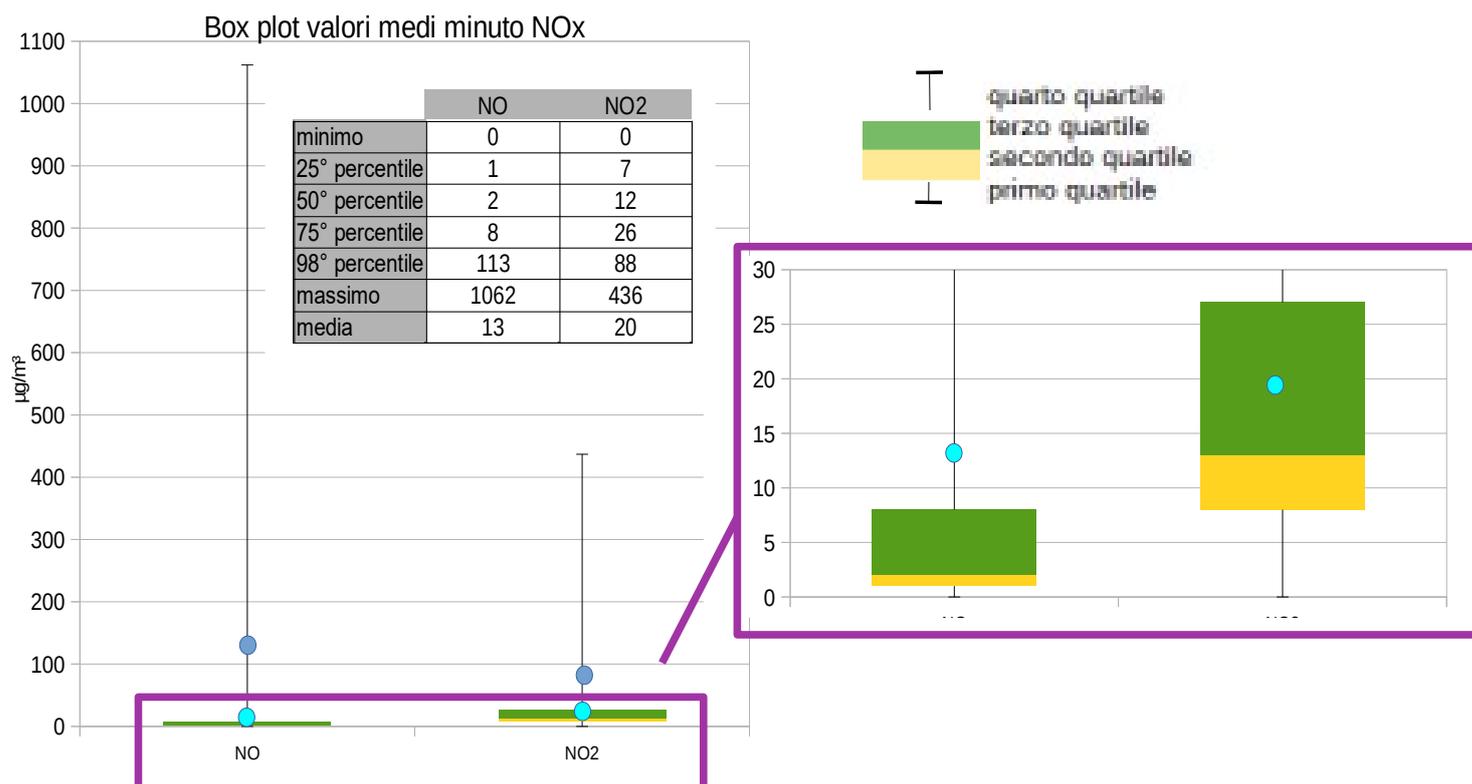


Grafico 7.3.1. Distribuzione dei valori medi al minuto di NO e di NO₂

Rispetto all'intensità ed alla direzione del vento incidente, la distribuzione dei valori medi è risultata la seguente:

- il vento proveniente dal settore tra est e sud è stato quello incidente con le concentrazioni medie di NO_x più elevate, in particolare per l'NO, inquinante primario per il quale la differenza di concentrazioni medie per settore è molto marcata;
- il settore per il quale le concentrazioni medie sono state più elevate ha anche registrato la velocità media del vento più sostenuta.

Direzione del vento (settore)	Valori medi			Frequenza vento incidente
	NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	VV (m/sec)	
Nord	4	14	1,6	2%
NNE	3	11	2,2	5%
NE	3	12	2,1	7%
ENE	6	15	1,4	2%
EST	23	28	1,3	2%
ESE	28	30	2,4	6%
SE	39	35	2,9	9%
SSE	29	30	2,4	5%
Sud	20	28	2,3	6%
SSO	10	21	1,4	11%
SO	7	18	1,0	9%
OSO	6	17	1,2	12%
Ovest	5	16	1,3	11%
ONO	5	16	1,3	8%
NO	5	16	1,3	3%
NNO	5	16	1,2	2%

Tabella 7.3.1. Concentrazioni medie di NO_x per settore di vento

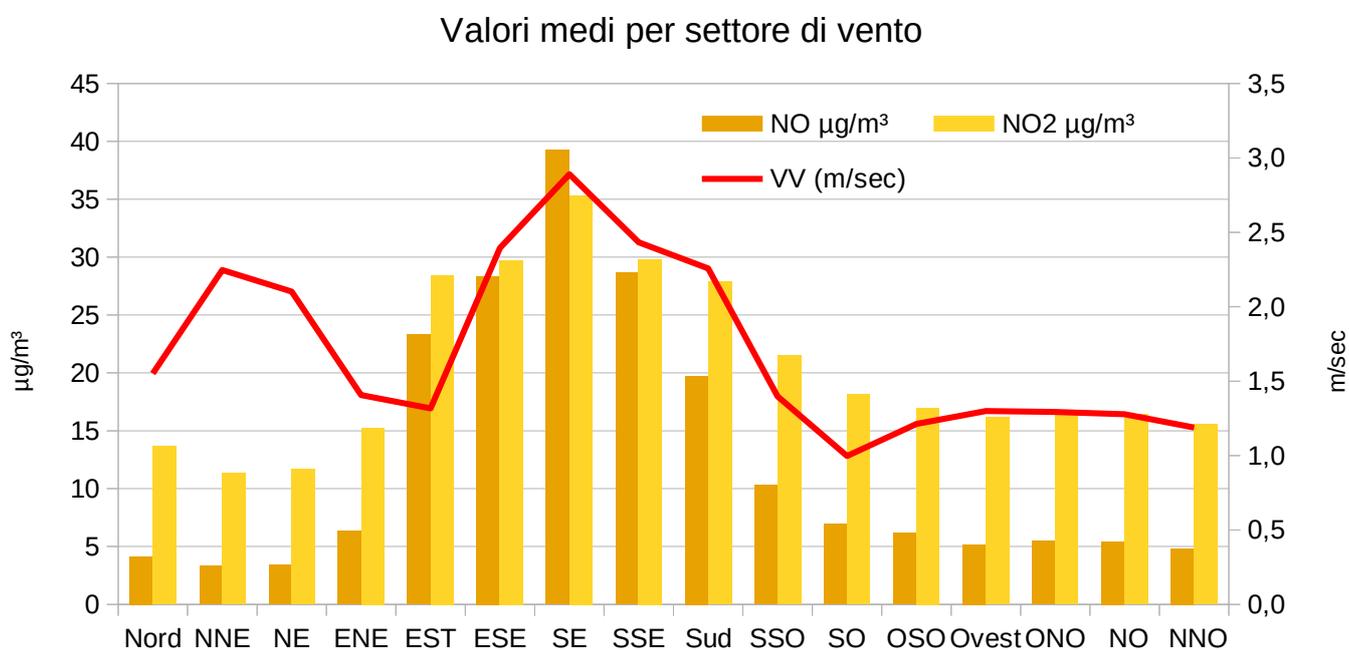


Grafico 7.3.2. Concentrazioni medie di NO_x per settore di vento

Le concentrazioni medie al minuto con valore superiore a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono state soltanto il 13% del totale, con media al minuto superiore a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ l'1,2% del totale e con media superiore a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lo 0,1 % del totale del periodo.

Tutte le concentrazioni superiori a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hanno coperto complessivamente soltanto 47 minuti sull'intera campagna ed il vento incidente ha avuto sempre intensità inferiore a 6 m/sec. Sono state analizzate le concentrazioni più elevate di NO_2 e la loro relativa distribuzione anche in relazione alla direzione ed alla velocità del vento.

La tabella ed il grafico seguente mostra la direzione del vento in coincidenza con le concentrazioni maggiori di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ evidenziando come il vento provenisse dal settore tra SE e SUD

NO ₂ > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Direzione del vento (settore)	% casi sul totale
Nord	0%
NNE	0%
NE	4%
ENE	2%
EST	4%
ESE	17%
SE	28%
SSE	17%
Sud	13%
SSO	11%
SO	4%
OSO	0%
Ovest	0%
ONO	0%
NO	0%
NNO	0%

Tabella 7.3.2. Concentrazioni medie al minuto di NO₂ superiori a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: direzione del vento incidente

Distribuzione DV per concentrazioni di NO₂ > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Indagine estate autunno 2020

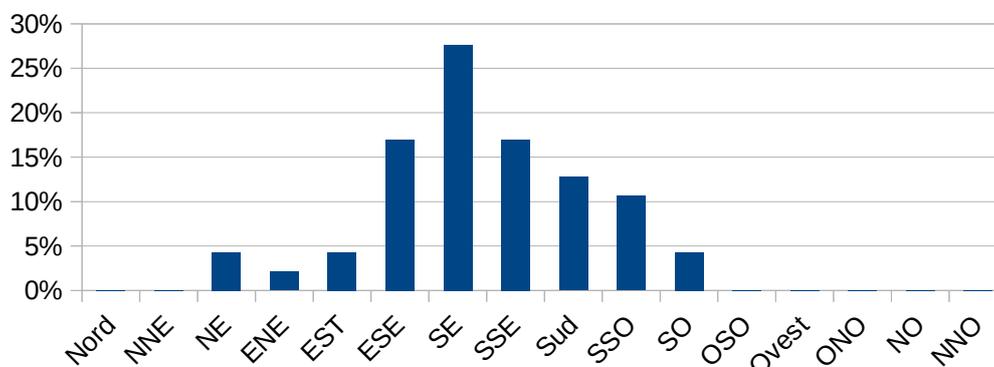
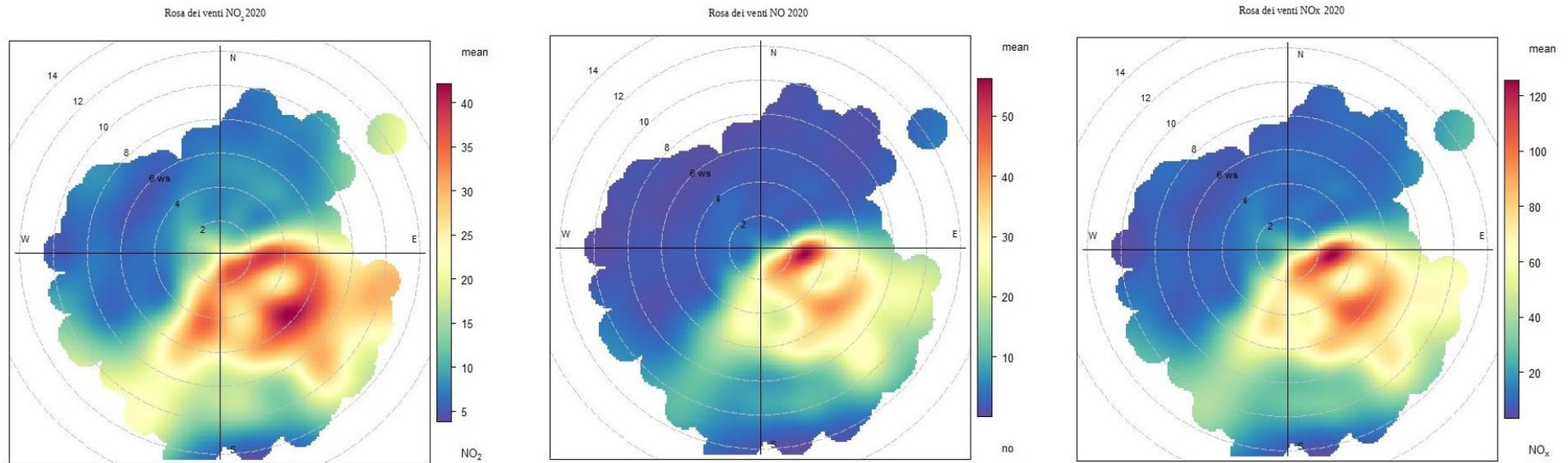


Grafico 7.3.3. Concentrazioni medie al minuto di NO₂ superiori a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: direzione del vento incidente

Figura 7.3.1 Rose dei venti relativi all'indagine 2020



I grafici mostrano i valori di delle concentrazioni di Nox che sono stati registrati in corrispondenza dei venti incidenti durante il primo periodo di indagine.

7.4. Analisi distribuzione delle concentrazioni al minuto di SO₂ indagine 2020.

Dall'analisi delle concentrazioni medie al minuto di SO₂ emerge quanto il primo periodo di indagine sia caratterizzato dall'assenza totale di concentrazioni di SO₂ degne di attenzione, con il massimo pari a 12,6 µg/m³ e concentrazioni che sono state per il 98% del tempo inferiori a 2,5 µg/m³.

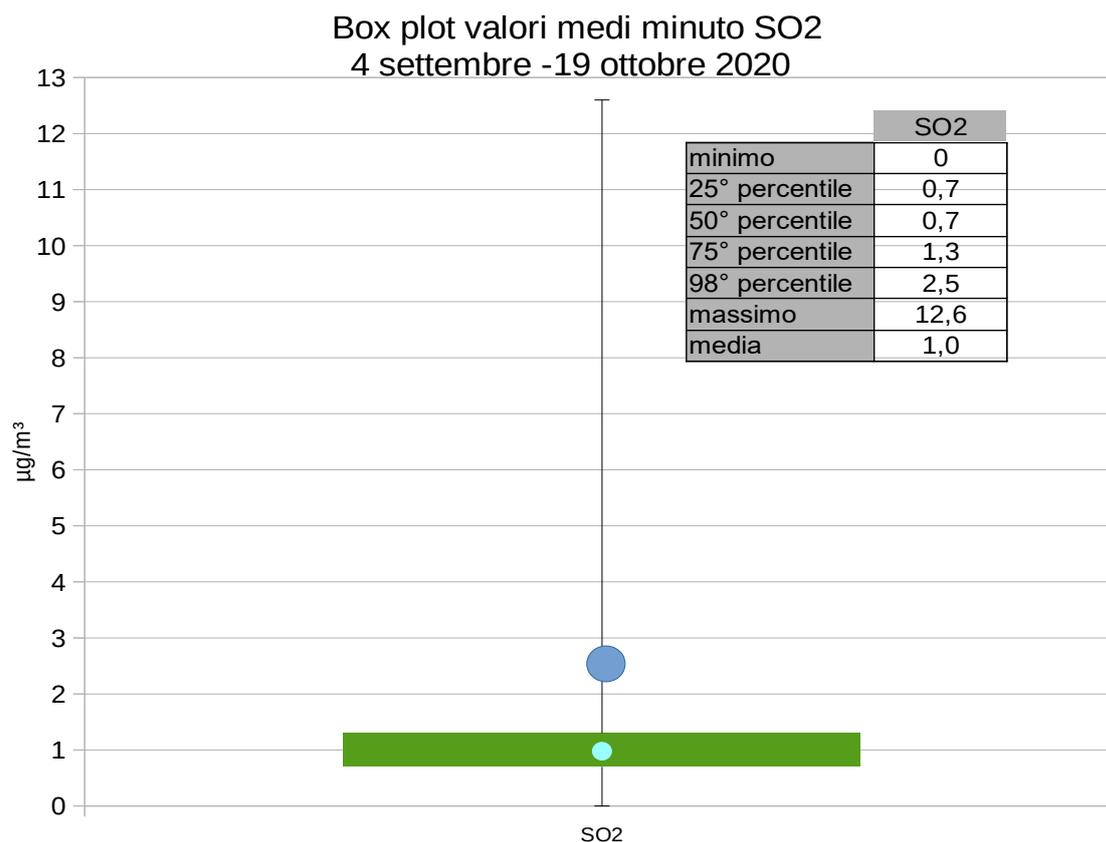


Grafico 7.4.1. Distribuzione dei valori medi al minuto di SO₂ indagine 2020

7.5. Analisi dati meteo di velocità e direzione del vento indagine 2021

L'analisi dei parametri meteo¹ relativi alla seconda parte dell'indagine, **dal 6 luglio al 14 settembre 2021**, ha mostrato che le condizioni di vento sono state molto diverse dal primo periodo in particolare come frequenza di provenienza del vento, mentre come valori medi e massimi non ci sono state differenze sostanziali.

Parametri meteo 2021			
Direzione del vento (settore)	Vel media (m/sec)	Vel max (m/sec)	Frequenza vento incidente
Nord	2,1	5	12%
NE	1,1	3	3%
EST	1,0	3	3%
SE	1,4	5	36%
Sud	1,9	5	8%
SO	1,9	4	1%
Ovest	2,0	5	4%
NO	2,9	5	34%

Tabella 7.5.1. Parametri meteo del primo periodo oggetto di indagine

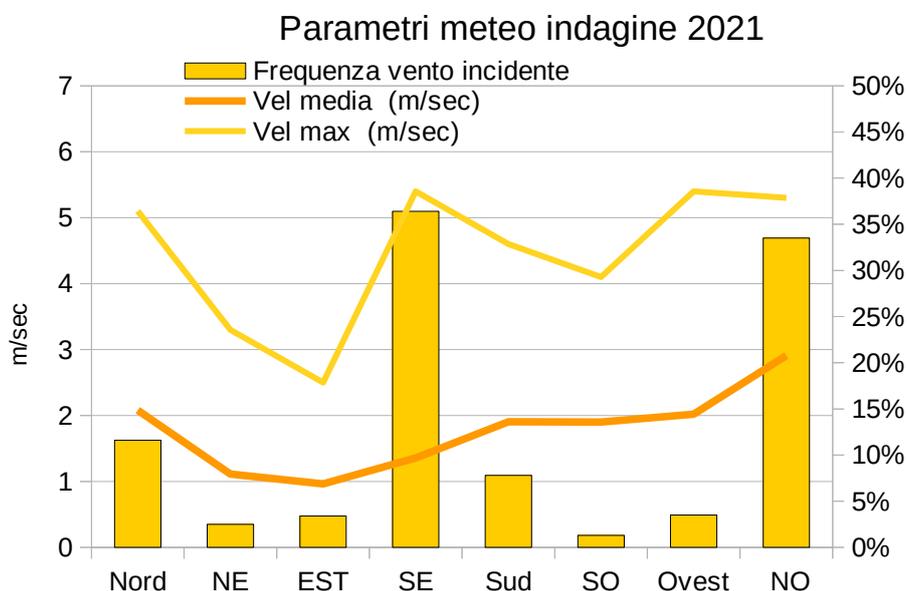


Grafico 7.5.1. Parametri meteo del periodo oggetto di indagine

¹ Per questa parte di indagine sono stati presi i dati del SIR di Portoferraio, relativi a DV e VV medi di 15 minuti

Nel secondo periodo della campagna non ci sono stati episodi di vento significativo , al contrario le medie massime al minuto sono state pari a 5 m/sec. L'intensità vento incidente è stata mediamente inferiore con vento proveniente dal settore compreso tra NE ed EST , mentre superiore alla media con vento proveniente dal settore tra Nord e Ovest, in particolare da NO (maestrale). La grande maggioranza del tempo il vento ha soffiato da SE (scirocco) e da NO (maestrale), presentando una distribuzione meno omogenea di quanto avvenuto nel 2020.

7.6. Analisi distribuzione delle concentrazioni medie al minuto di NO₂ ed NO indagine 2021

Dall'analisi delle concentrazioni medie al minuto degli ossidi di azoto, si nota che anche nel secondo periodo di indagine le concentrazioni si sono mantenute per il 75% del tempo su livelli veramente molto bassi e del tutto simili ai valori del primo periodo (75° percentile pari a 7 µg/m³ per NO ed a 27 µg/m³ per NO₂). Anche per quasi tutto il restante 25% del tempo i valori sono stati comunque contenuti con il 98° percentile rispettivamente pari a 206 µg/m³ per NO e 110 µg/m³ per NO₂. Questi sono superiori ai valori del primo periodo, come lo sono anche i massimi di concentrazioni pari a 1979 e 1119 µg/m³.

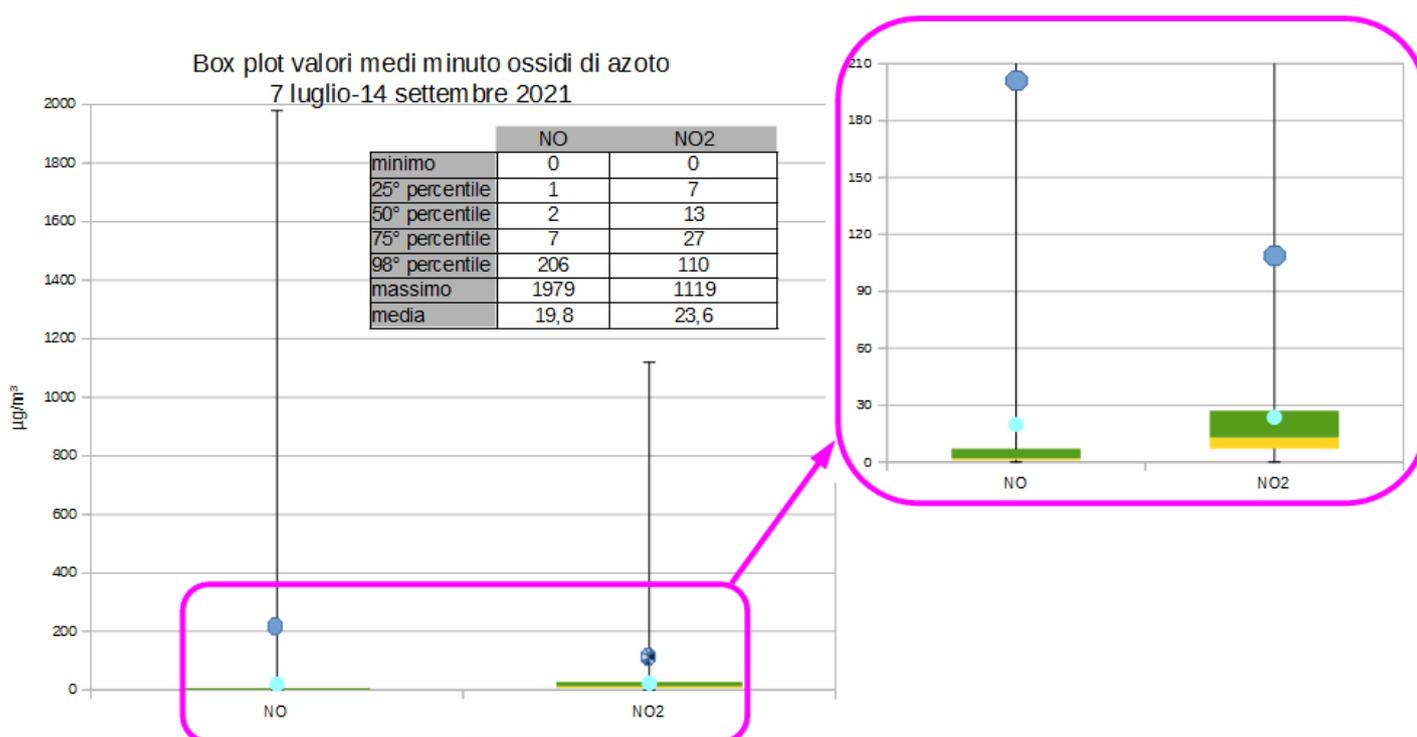


Grafico 7.6.1. Distribuzione dei valori al minuto di NO e di NO₂ indagine 2021.

Rispetto all'intensità ed alla direzione del vento incidente, la distribuzione dei valori medi è risultata la seguente:

- il vento proveniente dal settore SUD, da SE a SO è stato quello in corrispondenza del quale sono state registrate le concentrazioni medie di NO e di NO₂
- più elevate, in particolare per l'NO, inquinante primario per il quale la differenza di concentrazioni medie per settore è molto marcata;
- sembra esserci una certa dipendenza delle concentrazioni medie di ossidi di azoto registrate e la direzione di provenienza del vento, infatti il settore SUD ha portato le concentrazioni più elevate, che calano allontanandosi da tale direzione. Non sembra esserci correlazione tra valori di NO_x e intensità del vento ma soltanto con la direzione di provenienza.

Direzione del vento (settore)	Valori medi			Frequenza vento incidente
	NO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	VV (m/sec)	
Nord	3	12	2,1	12%
NE	6	17	1,1	3%
EST	15	24	1,0	3%
SE	34	31	1,4	36%
Sud	56	42	1,9	8%
SO	25	31	1,9	1%
Ovest	7	19	2,0	4%
NO	5	16	2,9	34%

Tabella 7.6.1. Concentrazioni medie di NO_x per settore di vento

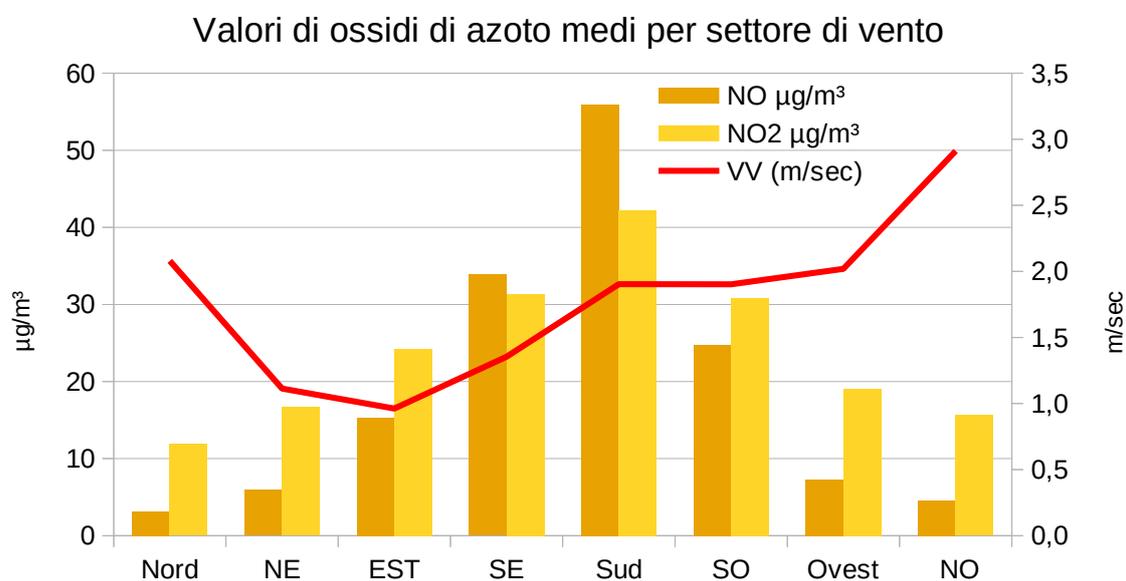


Grafico 7.6.2. Concentrazioni medie di NO_x per settore di vento

Le concentrazioni medie al minuto con valore superiore a 40 µg/m³ sono state per il periodo di indagine 2021 il 16% del totale, contro un 13% del 2020, mentre le medie al

minuto superiore a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono state il 2,5% del totale, ovvero in percentuale quasi doppia rispetto all'indagine precedente. I valori dei dati al minuto con media superiore a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono stati pari allo 0,4 % del totale del periodo, ovvero circa 4 volte quelle del 2020 con un totale di 440 minuti che corrispondono a 7 ore 20 minuti. Sul totale della campagna quindi i valori di NO_2 significativamente alti sono stati molto limitati, ma le percentuali indicano che sono stati molto più numerosi dell'indagine precedente.

Il vento incidente in concomitanza dei valori di NO_2 al minuto superiori a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ha avuto sempre intensità inferiore a 4 m/sec, quindi molto contenuta.

Per quanto invece riguarda la direzione di provenienza del vento, la tabella ed il grafico seguente mostrano come la direzione del vento in coincidenza con le concentrazioni maggiori di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ provenisse quasi esclusivamente dal settore tra SUD-EST e SUD, come già osservato per l'indagine del 2020.

NO ₂ > 200 µg/m ³	
Direzione del vento (settore)	% casi sul totale
Nord	0%
NE	0%
EST	2%
SE	61%
Sud	32%
SO	2%
Ovest	2%
NO	2%

Tabella 7.6.2. Concentrazioni al minuto di NO₂ superiori a 200 µg/m³: direzione del vento incidente

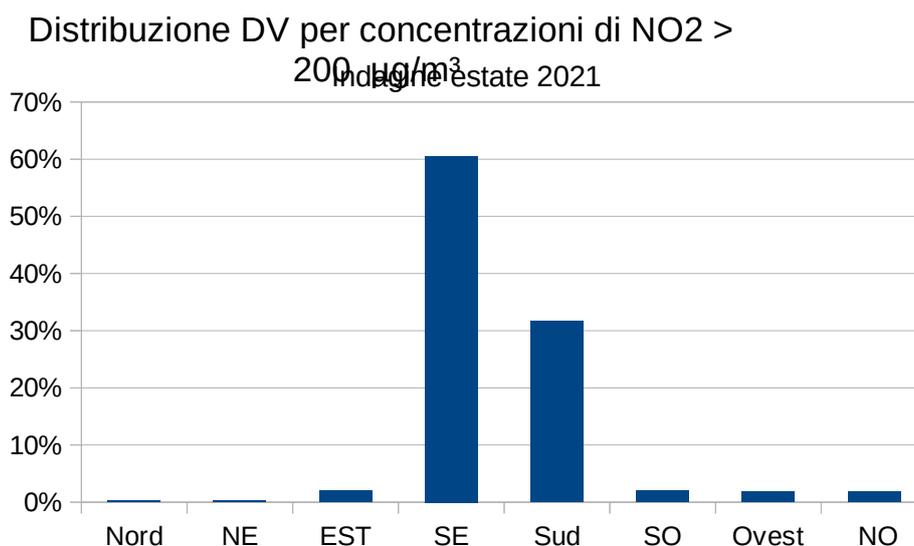
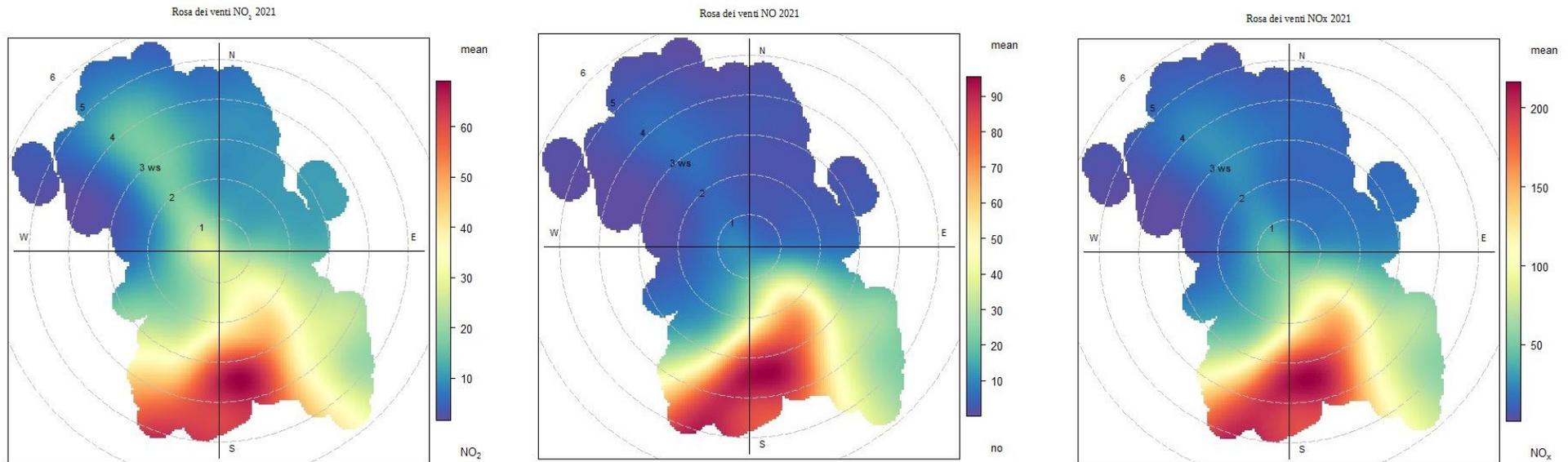


Grafico 7.6.3. Concentrazioni medie al minuto di NO₂ superiori a 200 µg/m³: direzione del vento incidente

Figura 7.6.1 Rose dei venti relativi all'indagine 2021



I grafici mostrano i valori di delle concentrazioni di NO_x che sono stati registrati in corrispondenza dei venti incidenti durante il secondo periodo di indagine.

7.7. Analisi distribuzione delle concentrazioni al minuto di SO₂ indagine 2021

Il secondo periodo di indagine, ha registrato valori medi al minuto di SO₂ nel complesso molto contenuti, ma con qualche valore medio al minuto più elevato rispetto al 2020. Il valore massimo medio al minuto è stato infatti pari a 170 µg/m³. Le concentrazioni sono state comunque per la maggior parte del tempo molto basse e con valori simili a quelle del primo periodo, infatti il 98° percentile è stato pari a 2,8 µg/m³, valore vicino a quello della prima indagine che era stato pari a 2,5 µg/m³ ed anche i valori degli altri quartili sono simili. Con eccezione di tre valori di concentrazione, i valori di SO₂ sono sempre stati inferiori a 17,4 µg/m³.

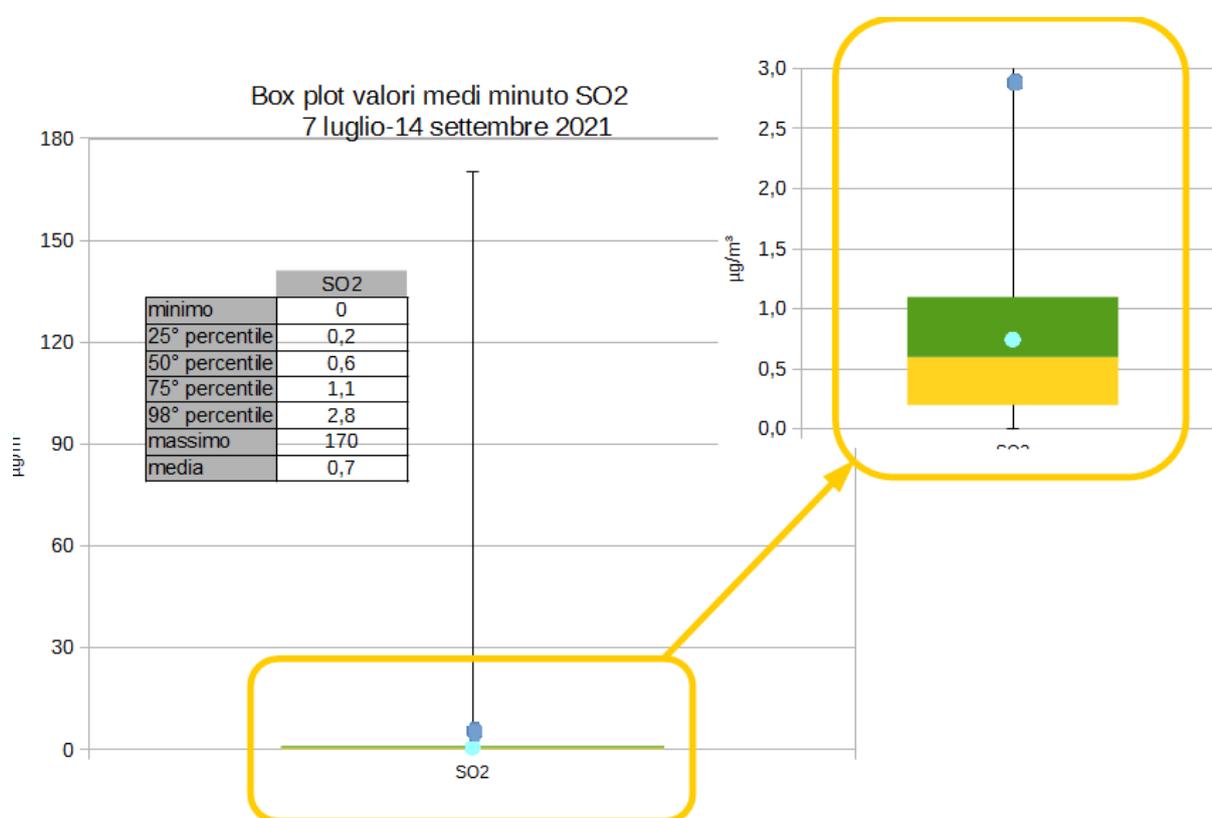


Grafico 7.7.1. Distribuzione dei valori al minuto di SO₂ indagine 2021

Le concentrazioni medie al minuto con valore di SO₂ in doppia cifra (superiore a 10 µg/m³) sono state presenti per il periodo di indagine 2021 soltanto per 47 minuti del tempo totale. Esse sono state registrate in concomitanza di intensità del vento molto bassa, inferiore a 3,6 m/ sec.

La tabella ed il grafico seguente mostrano la direzione del vento in coincidenza con le concentrazioni di biossido di zolfo maggiori di 10 µg/m³. Per il 47% il vento era incidente da SE mentre per il restante tempo era tra NO e NE.

SO ₂ > 10 µg/m ³	
Direzione del vento (settore)	% casi sul totale
Nord	6%
NE	21%
EST	0%
SE	47%
Sud	0%
SO	0%
Ovest	0%
NO	26%

Tabella 7.7.1. Concentrazioni medie al minuto di SO₂ superiori a 10 µg/m³: direzione del vento incidente

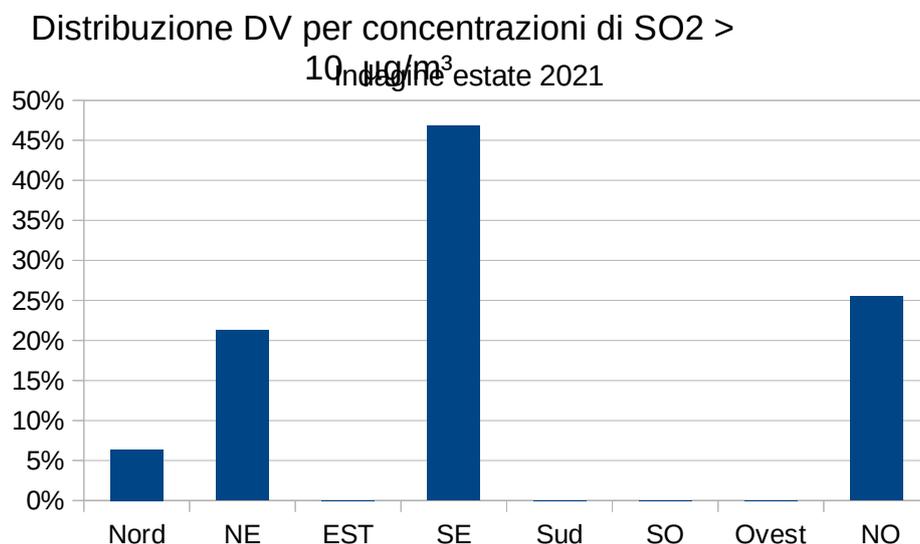


Grafico 7.7.2. Concentrazioni al minuto di SO₂ superiori a 10 µg/m³: direzione del vento incidente

I tre valori di concentrazione di biossido di zolfo più rilevanti, sono stati registrati come picchi isolati in tre giorni diversi e pertanto sono riconducibili a fenomeni momentanei.

Data	ora	SO ₂ µg/m ³	DV
18/08/21	14:37:00	170	NE
04/08/21	11:34:00	151,7	SE
21/07/21	12:49:00	74,9	NE

Tabella 7.7.2. Valori elevati SO₂ indagine 2021

7.8. NO₂ E SO₂ IN FUNZIONE DEL VENTO INCIDENTE: CONCLUSIONI

Relativamente ai due diversi periodi di indagine, che si sono svolti a settembre-ottobre 2020 e poi a luglio-agosto-settembre 2021, possiamo concludere che in entrambi i periodi le condizioni del vento sono state caratterizzate da intensità media-bassa, con completa assenza di fenomeni con vento forte, anche brevi. La distribuzione del vento incidente è stata molto differente tra i due periodi, probabilmente anche a causa della differenza stagionale, come riportato dai grafici seguenti.

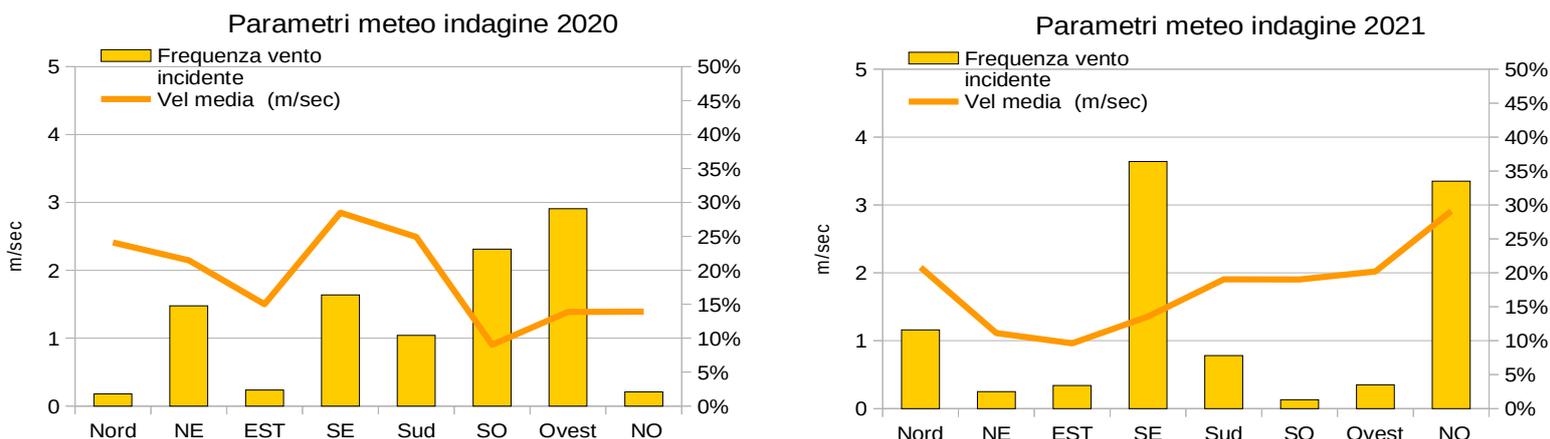


Grafico 7.8.1. Condizioni di vento indagini 2020 e 2021

L'analisi delle medie al minuto, suggerisce che i valori medi di ossidi di azoto e biossido di zolfo non siano influenzati dall'intensità del vento, ma piuttosto dalla direzione di provenienza. In entrambi i periodi nonostante le differenze meteorologiche, le concentrazioni medie massime sono state per tutti gli inquinanti citati in corrispondenza del vento proveniente da sud-sudest.

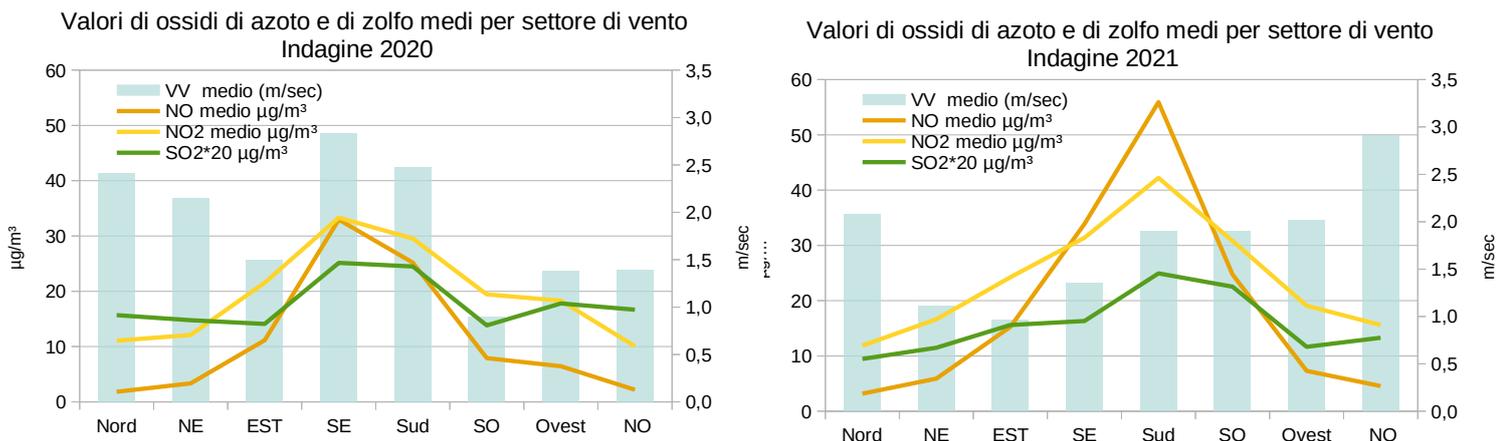
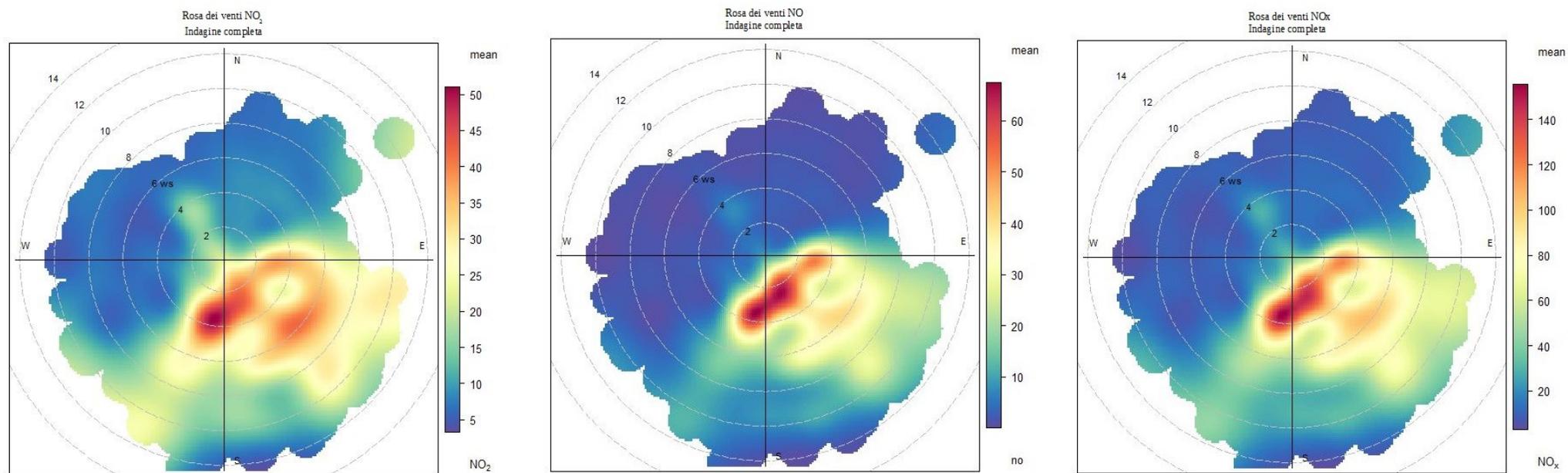


Grafico 7.8.2. Valori medi di NO, NO₂ e SO₂ per settore di provenienza del vento, indagini 2020 e 2021

Questo è stato confermato anche dai valori più elevati di NO₂ ed SO₂ che sono stati registrati con venti provenienti dal medesimo settore.

Figura 7.8.1 Rose dei venti relativi all'indagine nel suo complesso 2020-2021



I grafici mostrano i valori di delle concentrazioni di Nox che sono stati registrati in corrispondenza dei venti incidenti durante tutto il periodo di indagine

8 CONCLUSIONI

Il monitoraggio della campagna di indagine svolta all'interno dell'area portuale di Portoferraio ha fornito i seguenti risultati:

- PM10: le concentrazioni di polveri PM10 sono state contenute ed inferiori ai limiti di normativa, con media complessiva pari a $19,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valore massimo giornaliero pari a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- PM2,5: le concentrazioni di polveri PM2,5 sono state anche esse contenute e inferiori ai limiti di normativa, con media complessiva pari a $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valore massimo giornaliero pari a $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- NOx: le concentrazioni di biossido di azoto NO_2 sono state inferiori ai limiti di normativa con media complessiva pari a $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valore massimo orario pari a $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nonostante una presenza significativa di NO che ha raggiunto *in situ* spesso concentrazioni elevate;
- CO: le concentrazioni di monossido di carbonio sono state per tutto il periodo veramente contenute e nettamente inferiori ai limiti di normativa, con media complessiva pari a $0,35 \text{mg}/\text{m}^3$ e valore della massima media giornaliera su 8 ore pari a $0,9 \text{mg}/\text{m}^3$;
- SO_2 : analogamente a quanto osservato per il CO, le concentrazioni di biossido di zolfo SO_2 sono state contenute e abbondantemente inferiori ai limiti di normativa con media complessiva pari a $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e valore massimo orario pari a $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- L'analisi dei dati al minuto degli ossidi di azoto e del biossido di zolfo ha rivelato che il periodo di indagine è stato caratterizzato per la maggior parte del tempo da concentrazioni poco significative, anche come medie al minuto;
- Le sporadiche concentrazioni significativamente più elevate sono state registrate per entrambi gli inquinanti indagati, con una netta prevalenza di vento proveniente dal settore Sud-SE, corrispondente all'insenatura del porto.

Si sottolinea che l'intervallo temporale in cui è stato condotto il monitoraggio non rispetta i requisiti affinché l'indagine possa considerarsi rappresentativa per l'intero anno solare e che il confronto con i parametri normativi è stato fatto a scopo puramente indicativo. E' stato tuttavia scelto il periodo di maggior afflusso di navi e di traffico veicolare. Il fatto che le concentrazioni degli inquinanti monitorati siano state abbondantemente inferiori ai parametri normativi nel periodo di indagine, che può essere considerato il più critico data la concomitanza con il periodo estivo, presuppone in ogni caso il pieno rispetto dei limiti in vigore.

Appendice: LIMITI NORMATIVI PER GLI INQUINANTI OGGETTO DI INDAGINE

Si riportano i riferimenti normativi in vigore per gli inquinanti oggetto dell'indagine, come indicato dal D.Lgs155/2010.

PM10		
VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

Tabella 1. Limiti per il Particolato PM10

PM2,5		
VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³

Tabella 2. Limite per il Particolato PM2,5

Biossido di azoto NO₂		
VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³

Tabella 3. Limiti per il NO₂

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.

Monossido di carbonio		
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/m ³

Tabella 4. Limite per il CO

Biossido di zolfo SO₂		
VALORE DI RIFERIMENTO	Periodo di mediazione	Valori limite
Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ 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/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Tabella 5. Limiti per il SO₂

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.