

**MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
COMUNE DI BOLOGNA
SISTEMA TANGENZIALE/AUTOSTRADA
AREA PARCO NORD
18 FEBBRAIO – 23 MARZO 2015**

Responsabile: Andrea Mecati

Relazione tecnica a cura di: Marco Trepiccione

Hanno collaborato: Andrea Aldrovandi, Luca Malaguti, Francesca Novelli

SOMMARIO

1- PREMESSA.....	3
2- MODALITA' DELL'INTERVENTO E POSTAZIONE DI MONITORAGGIO.....	3
2.1- COLLOCAZIONE DELLE POSTAZIONI DI MONITORAGGIO.....	3
2.2- ALTRE POSTAZIONI CONSIDERATE.....	3
2.3- TEMPSTICA E ATTREZZATURA UTILIZZATA.....	5
3- MODALITA' DI CAMPIONAMENTO ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	6
4- RISULTATI DELL'INDAGINE.....	7
4.1- OSSIDI DI AZOTO: NO _x , NO ₂ , NO.....	7
4.1.1- Ossidi di azoto: NO _x	7
4.1.2- Biossido di azoto: NO ₂	8
4.1.3- Monossido di azoto: NO.....	11
4.2- MATERIALE PARTICOLATO: PM ₁₀ E PM _{2.5}	14
4.2.1Particolato PM ₁₀	14
4.2.2Particolato PM _{2.5}	16
4.3- OZONO O ₃	17
4.4- MONOSSIDO DI CARBONIO CO.....	19
4.5- BENZENE C ₆ H ₆	20
4.6- IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA).....	21
4.7- MICROMETEOROLOGIA DELL'AREA E INFLUENZA SUGLI INQUINANTI MONITORATI.....	22
4.7.1Influenza della velocità del vento	28
4.7.2Influenza delle precipitazioni.....	28
4.7.3Influenza della radiazione solare sull'Ozono.....	29
5- CONFRONTO QUALITATIVO CON LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ESTATE 2012.....	30
6- CONCLUSIONI.....	31
6.1- INQUINANTI GASSOSI.....	31
6.2- PARTICOLATO: PM ₁₀ - PM _{2,5}	32
6.3- IPA.....	33
7- ALLEGATI.....	34
7.1-INQUADRAMENTO NORMATIVO D.LGS. N. 155/2010.....	35
7.2-LIMITI DI QUANTIFICAZIONE PER INQUINANTE.....	35
7.3-NO ₂ : CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE	36
7.4-NO ₂ : CONCENTRAZIONI MASSIME GIORNALIERE	37
7.5-PM ₁₀ : CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE	38
7.6-PM _{2.5} : CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE	39
7.7-O ₃ : CONCENTRAZIONI MEDIE SU 8 ORE MASSIME GIORNALIERE	40
7.8-O ₃ : CONCENTRAZIONI ORARIE MASSIME GIORNALIERE	41
7.9-CO: CONCENTRAZIONI MEDIE SU 8 ORE MASSIME GIORNALIERE	42
7.10-BENZENE: CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE PERIODO DI MONITORAGGIO.....	43
7.11-IPA: CONCENTRAZIONI MEDIE PERIODO DI MONITORAGGIO.....	44

1 - PREMESSA

Nell'ambito delle attività previste dalla convenzione tra Arpa e Comune di Bologna per lo svolgimento di attività di monitoraggio della qualità dell'aria, il Comune di Bologna ha richiesto ad Arpa di eseguire una campagna di misura finalizzata alla valutazione degli impatti indotti dal sistema Tangenziale/Autostrada sulla qualità dell'aria della città. Tale campagna di monitoraggio costituisce il completamento di quella precedente, condotta nell'estate del 2012.

Per la realizzazione della campagna è stato concordato l'utilizzo del laboratorio mobile, attrezzato per il monitoraggio della qualità dell'aria, di proprietà del Comune di Bologna e concesso in uso ad Arpa.

Come già nel 2012, la Città Metropolitana (ex Provincia) di Bologna ha condiviso le finalità del monitoraggio concedendo l'utilizzo del proprio, analogo, laboratorio mobile (anch'esso in dotazione ad Arpa). Ciò ha consentito di svolgere le misure in parallelo su due postazioni localizzate in ambito urbano, lungo il percorso del sistema viario Tangenziale/Autostrada.

In questa seconda campagna sono state mantenute le stesse due postazioni già individuate nel 2012, ricorrendo anche a criteri modellistici. Entrambi i laboratori mobili a disposizione sono stati collocati all'interno dell'area del Parco Nord, scegliendo zone a diversa distanza dalla sorgente, in modo da consentire anche una possibile valutazione degli impatti indotti dall'infrastruttura su aree limitrofe.

I rilievi si sono svolti nel periodo invernale, tra il 18 febbraio e il 23 marzo 2015.

2 - MODALITA' DELL'INTERVENTO E POSTAZIONE DI MONITORAGGIO

2.1 - Collocazione delle postazioni di monitoraggio

I mezzi sono stati collocati nelle due postazioni individuate e riportate in Figura 1. Tra le due, la Postazione A risulta più prossima (circa 30m) al tracciato della Tangenziale/Autostrada, mentre la Postazione B, posta circa a 200m a nord-est dall'altra, risulta essere distante rispetto all'infrastruttura di un range confrontabile con quello "tipico" dei ricettori abitativi che, in ambito urbano, si possono trovare lungo il suo tracciato.

2.2 - Altre postazioni considerate

I dati raccolti durante lo svolgimento della campagna di misure sono stati messi a confronto con quanto registrato dalle stazioni fisse della Rete Regionale di monitoraggio della Qualità dell'Aria (RRQA) più vicine (Figura 2). Nella tabella seguente vengono elencati i sensori presenti nelle stazioni considerate:

STAZIONE RRQA	Inquinanti monitorati					
	NO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	C ₆ H ₆
Bologna - Giardini Margherita	•		•	•	•	
Bologna - Porta San Felice	•	•	•	•		•
San Lazzaro di Savena	•		•			
Bologna - Via Chiarini	•		•		•	



Figura 1 – Postazioni di monitoraggio - Laboratori mobili



Figura 2 – Postazioni RRQA – Stazioni prossime all'area di monitoraggio

2.3 - Tempistica e attrezzatura utilizzata

L'inizio della campagna parte dal giorno seguente l'installazione dei due laboratori mobili, che si è svolta nella giornata del 17 febbraio. Il monitoraggio si è concluso il 23 marzo 2015, per un totale di 34 giorni utili di raccolta dati. La disinstallazione è stata effettuata nei giorni successivi.

La strumentazione impiegata sul laboratorio della Postazione A (Figura 3) è stata la seguente:

- analizzatore automatico di ossidi di azoto ($\text{NO}_2 - \text{NO}_x$);
- analizzatore automatico di ozono (O_3);
- analizzatore automatico di monossido di carbonio (CO);
- campionatore gravimetrico sequenziale di materiale particolato PM_{10} ;
- campionatore gravimetrico sequenziale di materiale particolato $\text{PM}_{2.5}$;
- centralina meteo con sensori di direzione\velocità vento e pluviometro.



Figura 3 – Postazione A – Laboratorio mobile vicinanza Tangenziale/Autostrada

La strumentazione impiegata sul laboratorio della Postazione B (Figura 4) è stata la seguente:

- analizzatore automatico di ossidi di azoto ($\text{NO}_2 - \text{NO}_x$);
- analizzatore automatico di ozono (O_3);
- analizzatore automatico di benzene (C_6H_6);
- campionatore gravimetrico sequenziale di materiale particolato PM_{10} ;
- campionatore gravimetrico sequenziale di materiale particolato $\text{PM}_{2.5}$;
- centralina meteo con sensori di direzione\velocità vento, pluviometro, temperatura, umidità, pressione atmosferica e radiazione solare.



Figura 4 – Postazione B – Laboratorio mobile interno al Parco Nord

3 - MODALITA' DI CAMPIONAMENTO ED ELABORAZIONE DEI DATI

Per quanto concerne gli ossidi di azoto, l'ozono, il monossido di carbonio, il benzene ed i parametri meteorologici sono stati misurati e registrati valori medi orari; le modalità di campionamento del particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}) sono quelle stabilite dalla normativa e prevedono la misura della concentrazione media giornaliera su 24 ore.

Le elaborazioni sono state sempre effettuate considerando l'ora solare, anche durante la precedente campagna estiva.

Conformemente a quanto indicato dal D.Lgs. 155/2010, per le giornate durante le quali il numero di valori orari ottenuto è risultato inferiore a 18, cioè inferiore al 75% dei dati giornalieri, i valori massimo e medio della giornata non sono stati presi in considerazione ed i valori orari non sono stati utilizzati nell'elaborazione dei dati, in quanto non sufficientemente rappresentativi. Una media oraria al giorno risulta in ogni caso mancante per l'esecuzione del necessario controllo automatico di taratura, programmato sistematicamente durante le ore notturne.

Per il monitoraggio degli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), si procede analizzando presso il laboratorio Arpa di riferimento, la frazione di particolato raccolta sui filtri del PM₁₀.

4 - RISULTATI DELL'INDAGINE

4.1 - Ossidi di azoto: NO_x, NO₂, NO

4.1.1 - Ossidi di azoto: NO_x

Si indica con NO_x l'insieme di monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂). Il primo è prodotto essenzialmente da processi di combustione, che forniscono l'energia necessaria alla reazione chimica tra l'ossigeno e l'azoto gassosi presenti in atmosfera; si tratta pertanto di un inquinante cosiddetto "primario". L'NO₂ è un inquinante secondario derivante dall'ossidazione dell'NO in atmosfera; concorre in modo fondamentale alla formazione dello smog fotochimico.

La strumentazione in dotazione ai laboratori mobili permette di conoscere le rispettive concentrazioni dei diversi ossidi di azoto. Di seguito verranno esposte le risultanze della campagna partendo proprio dall'esposizione delle concentrazioni di NO_x, riepilogate in tabella 4.1.1.1 e con un dettaglio orario nel grafico 4.1.1.1 per le due postazioni di monitoraggio.

Tabella 4.1.1.1 - NO_x, valori orari minimi, medi e massimi sul periodo (µg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore massimo	Valore medio	Valore minimo
Postazione A	100%	624	127	7
Postazione B	80%	934	135	6

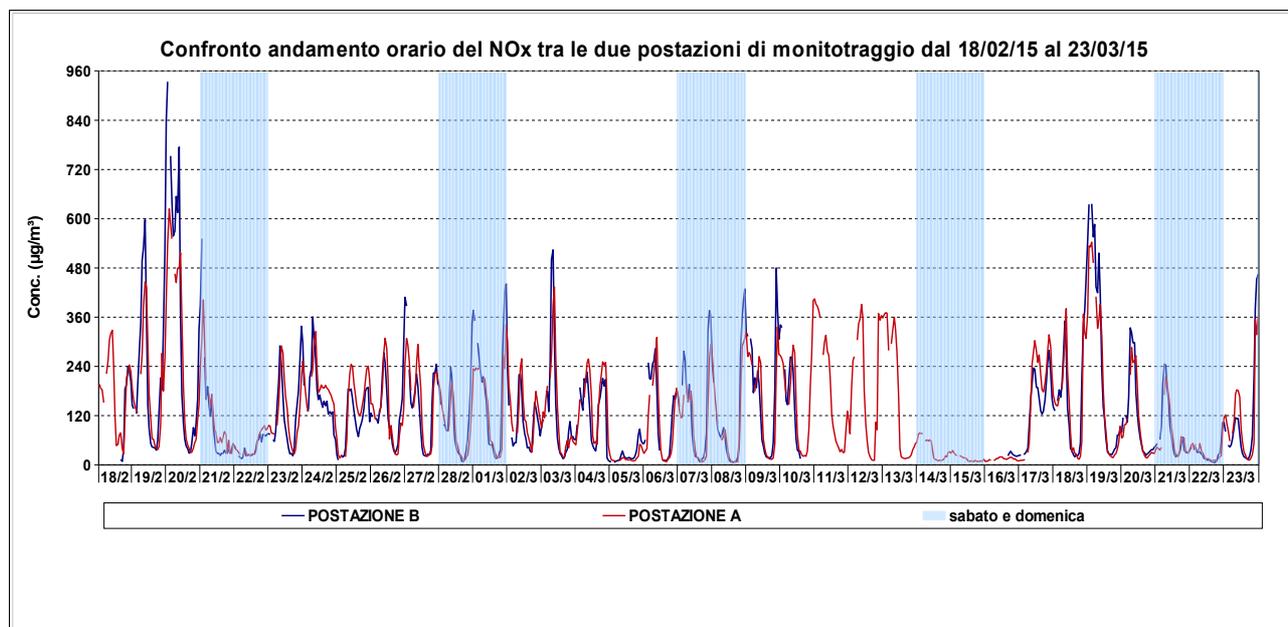


Grafico 4.1.1.1 - NO_x, valori di concentrazione orari sul periodo (µg/m³)

La Postazione B presenta un valore massimo di concentrazione molto superiore a quello della Postazione A, mentre la media sul periodo eccede solo del 6% quella dell'altro sito. Gli andamenti orari sono in buona parte sovrapponibili, anche se si riscontra una curva con picchi a valori di

concentrazione più elevati presso la Postazione B, laddove presumibilmente, alla sorgente legata all'infrastruttura autostradale, si aggiunge il contributo derivante dalle attività, interne al Parco Nord, di movimentazione mezzi e ristorazione.

Passiamo ora al dettaglio per il biossido e il monossido di azoto.

4.1.2 - Biossido di azoto: NO₂

Per il biossido di azoto (NO₂), la normativa relativa alla qualità dell'aria prevede limiti per la tutela della salute umana (Allegato 1).

Nel periodo della campagna non sono stati rilevati superamenti del limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³) e, nella sottostante tabella (Tabella 4.1.2.1), vengono riepilogati i valori di concentrazione massimi, medi e minimi registrati per tutte le postazioni di monitoraggio, comprese le stazioni della Rete Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA) più prossime all'area di monitoraggio.

Tabella 4.1.2.1 - NO₂, valori orari minimi, medi e massimi sul periodo (µg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore massimo	Valore medio	Valore minimo
Postazione A	100%	117	40	< 12
Postazione B	80%	175	57	< 12
Porta San Felice	96%	148	71	13
San Lazzaro	99%	98	37	< 12
Chiarini	99%	73	30	< 12
Giardini Margherita	96%	88	28	< 12

Una prima indicazione fornita dalla tabella colloca le due postazioni a ridosso della Tangenziale/Autostrada tra le più impattate per quanto riguarda il biossido di azoto e, in particolare, la Postazione B presenta un valore massimo superiore a tutte le altre. Tuttavia il valore medio più elevato si registra presso la stazione da traffico di Bologna collocata nell'area di Porta San Felice. E' necessario approfondire questa informazione con una serie di grafici di cui il primo riporta l'andamento dei valori di concentrazione orari (Grafico 4.1.2.1) e i seguenti evidenziano l'andamento giornaliero sia dei massimi orari che dei valori medi orari (Grafici 4.1.2.2 e 4.1.2.3).

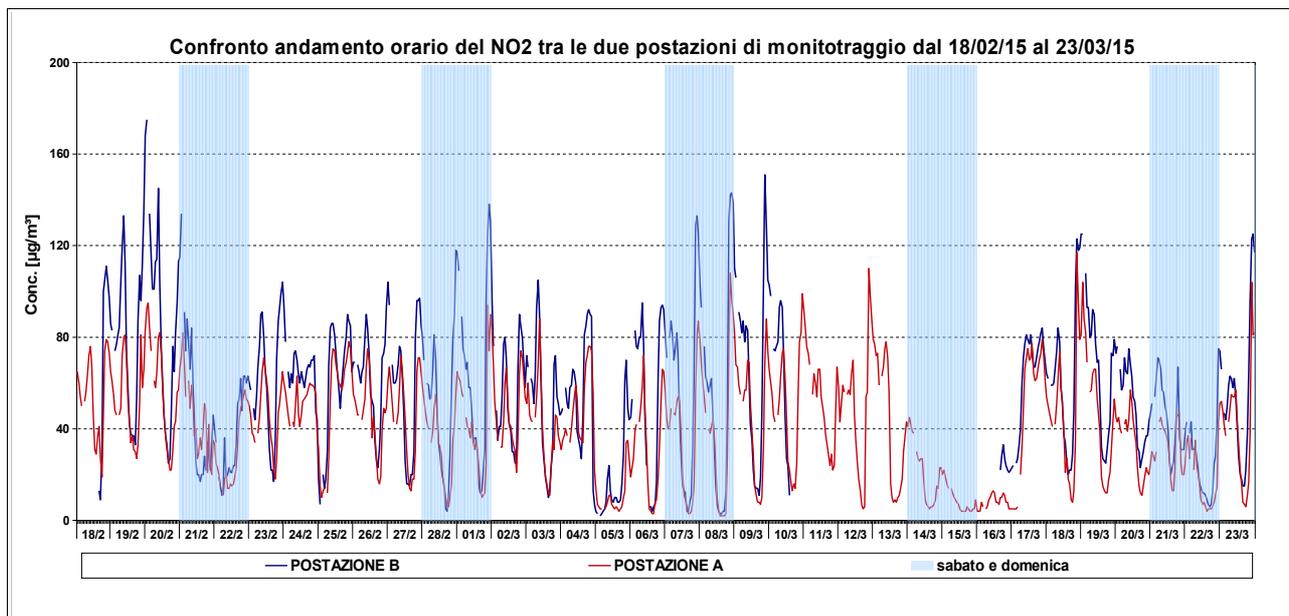


Grafico 4.1.2.1 - NO₂, valori di concentrazione orari sul periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

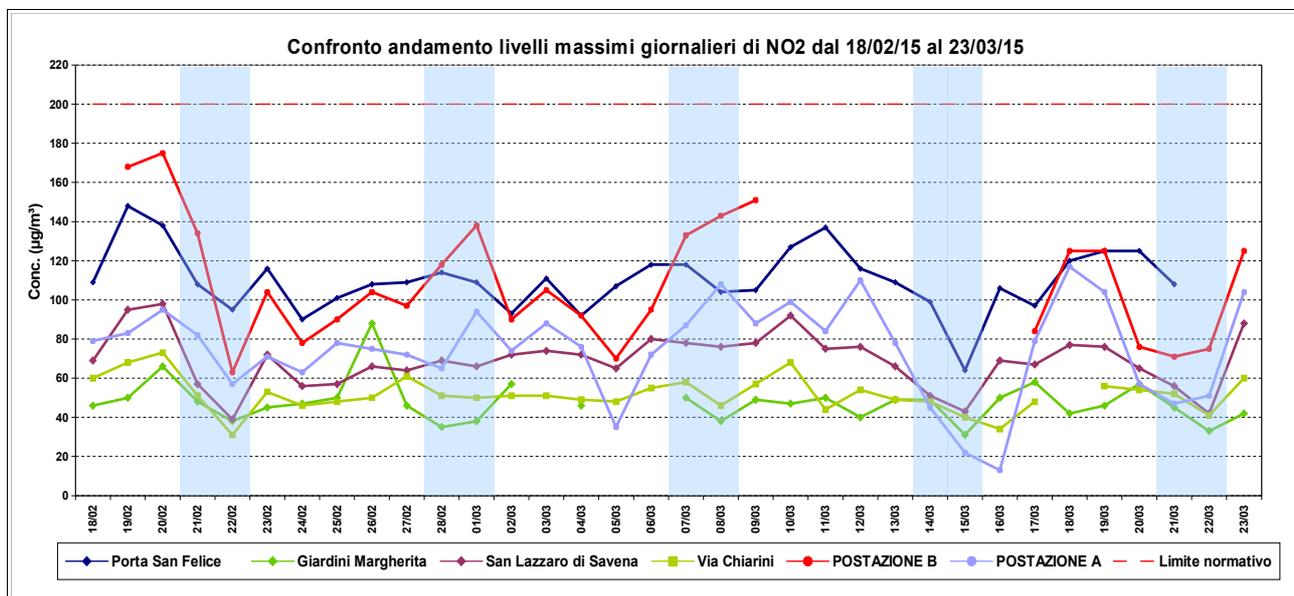


Grafico 4.1.2.2 - NO₂, valori di concentrazione massimi giornalieri sul periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

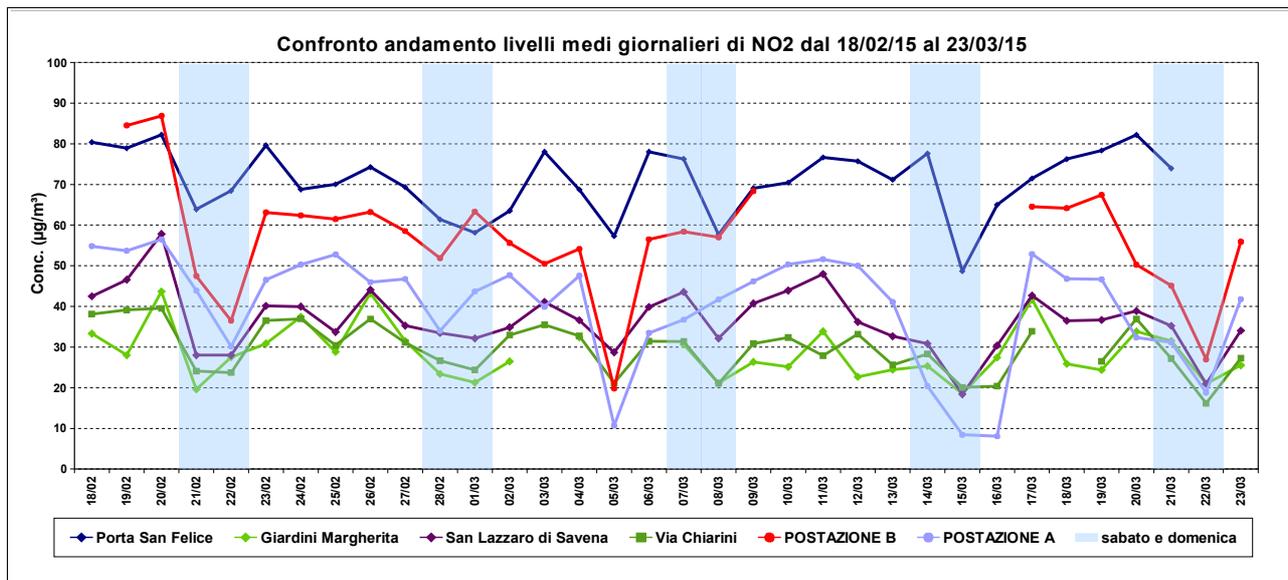


Grafico 4.1.2.3 - NO₂, valori di concentrazione medi giornalieri sul periodo (µg/m³)

Nel grafico 4.1.2.2, relativo ai valori massimi giornalieri, in diverse giornate la Postazione B supera le altre stazioni compresa porta San Felice, mentre osservando l'andamento delle medie giornalieri, il fenomeno appare più contenuto.

Il Grafico 4.1.2.4 riepiloga visivamente il confronto tra le medie dell'intero periodo di monitoraggio per l'NO₂

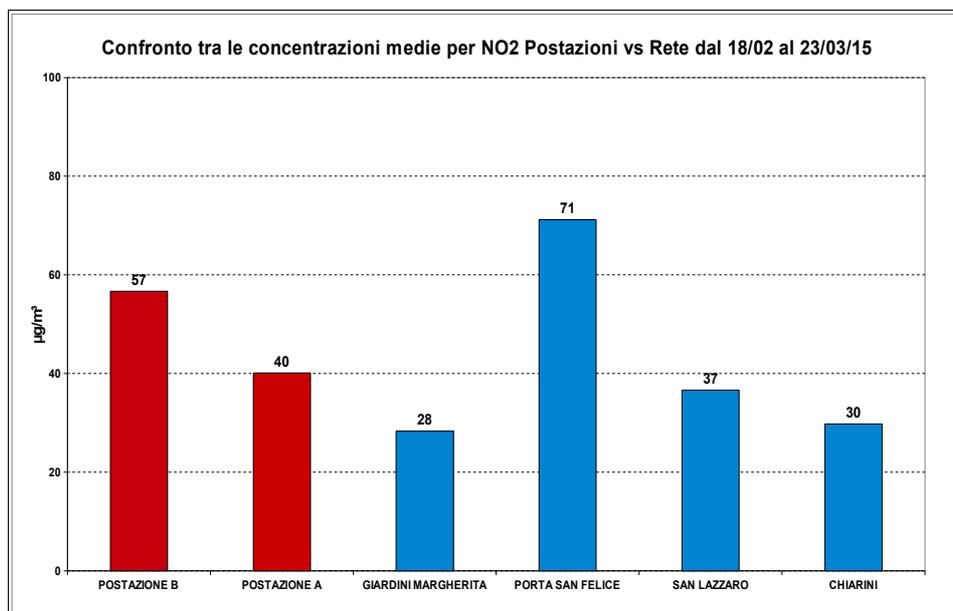


Grafico 4.1.2.4 - NO₂, valori di concentrazione medie su tutto il periodo (µg/m³)

Di particolare interesse risulta l'andamento del cosiddetto "giorno tipo" ovvero la rappresentazione grafica dell'andamento orario medio dei valori raccolti negli stessi orari, in più giorni della settimana o solamente in uno di essi (Grafico 4.1.2.5).

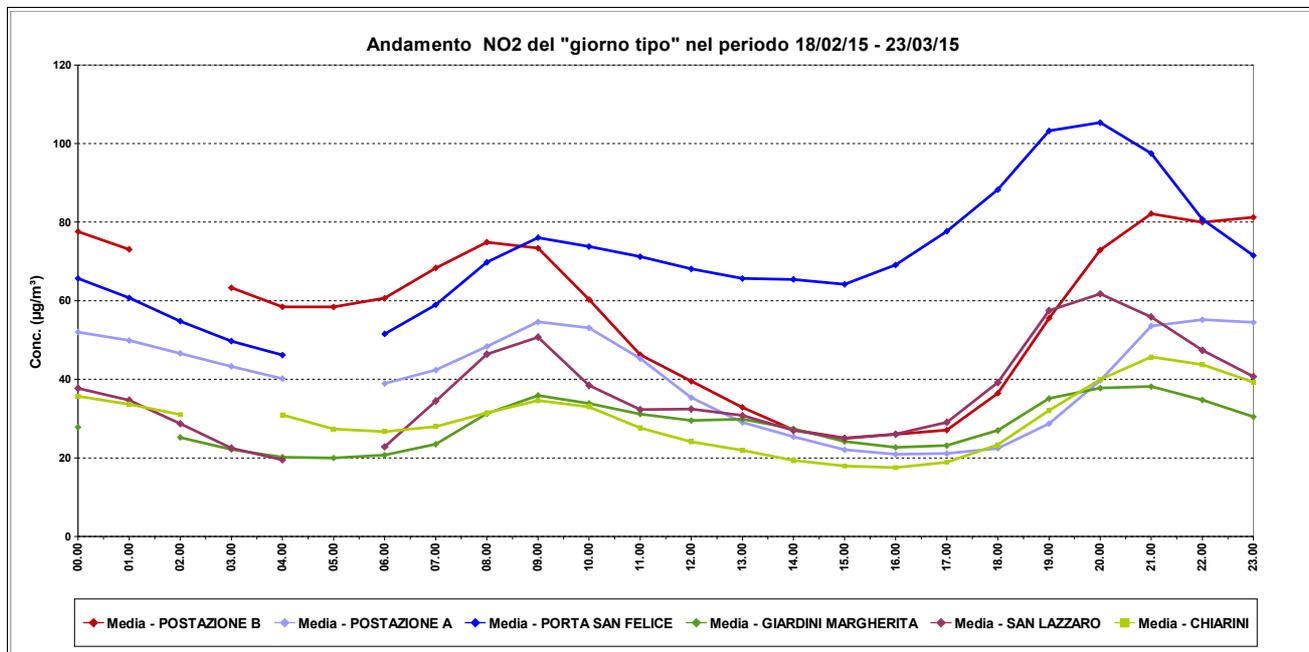


Grafico 4.1.2.5 - NO₂, andamenti del "giorno tipo" nel periodo di monitoraggio (µg/m³)

Le curve sia della Postazione A che della B presentano il picco serale traslato rispetto le stazioni della RRQA, e la Postazione B mostra il picco del mattino anticipato rispetto a tutte le altre.

Da osservare come nella fascia oraria che va dalle 13:00 alle 17:00 tutte le postazioni ad eccezione di Porta San Felice mostrino un andamento tipo simile alle stazioni di fondo urbano di Via Chiarini e Giardini Margherita.

Nel successivo paragrafo si approfondirà l'analisi considerando anche il monossido di azoto (NO) che, essendo un inquinante atmosferico primario (ovvero emesso direttamente dalle sorgenti inquinanti, in particolare in contesto urbano), potrà fornire alcune interessanti indicazioni.

4.1.3 - Monossido di azoto: NO

Nella sottostante tabella (Tabella 4.1.3.1), vengono riepilogati i valori di concentrazione massimi, medi e minimi

Tabella 4.1.3.1 - NO, valori orari minimi, medi e massimi sul periodo (µg/m³)

	Valore massimo	Valore medio	Valore minimo
Postazione A	346	57	< 12
Postazione B	496	51	< 12
Porta San Felice	192	32	< 12
San Lazzaro	209	18	< 12
Chiarini	168	< 12	< 12
Giardini Margherita	52	< 12	< 12

Anche in questo caso si registra un valore massimo su tutto il periodo di monitoraggio superiore nella Postazione B. Oltre a questo, i valori massimi e medi mettono in evidenza un contributo dell'inquinante primario, nelle due postazioni di monitoraggio esaminate, nettamente superiore a quello presente presso le stazioni della RRQA. Inoltre, come già esposto nel paragrafo 4.1.1, la Postazione A risulta mediamente più esposta al monossido di azoto rispetto alla Postazione B. Tutto ciò può essere meglio visualizzato nei grafici 4.1.3.1, 4.1.3.2 e 4.1.3.3.

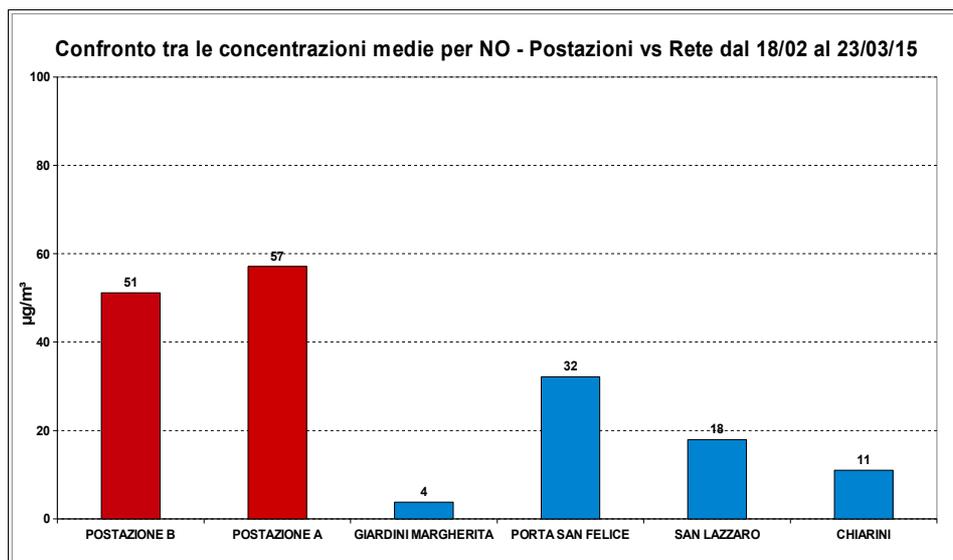


Grafico 4.1.3.1 - NO, valori di concentrazione medi su tutto il periodo (µg/m³)

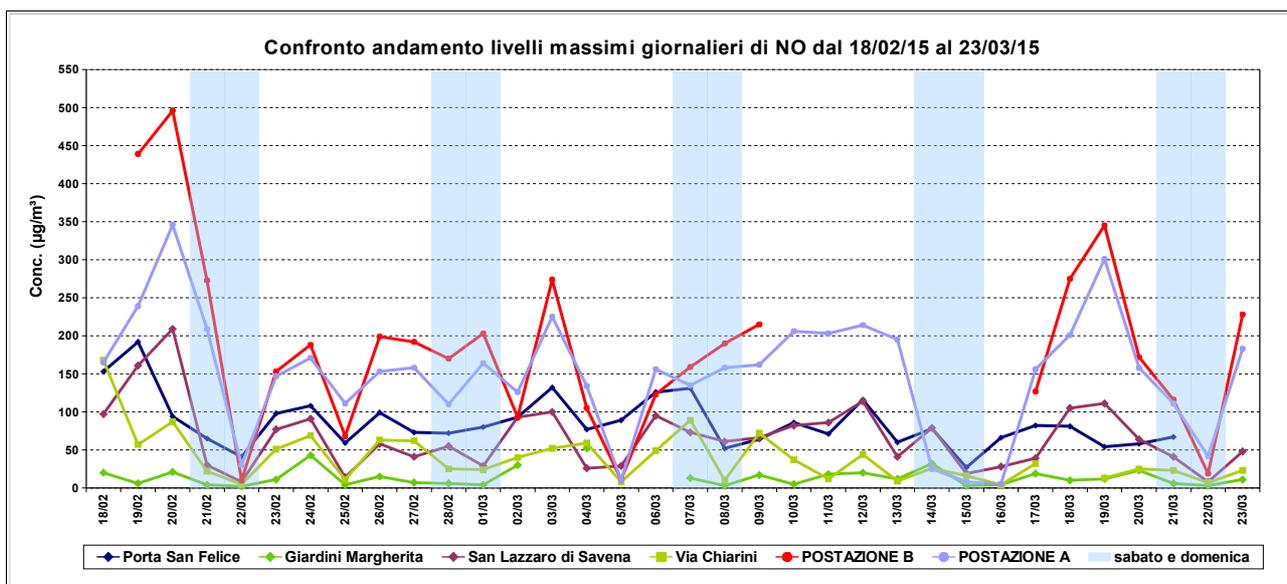


Grafico 4.1.3.2 - NO, valori di concentrazione massimi giornalieri sul periodo (µg/m³)

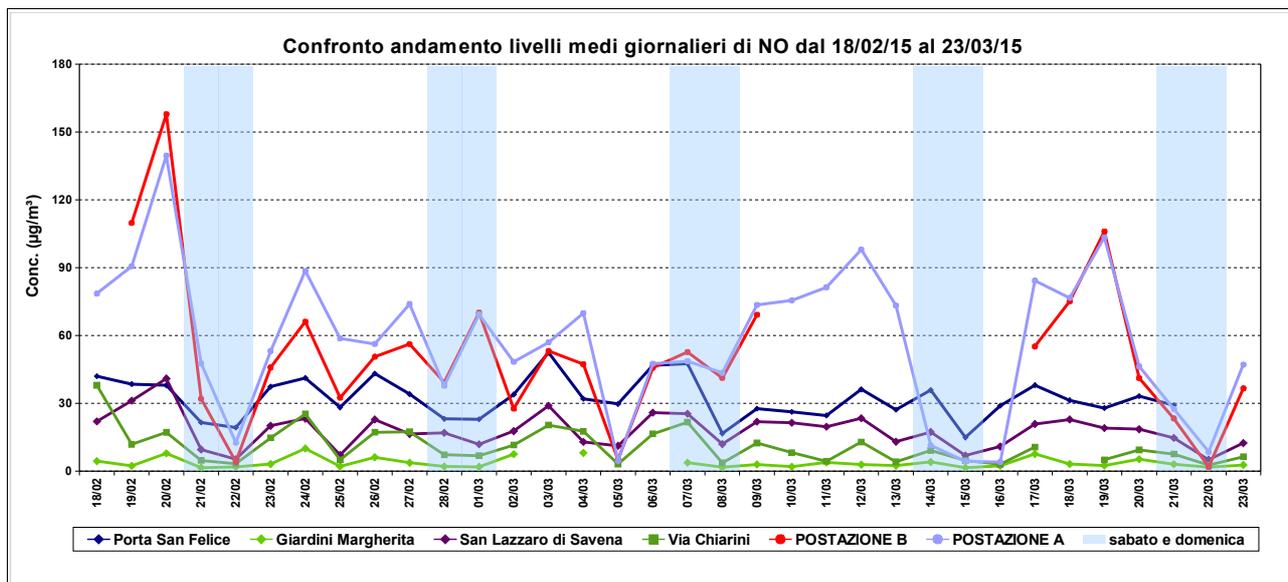


Grafico 4.1.3.3 - NO, valori di concentrazione medi giornalieri sul periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

L'andamento del "giorno tipo" mostra poi (Grafico 4.1.3.4) una netta differenza tra le due postazioni di monitoraggio e le stazioni della RRQA; indicando una peculiarità dell'area rispetto al contesto urbano.

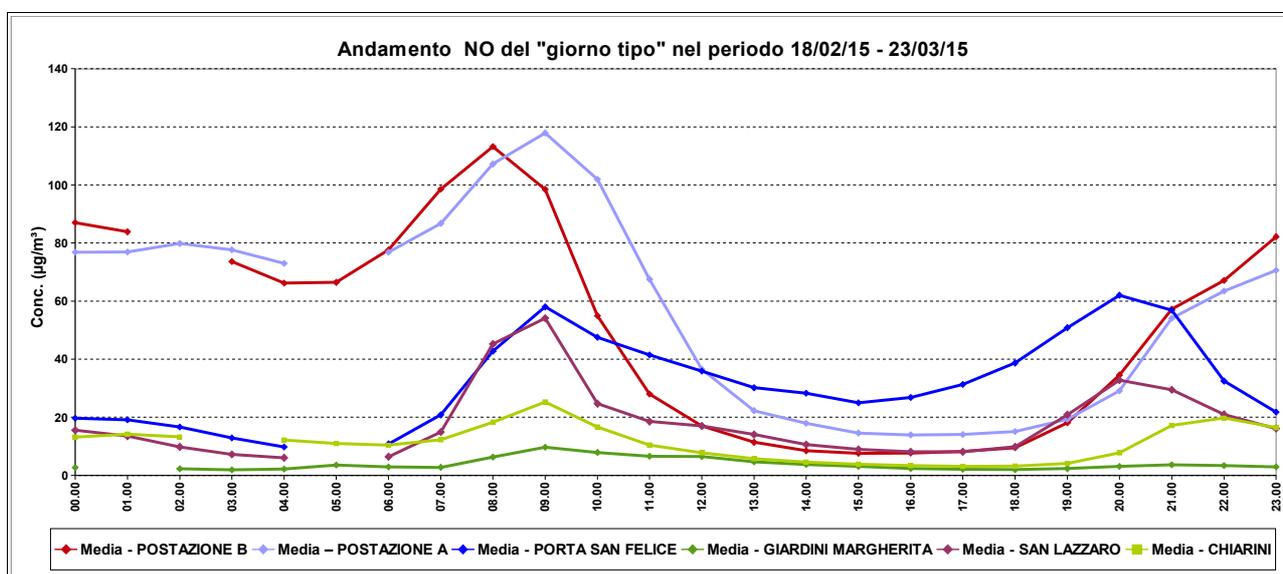


Grafico 4.1.3.4 - NO, Andamenti del "giorno tipo" nel periodo di monitoraggio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Può risultare interessante confrontare i rapporti tra le concentrazioni di NO_x, NO e NO₂ nelle due postazioni (Grafico 4.1.3.5).

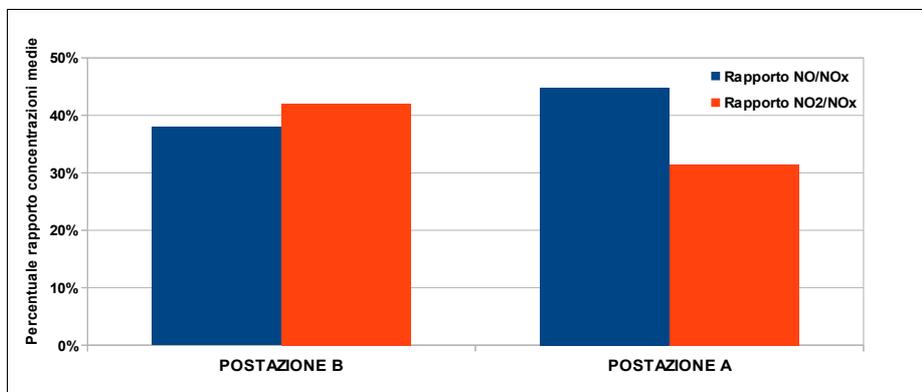


Grafico 4.1.3.5 – Rapporti concentrazioni medie di NO_x, con NO e NO₂

Si evidenzia come nella Postazione A, più vicina all'autostrada, sia prevalente l'apporto dell'inquinante primario NO, mentre nella Postazione B è NO₂ a prevalere.

4.2 - Materiale particolato: PM₁₀ e PM_{2.5}

4.2.1 Particolato PM₁₀

La tabella sottostante mostra il quadro riepilogativo dell'andamento delle concentrazioni di particolato PM₁₀ nel periodo di monitoraggio:

Tabella 4.2.1.1 - PM₁₀, indici sui valori giornalieri sul periodo (µg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Numero superamenti del limite normativo giornaliero
Postazione A	94%	11	38	57	8
Postazione B	97%	8	37	61	8
Porta San Felice	94%	15	35	61	4
San Lazzaro	97%	6	33	60	3
Chiarini	76%	9	30	53	1
Giardini Margherita	100%	8	29	47	0

Una prima valutazione, osservando la tabella riassuntiva, permette di considerare molto allineate tutte le postazioni e stazioni di monitoraggio sia nei valori massimi che medi. Tuttavia le postazioni A e B registrano un numero doppio di superamenti del limite normativo giornaliero di 50 µg/m³ (Allegato 1) rispetto alla stazione RRQA di Porta San Felice.

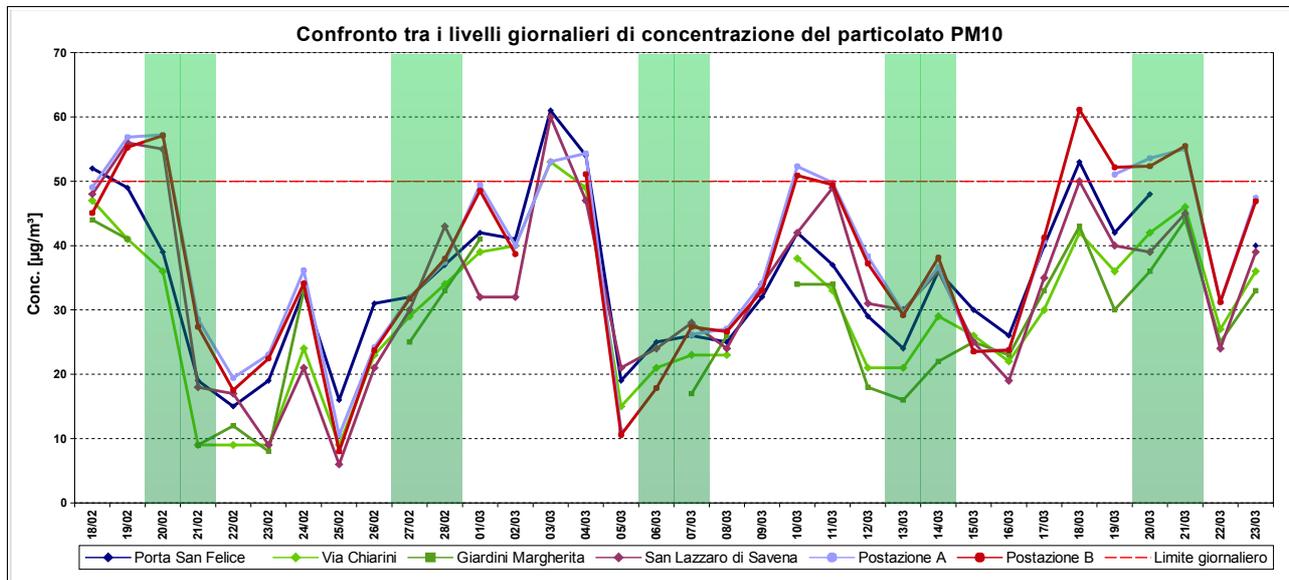


Grafico 4.2.1.1 - PM₁₀, Concentrazioni giornaliere (µg/m³)

Il grafico 4.2.1.1 mostra l'andamento giornaliero dei valori di PM₁₀, mentre il grafico 4.2.1.2 dà evidenza di quanto riportato nella tabella precedente in merito ai valori medi. Quest'ultima rappresentazione mostra, sia pure con valori molto vicini tra loro, una differenziazione per tipologia di sito, ponendo ad un valore più elevato le due postazioni di Parco Nord, successivamente le stazioni da traffico urbano ed infine le due stazioni di fondo urbane di Bologna. Nel grafico 4.2.1.1 non si notano particolari corrispondenze tra l'andamento delle concentrazioni e le giornate del fine settimana.

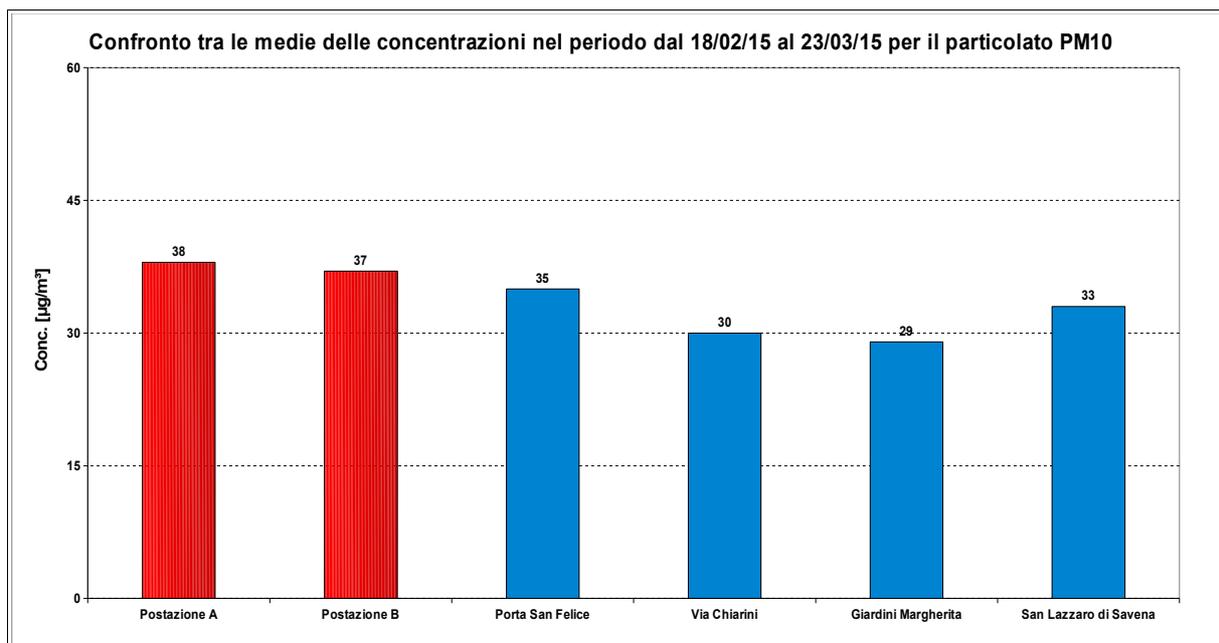


Grafico 4.2.1.2 - PM₁₀, Concentrazioni medie nel periodo di monitoraggio (µg/m³)

4.2.2 Particolato PM_{2,5}

Non tutte le stazioni della RRQA sono equipaggiate con un analizzatore per il particolato PM_{2,5}, pertanto il confronto è stato possibile solo con le stazioni Porta San Felice e il fondo urbano di Giardini Margherita (Tabella e Grafico 4.2.2.1).

Tabella 4.2.2.1 – PM_{2,5}, indici sui valori giornalieri sul periodo (µg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Postazione A	100%	< 5	29	49
Postazione B	100%	< 5	27	44
Porta San Felice	100%	9	25	45
Giardini Margherita	76%	5	24	42

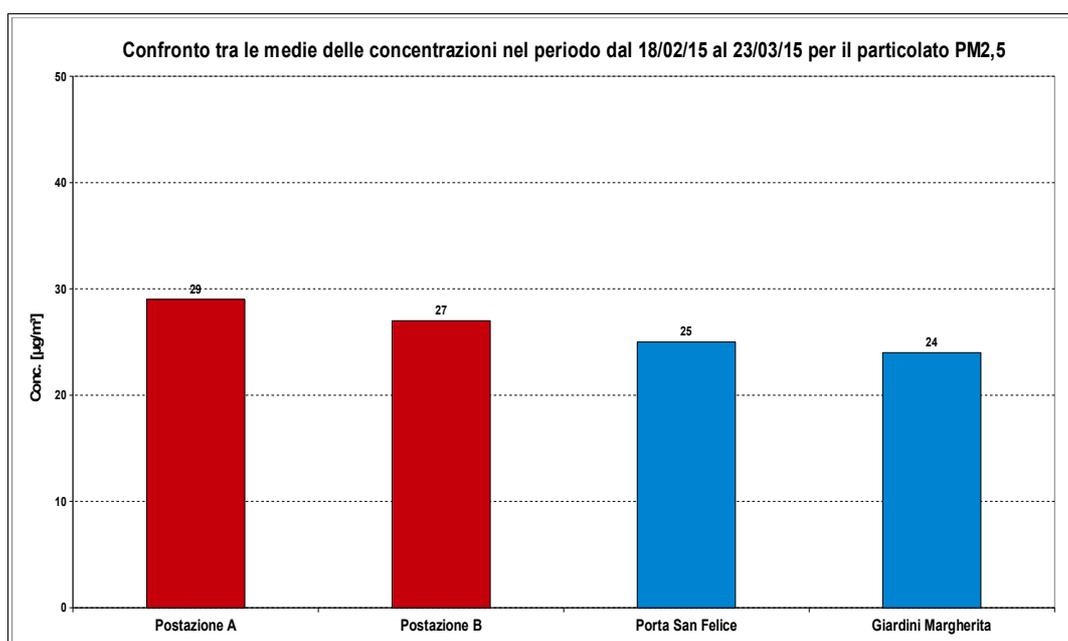


Grafico 4.2.2.1 – PM_{2,5}, Concentrazioni medie nel periodo di monitoraggio (µg/m³)

Anche in questo caso, la distanza tra le concentrazioni delle postazioni e delle stazioni RRQA è minima, ma tale da mettere in evidenza una leggera predominanza delle Postazioni A e B rispetto alle altre.

In maggiore dettaglio viene riportato il grafico dell'andamento giornaliero per il PM_{2,5} nel Grafico 4.2.2.2. Risulta altresì evidente, così come nel caso del PM₁₀, che non vi sono particolari corrispondenze tra l'andamento delle concentrazioni e le giornate del fine settimana.

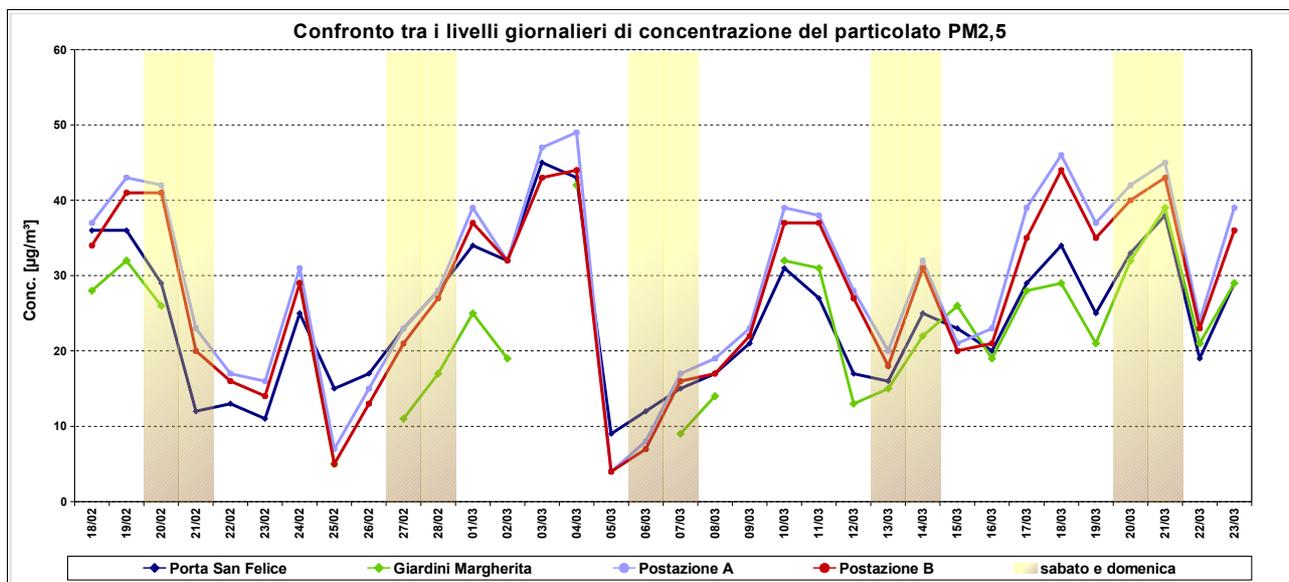


Grafico 4.2.2.2 – PM_{2,5}, Concentrazioni giornaliere (µg/m³)

4.3 - Ozono O₃

L'ozono, che si forma a seguito di processi antropici nei bassi strati della troposfera, è considerato un inquinante secondario, generato dalle reazioni chimiche indotte dalla radiazione solare sugli inquinanti primari, definiti in questo caso come precursori dell'ozono. La presenza di questo inquinante dipende quindi dalla presenza di tali composti, ma è anche fortemente dipendente dalla stagionalità, ovvero viene prodotto maggiormente nei mesi estivi più caldi, mentre è presente in bassa concentrazione nei mesi invernali.

Nella tabella 4.3.1 viene esposto un riepilogo del monitoraggio. Le stazioni di confronto della RRQA sono in questo caso due stazioni di fondo (Giardini Margherita e Chiarini).

Tabella 4.3.1 - O₃, valori orari minimi, medi e massimi sul periodo (µg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Postazione A	96%	< 10	32	117
Postazione B	99%	< 10	30	108
Chiarini	99%	< 10	34	107
Giardini Margherita	97%	< 10	31	92

La normativa sull'ozono (Allegato 1) prevede due diversi valori di soglia e un valore obiettivo che, visto il periodo tardo invernale in cui si è svolta la campagna, non sono mai stati raggiunti.

Nei grafici seguenti (Grafici 4.3.1 e 4.3.2) vengono riportati gli andamenti dei massimi giornalieri orari e dei massimi giornalieri delle medie su 8 ore.

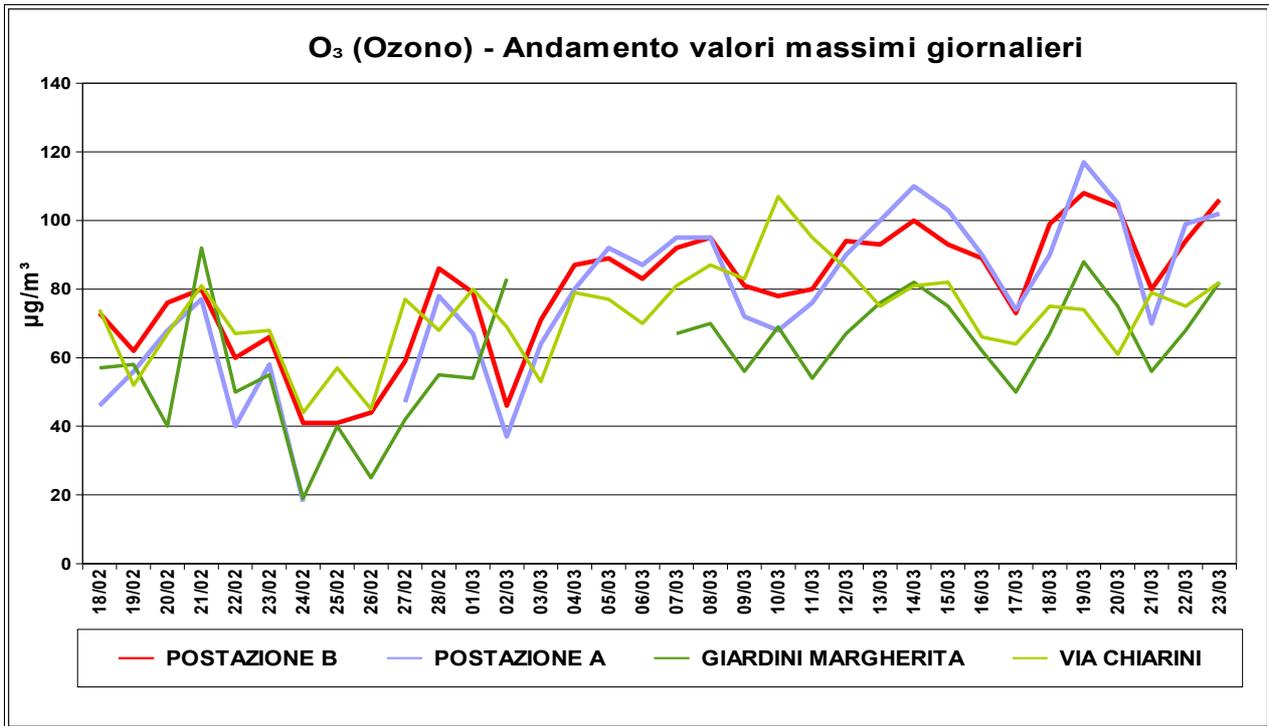


Grafico 4.3.1 - O₃, valori di concentrazione massimi giornalieri sul periodo (µg/m³)

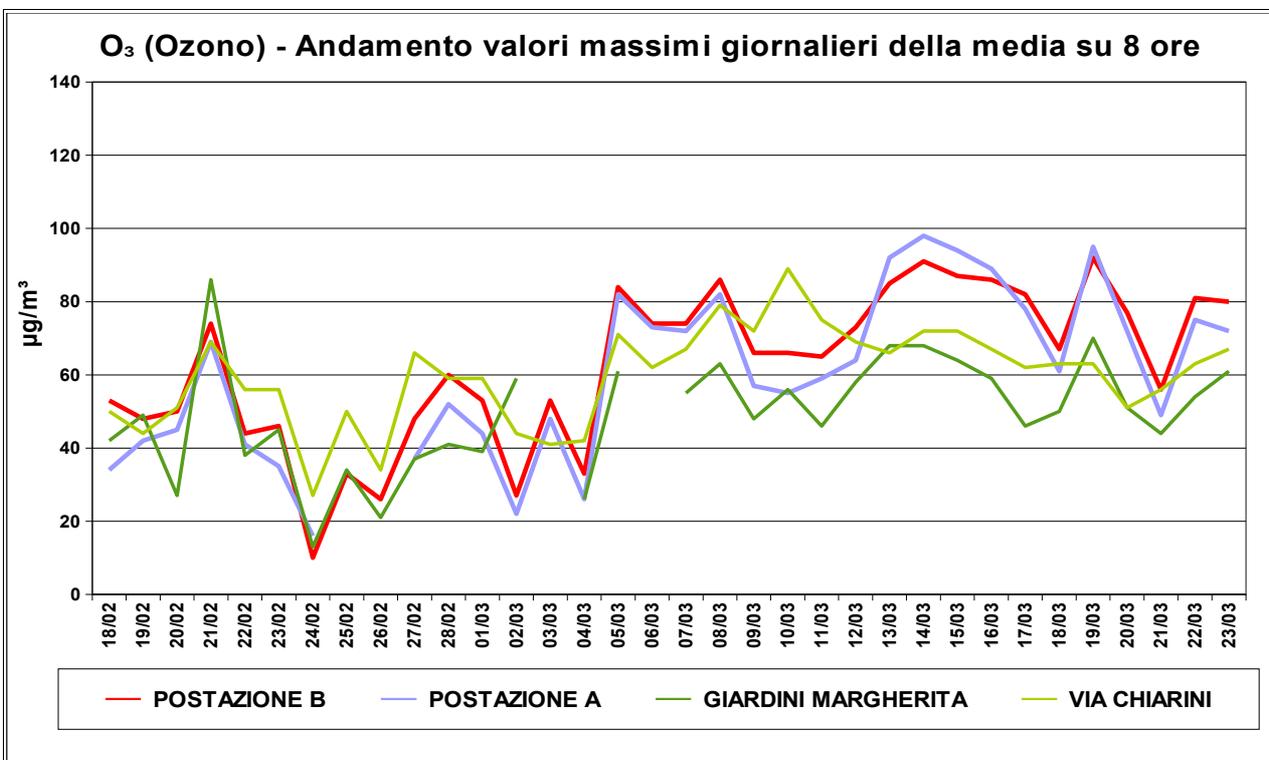


Grafico 4.3.2 - O₃, valori di concentrazione massimi giornalieri della media su 8 ore (µg/m³)

4.4 - Monossido di Carbonio CO

Il limite normativo per il CO è di 10 mg/m³ per la concentrazione media mobile su 8 ore (Allegato 1) ed è un valore difficilmente raggiungibile nelle normali condizioni di traffico urbane e soprattutto extraurbane. Il confronto è stato fatto tra la Postazione A e la stazione RRQA da traffico di Porta San Felice, gli unici siti in cui tale parametro è stato rilevato. I dati raccolti in Tabella e rappresentati nel grafico giornaliero, come massimo delle medie mobili su 8 ore, mostrano valori che oscillano per entrambe le postazioni attorno al valore di 1 mg/m³.

Tabella 4.4.1 – CO: valori orari minimi, medi e massimi sul periodo (mg/m³)

	Percentuale dati validi	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Postazione A	98%	< 0,6	0,8	1,7
Porta San Felice	96%	< 0,6	0,9	1,9

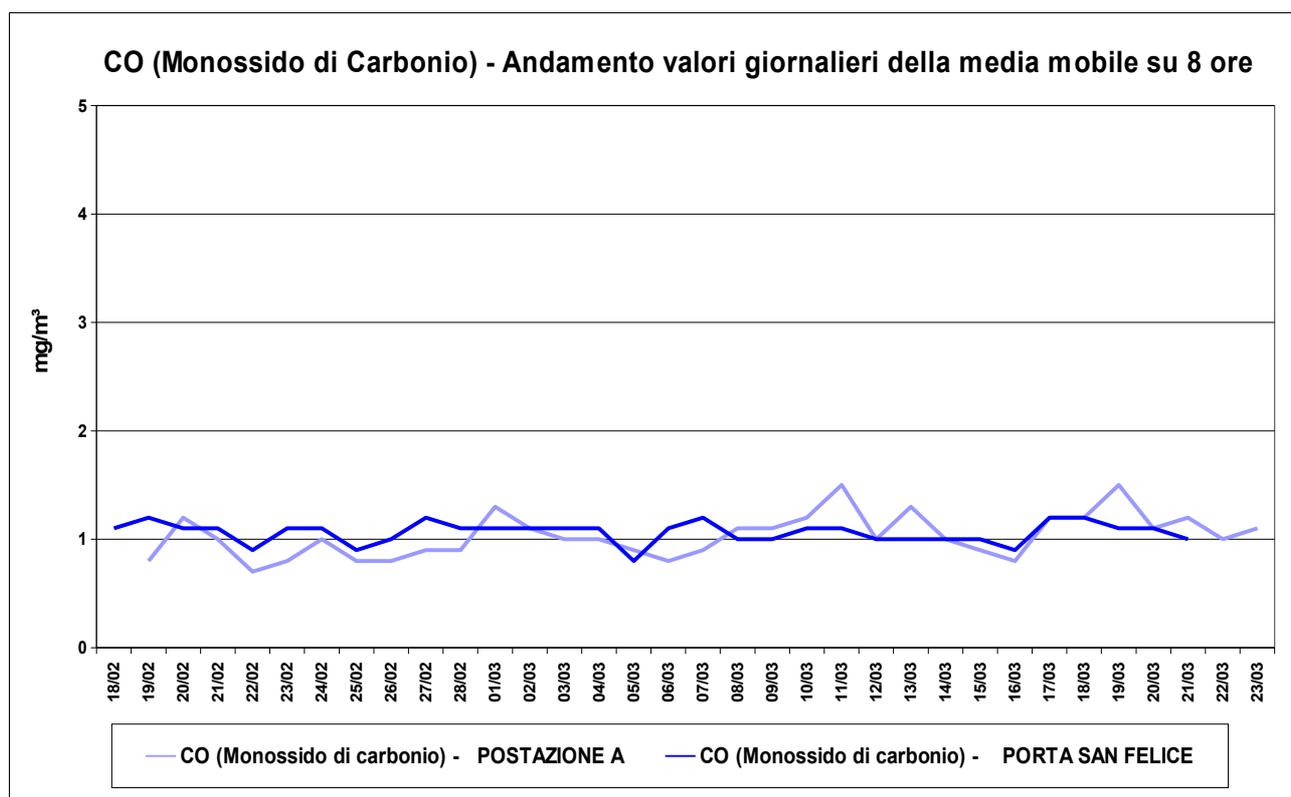


Grafico 4.4.1 - CO, valori di concentrazione giornalieri della media su 8 ore (mg/m³)

4.5 - Benzene C₆H₆

Il benzene è un semplice idrocarburo aromatico di riconosciuta nocività per l'uomo. La maggior parte del benzene presente in aria è dovuta ad attività umane, in particolare alla combustione o evaporazione della benzina. Il valore limite normativo è indicato come media annua ed attualmente è pari a 5 µg/m³. La normativa prevede che venga utilizzato il valore di media giornaliera dei dati orari sulle 24 ore. Di seguito vengono rappresentati gli andamenti giornalieri e i valori medi sul periodo di monitoraggio.

Il confronto è stato fatto tra l'analizzatore presente sul laboratorio mobile della Postazione A e la stazione RRQA di Porta San Felice. Il grafico 4.5.1 non evidenzia alcuna particolarità del sabato e della domenica rispetto agli altri giorni della settimana.

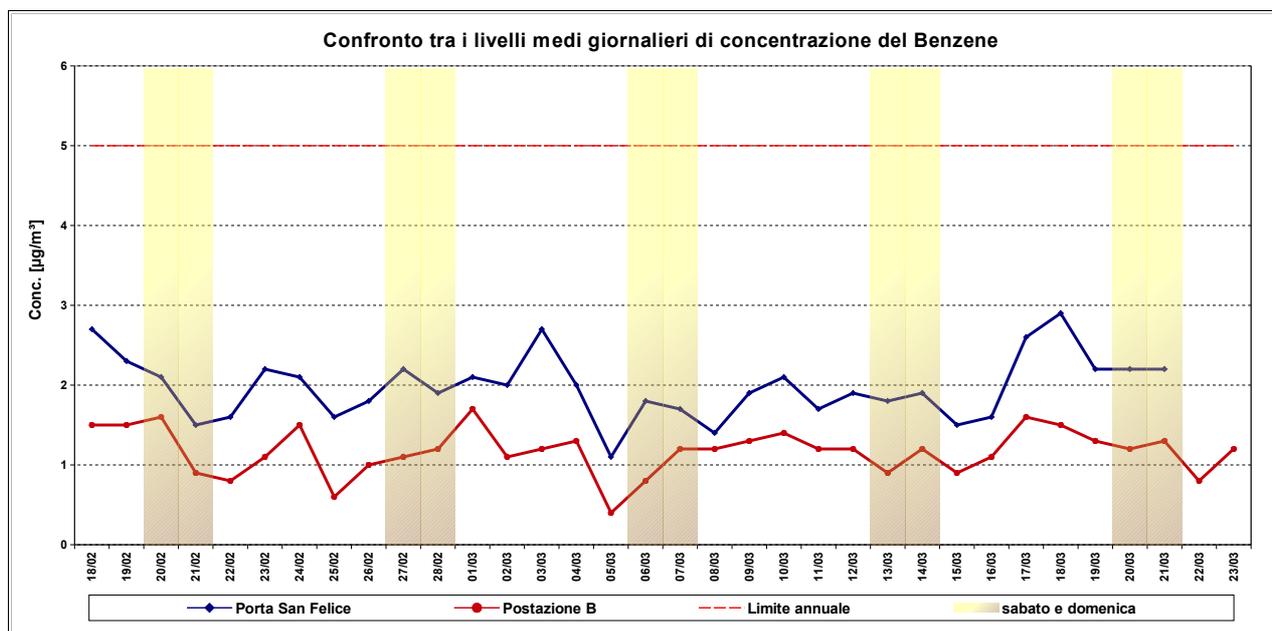


Grafico 4.5.1 - Benzene, valori di concentrazione giornalieri (µg/m³)

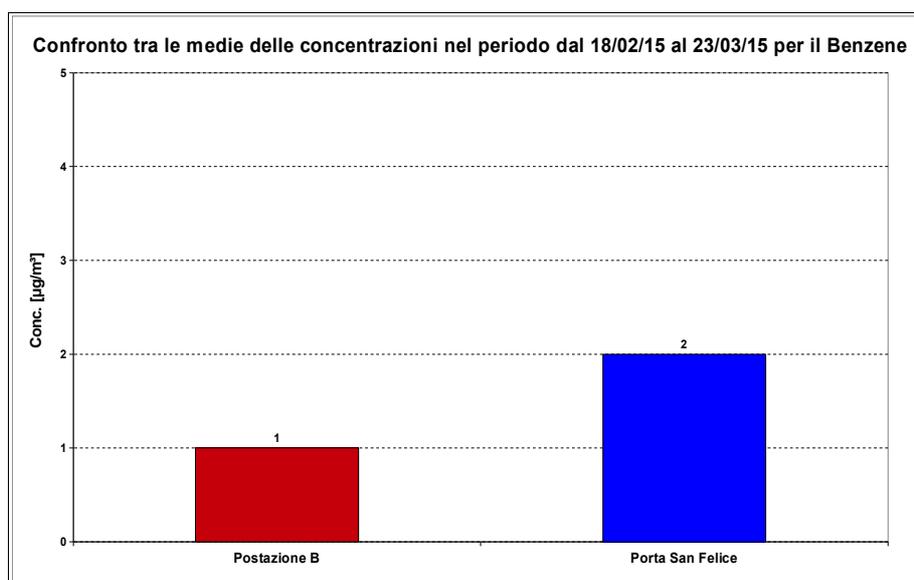


Grafico 4.5.2 - Benzene, valori di concentrazione medi nell'intero periodo (µg/m³)

I valori sono sempre ampiamente al di sotto del limite di legge e nella stazione di Porta San Felice vengono registrate concentrazioni mediamente circa doppie rispetto a quelle della Postazione B.

4.6 - Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Si formano principalmente in seguito alla combustione incompleta di materiali organici. Il traffico auto-veicolare è una delle principali sorgenti di IPA in ambiente urbano, originati principalmente dall'utilizzo di carburanti derivati dal petrolio per i motori diesel. Sono molecole relativamente instabili e fotosensibili, che di solito vengono degradate in tempi relativamente brevi, attraverso una sequenza di reazioni con altri composti presenti in atmosfera.

La concentrazione totale degli IPA riscontrati nell'aria esterna urbana risente di una forte "stagionalità" (degradazione più rapida in estate che nelle stagioni fredde); può raggiungere attualmente alcuni nanogrammi per metro cubo (ng/m^3).

Per quanto attiene agli aspetti normativi, dei diversi IPA di rilevanza tossicologica presenti in aria ambiente, la normativa nazionale di riferimento vigente (D.Lgs. 155/2010) richiede la misurazione di sette composti:

- benzo(a)pirene (B(a)P),
- benzo(a)antracene,
- benzo(b)fluorantene,
- benzo(j)fluorantene,
- benzo(k)fluorantene,
- indeno(1,2,3,c,d,)pirene
- dibenzo(ah)antracene.

Per il benzo(a)pirene (classe IARC 2A), il D.Lgs 155/2010 individua un valore obiettivo, calcolato come media sull'anno civile, pari a $1 \text{ ng}/\text{m}^3$, mentre per gli altri IPA allo stato attuale non esistono valori limite o valori obiettivo, sia come singoli componenti che come somma dei vari idrocarburi.

Per quanto riguarda i valori di concentrazione del benzo(b)fluorantene e del benzo(j)fluorantene, essi vengono riportati come somma così come previsto dall'Allegato I del D.Lgs sopraccitato.

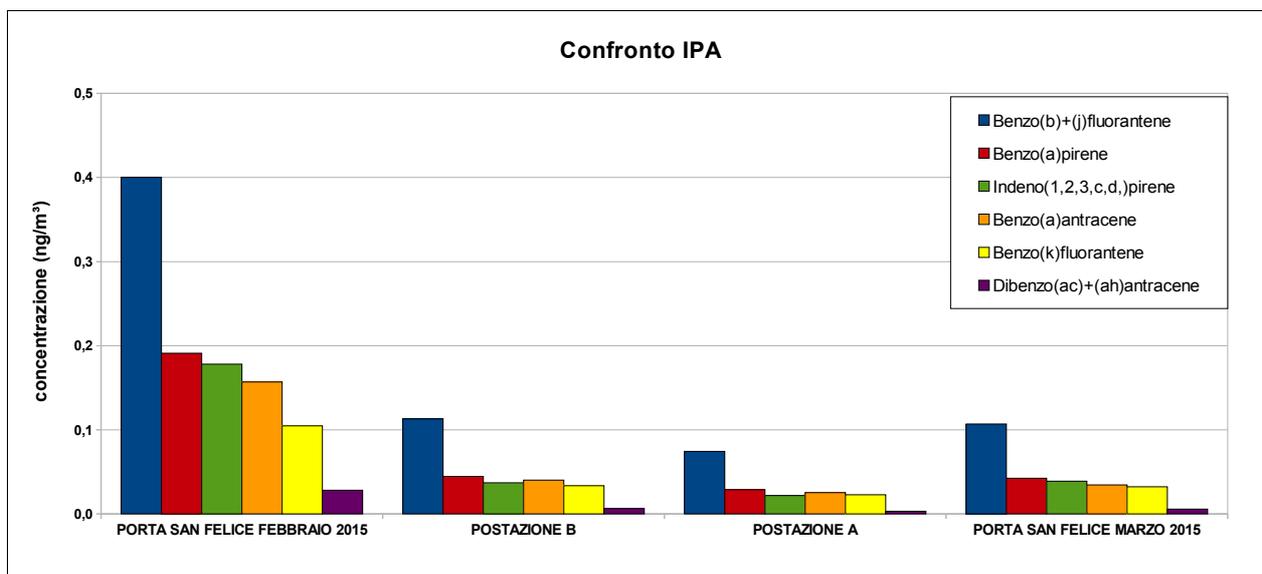


Grafico 4.6.1 – IPA: Confronto valori di concentrazione medi nell'intero periodo (ng/m^3)

Nel grafico sopra riportato, vengono messi a confronto i valori delle concentrazioni di IPA ricavati dai filtri campionati di particolato PM₁₀, nell'intero periodo di campagna, confrontando tali valori con due misurazioni mensili che coprono tale periodo, effettuate presso la stazione RRQA di Porta San Felice.

Viste le bassissime concentrazioni è possibile affermare che le due postazioni di monitoraggio presentano valori molto prossimi tra loro, rimanendo sostanzialmente all'interno dei due estremi rappresentati dalle concentrazioni di febbraio e marzo di Porta San Felice.

Con particolare riferimento al benzo(a)pirene, si riscontrano in entrambe le postazioni valori molto al di sotto del limite normativo.

4.7 - Micrometeorologia dell'area e influenza sugli inquinanti monitorati.

I parametri meteorologici hanno grande influenza sul comportamento degli inquinanti in atmosfera. In particolare la velocità e la direzione della ventilazione, come anche il quantitativo e la frequenza delle precipitazioni, contribuiscono in modo significativo alla loro dispersione.

Di seguito vengono riportati gli andamenti dei parametri meteo monitorati nel periodo di campagna cominciando proprio dalla ventilazione (Grafici 4.7.1 ,4.7.2, 4.7.3 a,b,c,d).

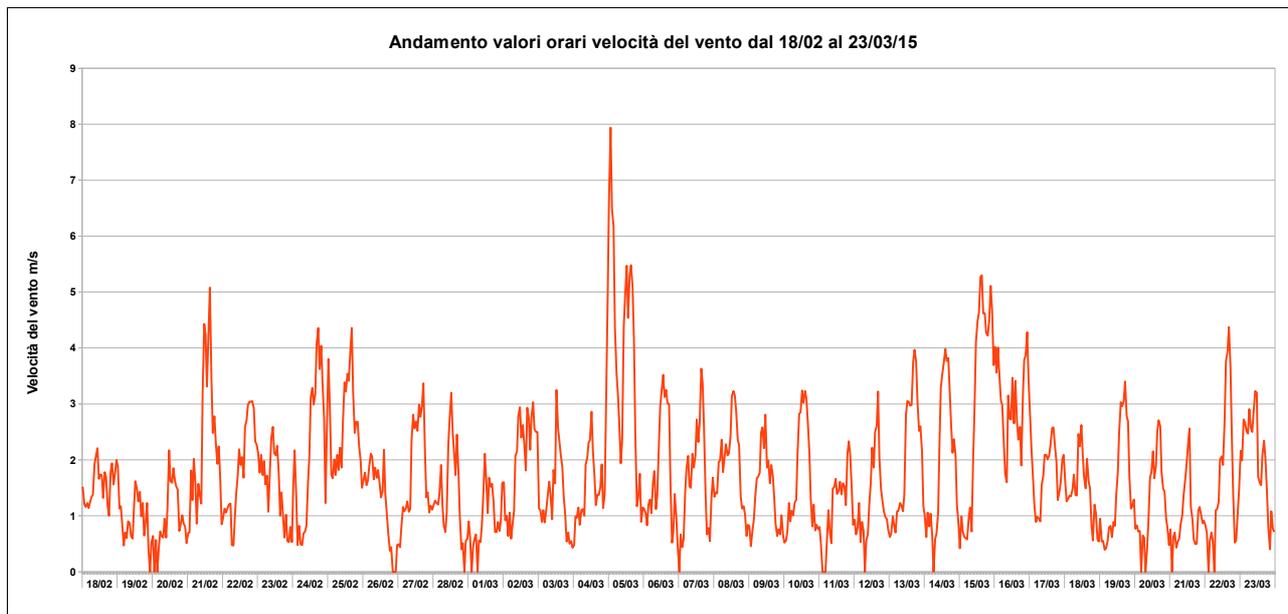


Grafico 4.7.1 – Velocità del vento (m/s): andamento orario

Le velocità del vento nel periodo di monitoraggio sono state complessivamente moderate, con alcuni episodi di vento più intenso con velocità superiori a 5 m/s.

I grafici successivi riportano su un diagramma polare la frequenza del vento proveniente da una determinata direzione, mentre con diversi colori viene indicata l'intensità della ventilazione. Tale visualizzazione, anche se non permette di distinguere nitidamente la provenienza di venti estremi, da un'idea della provenienza di quelli più deboli ma più comuni, ovvero prevalenti nell'area in esame.

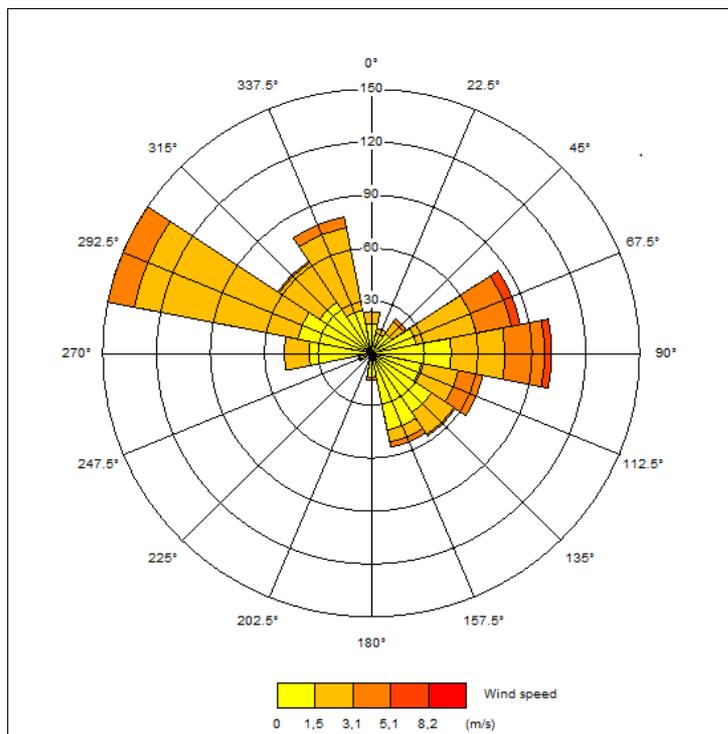
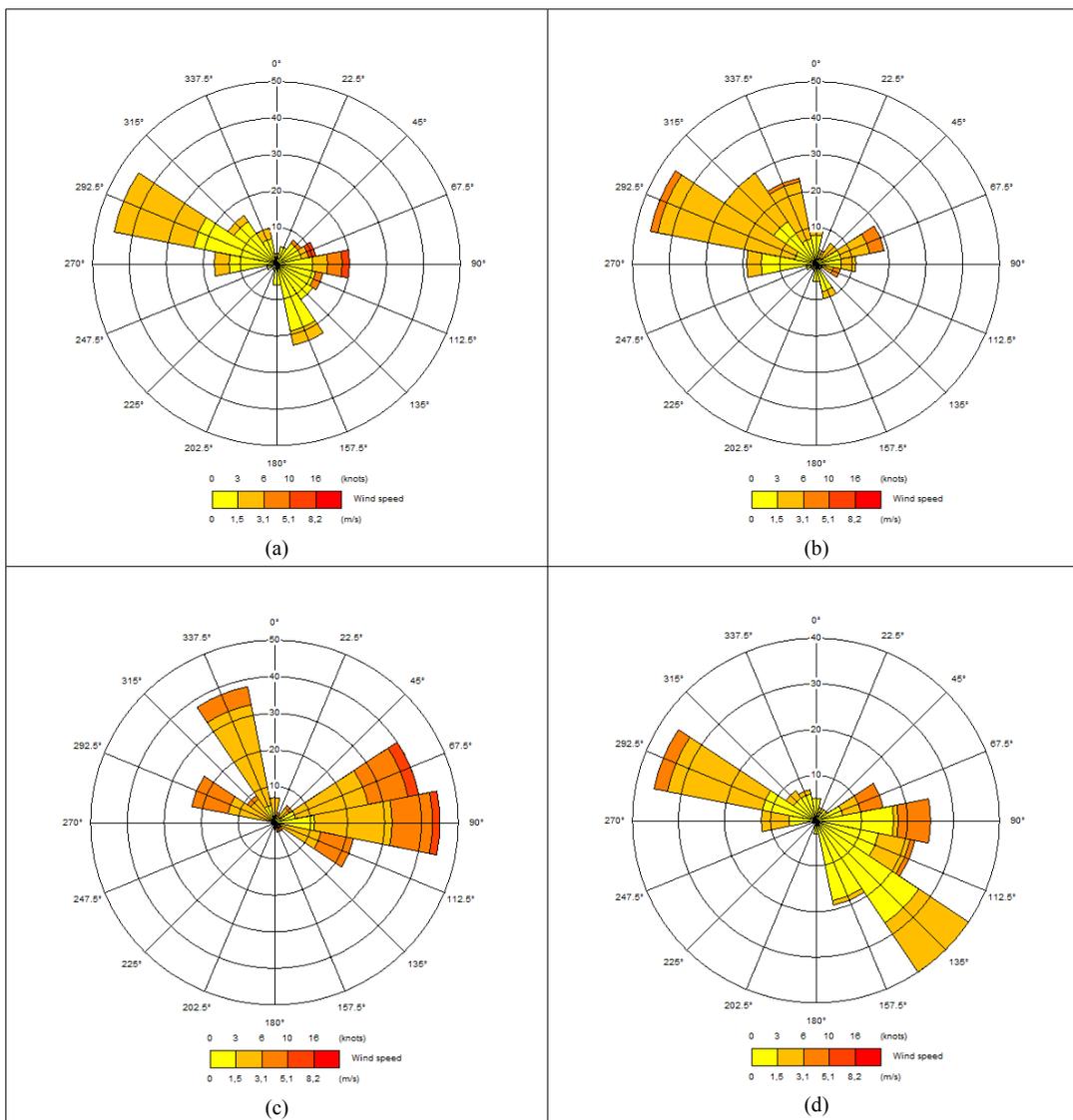


Grafico 4.7.2 – Direzione del vento e intensità: andamento intera campagna



Grafici 4.7.3 a,b,c,d – Direzione del vento e intensità: andamento fasce orarie

Il grafico 4.7.2 fornisce una rappresentazione di tale andamento per tutto il periodo della campagna di monitoraggio, mentre nei grafici 4.7.3 viene fatta una suddivisione per fasce orarie: a) dalle ore 1:00 alle 6:00, b) dalle ore 7:00 alle 12:00, c) dalle 13:00 alle 18:00, d) dalle 19:00 alle 24:00.

Si evidenzia una direzione prevalente da Nord-Ovest a circa 292°, con una moderata rotazione nella fascia oraria tra le 13:00 e le 24:00.

I grafici 4.7.4 e 4.7.5 mostrano l'andamento delle precipitazioni atmosferiche nel periodo di monitoraggio, sia in forma oraria che cumulata giornaliera.

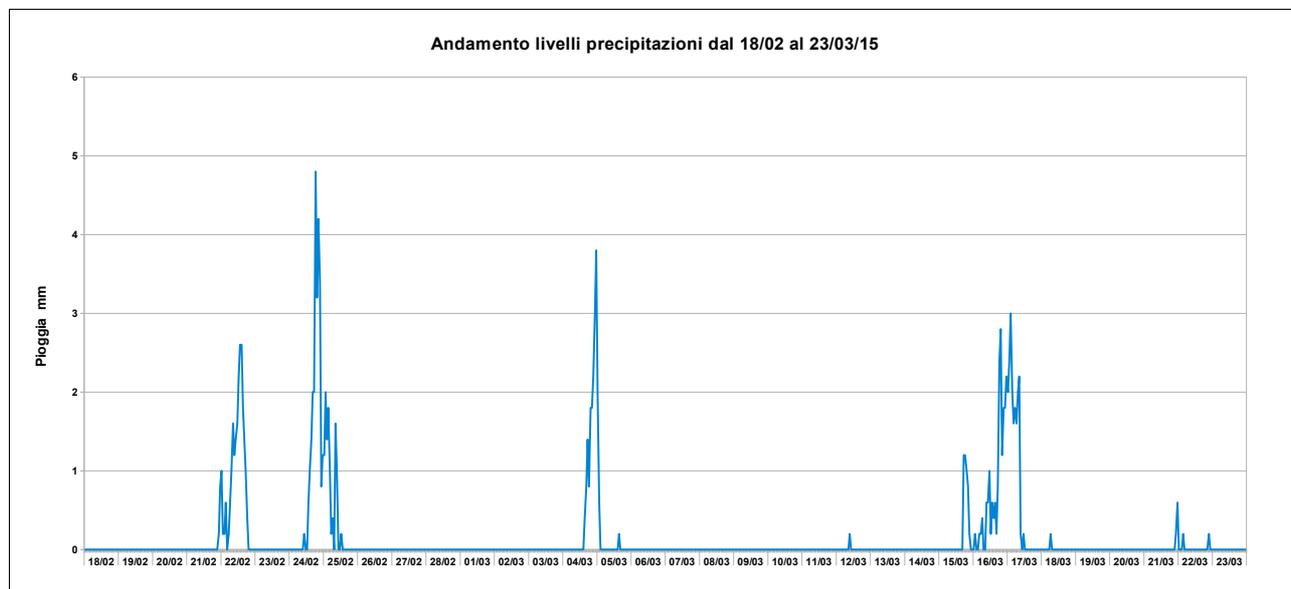


Grafico 4.7.4 – Precipitazioni (mm): andamento orario

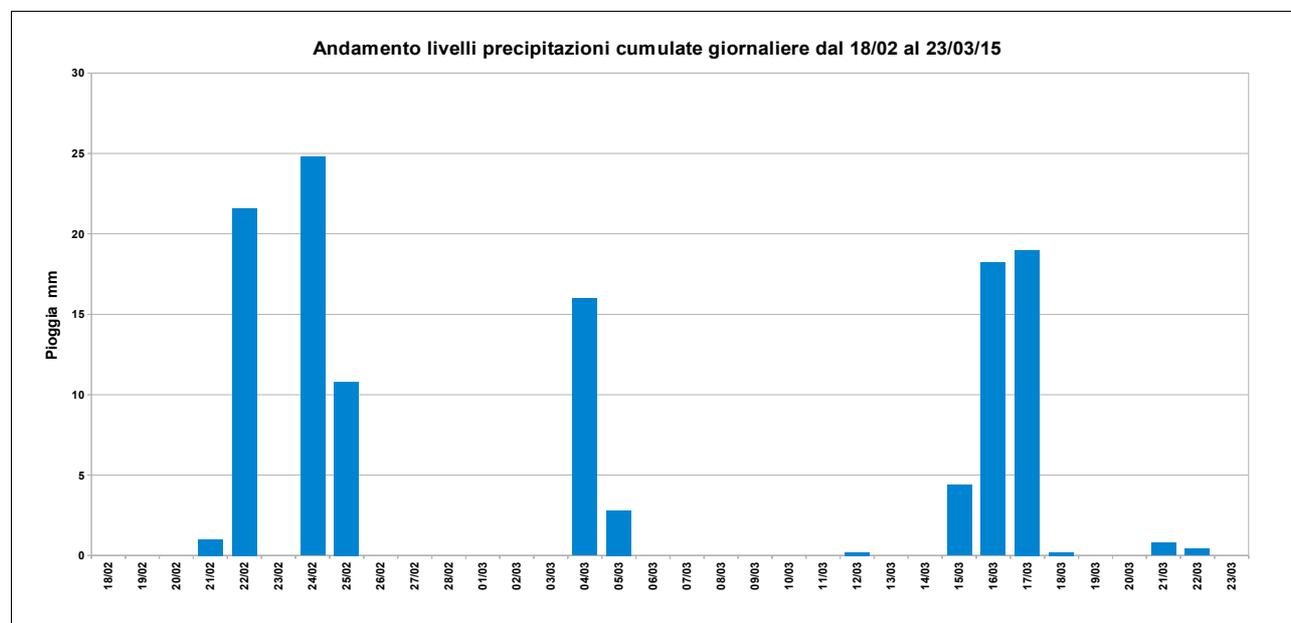


Grafico 4.7.5 – Precipitazioni (mm): andamento giornaliero

A seguire vengono riportate le temperature registrate durante la campagna in un unico grafico (4.7.6) dove per ogni giorno sono indicate le temperature massime, medie e minime.

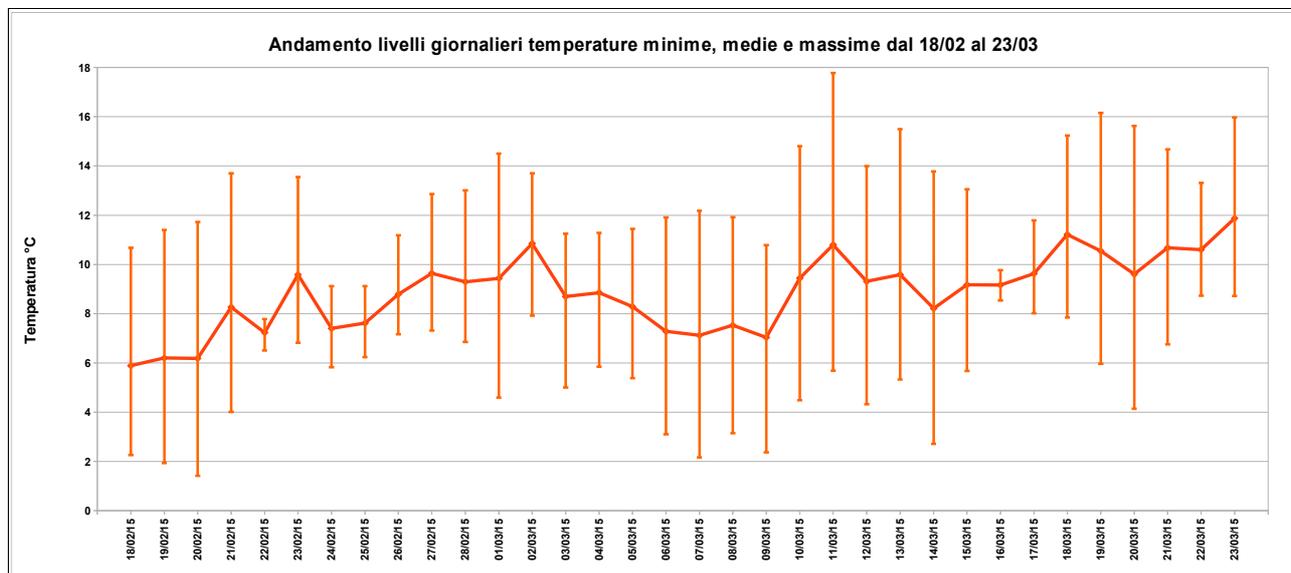


Grafico 4.7.6 – Temperature (°C): andamento giornaliero (medie, massime e minime)

Il grafico 4.7.7 rappresenta l'andamento della radiazione solare globale.

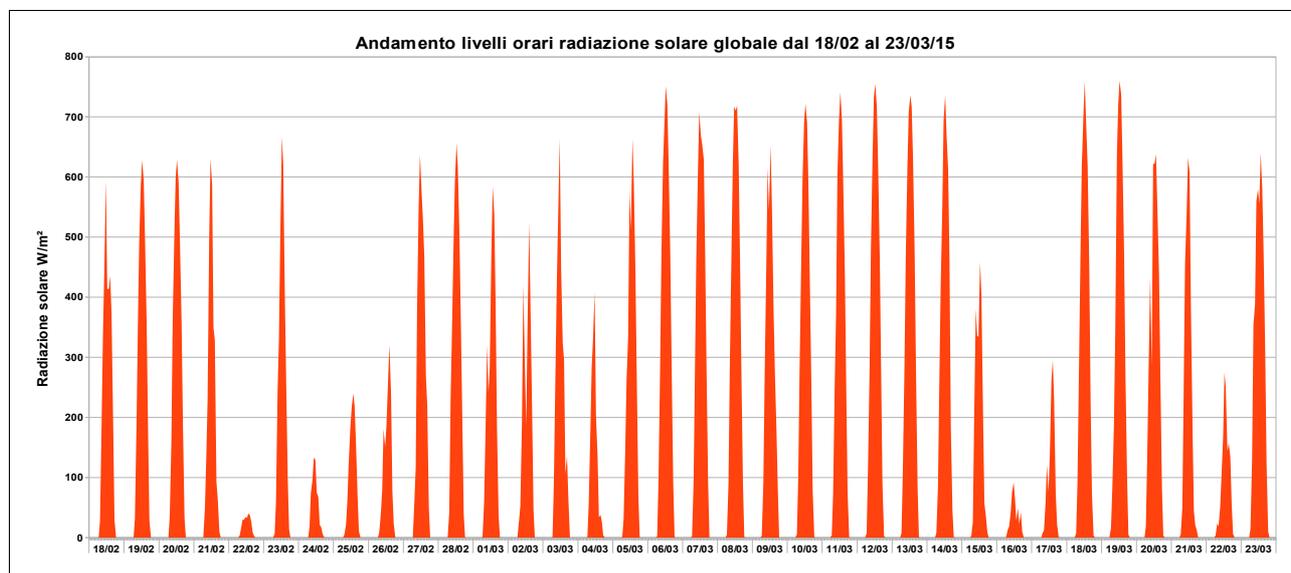


Grafico 4.7.7 – Radiazione solare totale (W/m²): andamento orario

A completamento del quadro meteo si riportano gli andamenti dell'umidità relativa e della pressione atmosferica (grafici 4.7.8 ,4.7.9)

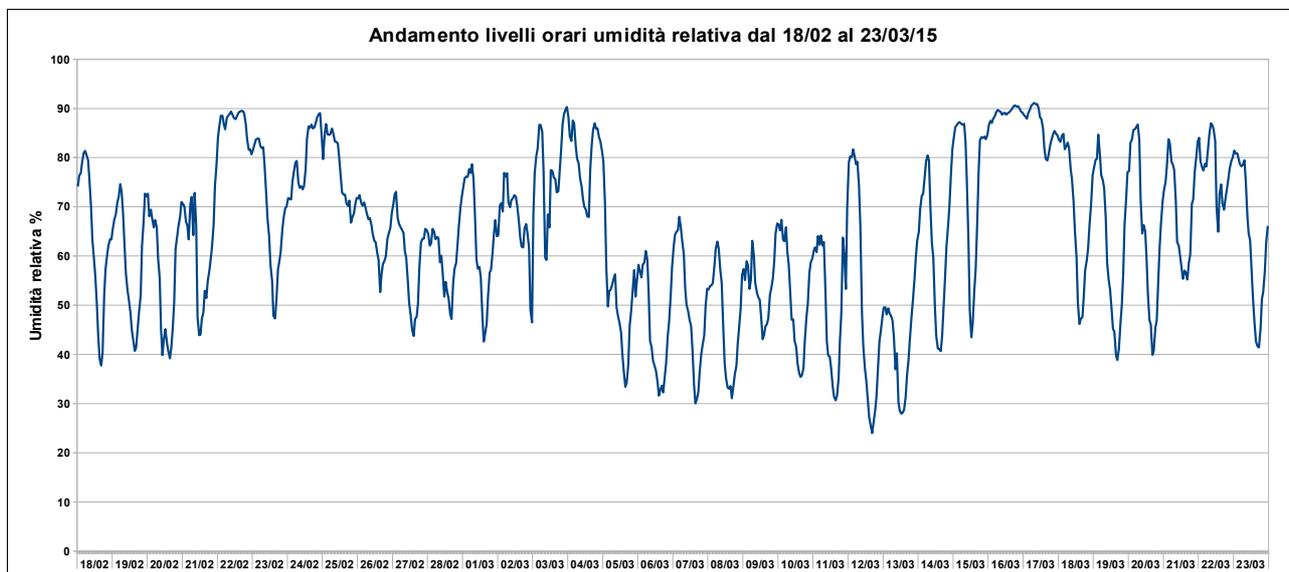


Grafico 4.7.8 – Umidità dell'aria (%): andamento orario

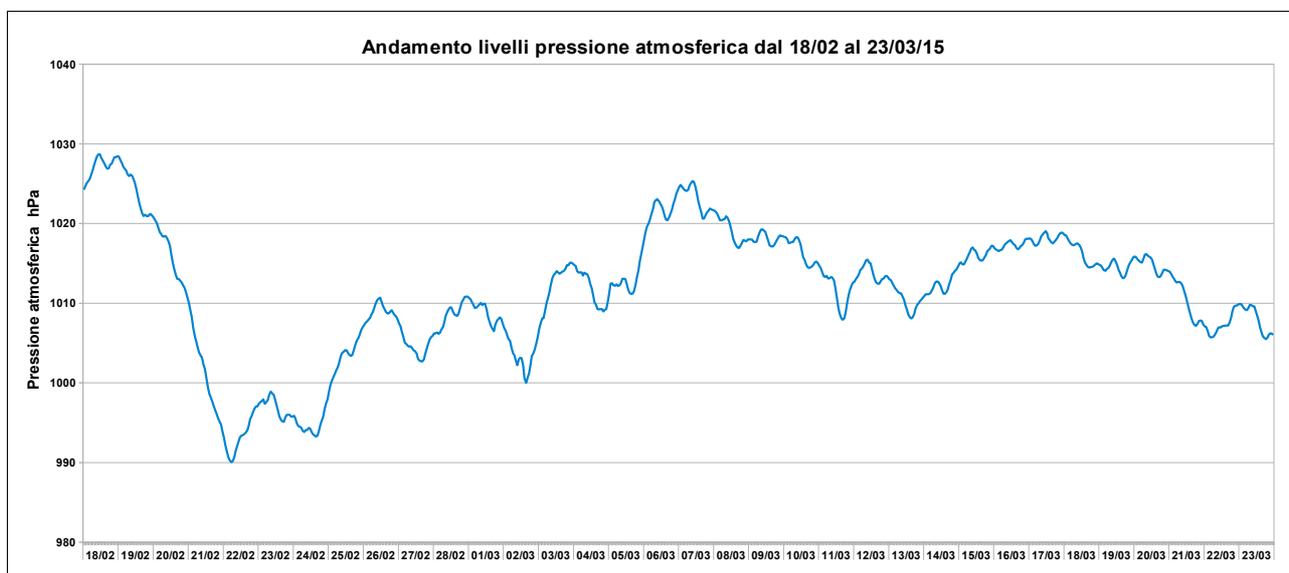


Grafico 4.7.9 – Pressione atmosferica (hPa): andamento orario

4.7.1 Influenza della velocità del vento

Il vento costituisce uno dei principali meccanismi di rimescolamento dell'atmosfera a bassa quota. I suoi effetti sono ovviamente legati all'intensità e alla direzione.

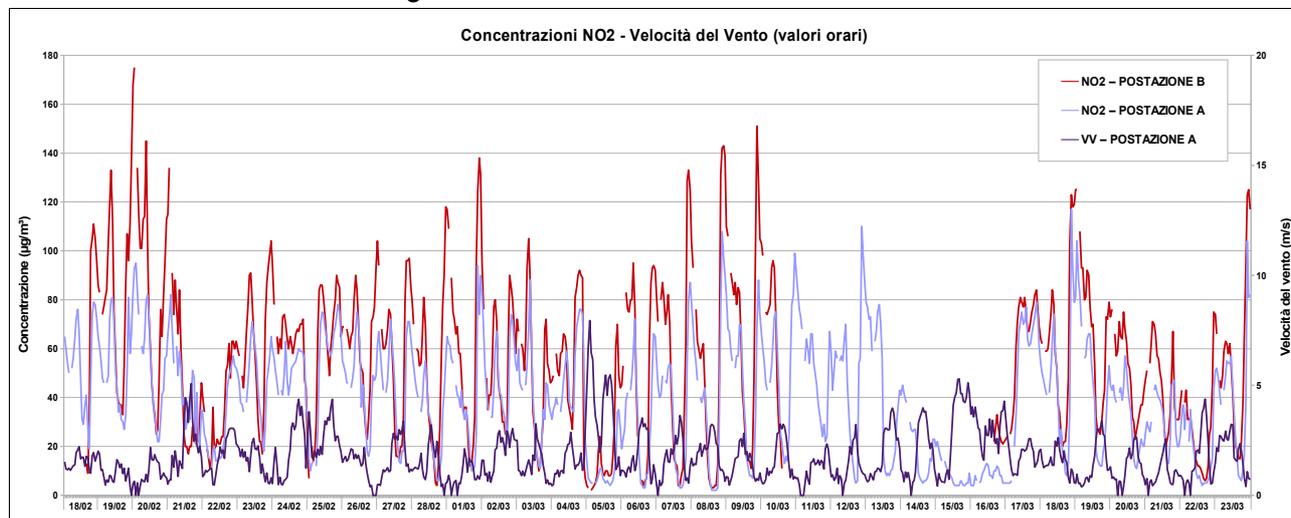


Grafico 4.7.1.1 – Concentrazioni di NO₂ e velocità del vento: andamento orario

Il grafico 4.7.1.1 riporta i valori medi orari di velocità del vento e concentrazione di NO₂. Come si può osservare in diversi casi, la corrispondenza tra aumento di velocità e diminuzione delle concentrazioni di inquinante è evidente.

4.7.2 Influenza delle precipitazioni

La pioggia costituisce uno dei meccanismi di abbattimento di alcuni inquinanti, tanto più efficace quanto maggiore è la sua intensità e quanto maggiore è la solubilità della sostanza inquinante. Ovviamente, se associata anche a forte ventilazione, l'effetto risulterà amplificato. I grafici 4.7.2.1 e 4.7.2.2 mostrano gli effetti delle precipitazioni su biossido di azoto e particolato PM₁₀

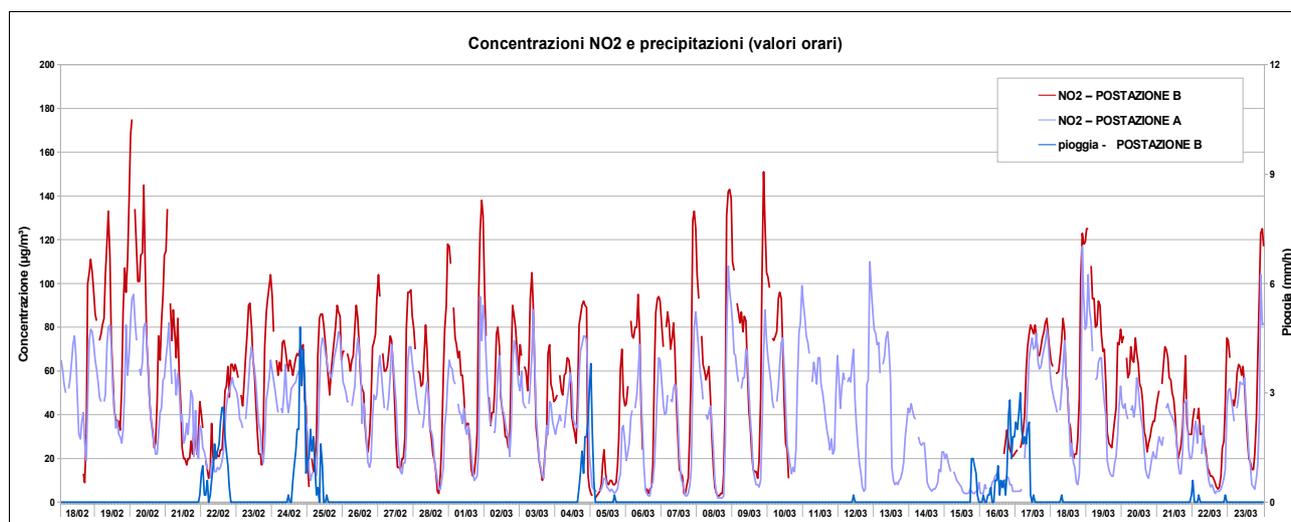


Grafico 4.7.2.1 – Concentrazioni di NO₂ e precipitazioni: andamento orario

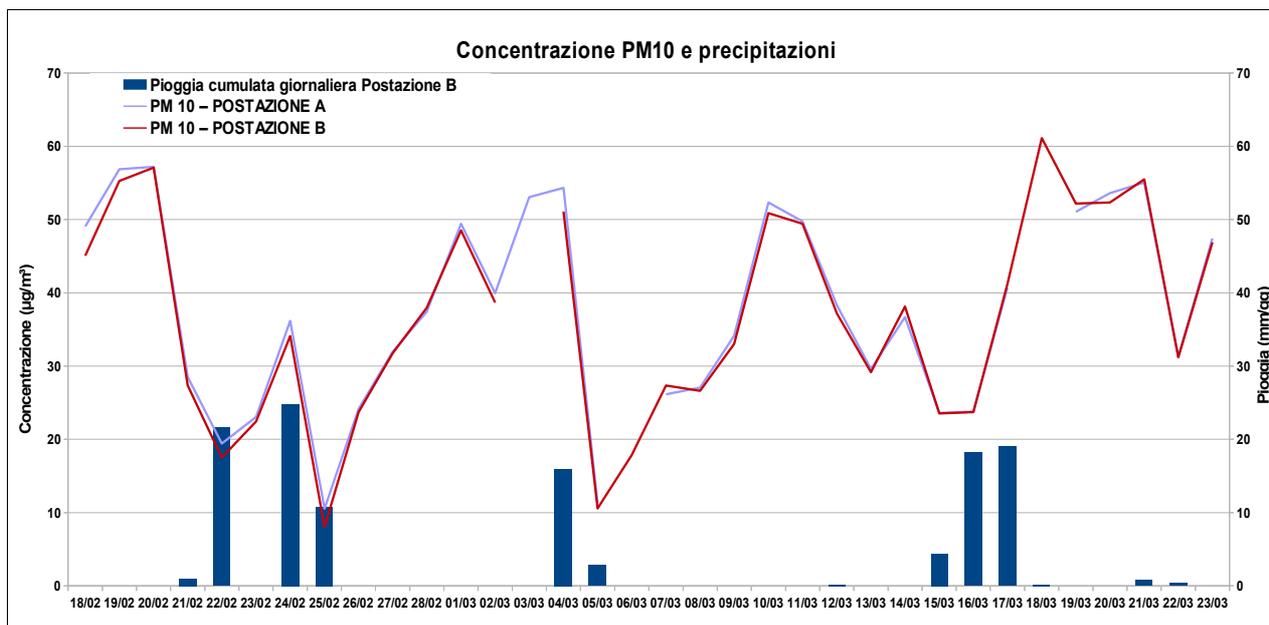


Grafico 4.7.2.2 – Concentrazioni di PM₁₀ e precipitazioni: andamento giornaliero

4.7.3 Influenza della radiazione solare sull'Ozono

L'ozono segue un andamento correlato con l'attività solare in quanto le radiazioni ultraviolette della luce del sole permettono la sua formazione in presenza di inquinanti quali il biossido di azoto ed alcuni composti organici, i cosiddetti precursori. Si osservi lo sfasamento temporale tra i due andamenti: la reazione chimica che porta alla formazione di ozono segue dopo un certo intervallo l'energia fornita. Nei casi di scarsità di radiazione solare (giorni piovosi o molto nuvolosi) si assiste ad un progressivo, ma non immediato, abbassamento delle concentrazioni.

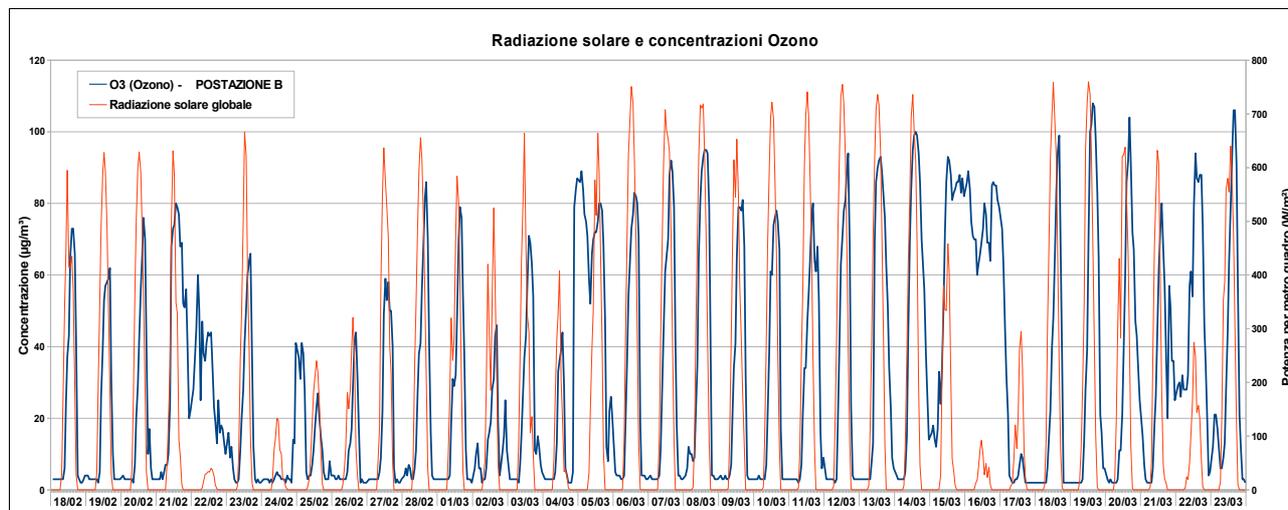


Grafico 4.7.3.1 – Concentrazioni di O₃ e radiazione solare: andamento orario

In un diagramma “giorno tipo” è possibile apprezzare la corrispondenza, quasi perfettamente simmetrica, tra gli andamenti delle concentrazioni di ozono e di biossido di azoto (Grafico 4.7.3.2).

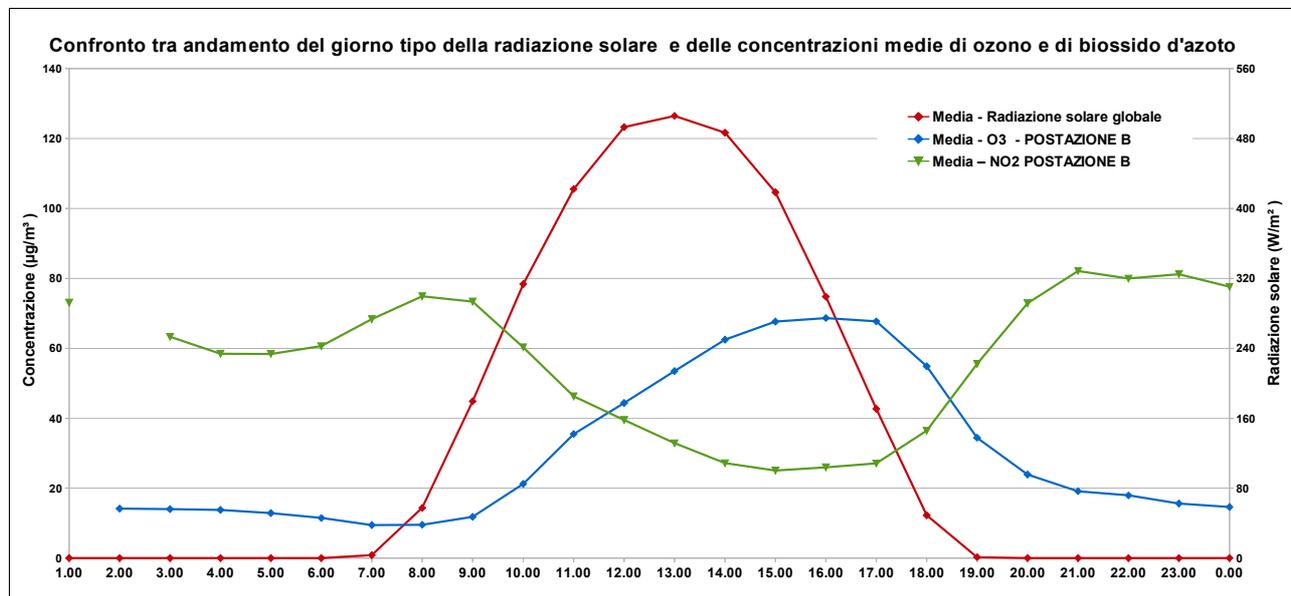


Grafico 4.7.3.2 – Relazione tra NO₂, O₃ e radiazione solare: andamento orario giorno tipo

5 - CONFRONTO QUALITATIVO CON LA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ESTATE 2012

Come già accennato in premessa, la precedente campagna di monitoraggio del 2012 si è svolta nelle stesse due postazioni, ma in un periodo estivo con caratteristiche meteo-climatiche differenti. Pertanto il confronto si limita ad una analisi qualitativa dei dati disponibili nei due periodi.

Il dato certamente più interessante è costituito dall'andamento delle concentrazioni degli ossidi di azoto.

I valori registrati in questa seconda campagna sono, come prevedibile, superiori a quelli del periodo estivo, ma oltre a ciò in questo caso si è verificato un comportamento diverso delle due postazioni, in quanto presso l'area più interna del Parco Nord i massimi di concentrazione di NO_x sono stati superiori a quelli presenti nell'area più prossima all'infrastruttura autostradale. Anche le concentrazioni di NO₂ massima e media sul periodo sono state maggiori presso la postazione B, a differenza che nel 2012. Questo comportamento è forse attribuibile, oltre che alle diverse disposizioni della ventilazione, anche alle attività interne all'area del Parco Nord.

Il confronto con le postazioni delle RRQA conferma alcune peculiarità del sito sia in termini di concentrazione giornaliera che nell'andamento del giorno tipo. A differenza di quanto osservato nel 2012, non si verifica sistematicamente la concomitanza dell'abbassamento dei valori di concentrazione con le giornate di sabato e domenica, probabilmente perché in questo periodo dell'anno non è prevista la sospensione del traffico pesante nei fine settimana. Anche nel 2015, come nel 2012, le concentrazioni medie di NO₂ rilevate a Parco Nord nel periodo di monitoraggio sono risultate inferiori alla media della stazione da traffico di Porta San Felice.

L'ozono presenta valori massimi e medi inferiori rispetto al 2012, dal momento che si tratta di un inquinante legato direttamente all'irraggiamento solare, mantenendosi però su concentrazioni confrontabili con la RRQA.

Per il Benzene si conferma, anche se con medie che sono circa il doppio del periodo estivo, un andamento con valori inferiori a quelli della stazione di traffico urbano.

Sia nel 2012 che nel 2015 le concentrazioni medie di PM₁₀, misurate nei due siti di Parco Nord sull'intero periodo dei rilievi, sono risultate molto simili. Rispetto ad esse, però, nel 2015 la media misurata a Porta San Felice è inferiore di 2-3 µg/m³, anziché uguale come nel 2012. Poiché concentrazioni più elevate sono caratteristiche della stagione invernale, nel 2015, a differenza che nel 2012, sono stati registrati diversi superamenti del valore limite giornaliero.

Per quanto riguarda gli IPA, nel 2015 si presentano in concentrazioni maggiori rispetto a quelle del 2012, con valori medi sul periodo confrontabili tra le due postazioni. Entrambe le concentrazioni medie sono decisamente simili alle medie mensili di marzo rilevate presso la stazione da traffico di Porta San Felice, a loro volta sensibilmente inferiori alle medie mensili di febbraio.

6 - CONCLUSIONI

Considerando tutti gli elementi sopra esposti si possono trarre le seguenti conclusioni, differenziate per le varie tipologie degli inquinanti sottoposti a monitoraggio.

6.1 - Inquinanti gassosi

Durante la campagna di monitoraggio sono state registrate elevate concentrazioni orarie di ossidi di azoto, che in alcuni casi sono risultate superiori a quelle registrate nelle stazioni da traffico della RRQA. La concentrazione media di NO₂ sull'intera durata della campagna è risultata, per entrambe le postazioni di Parco Nord, nettamente inferiore a quella misurata presso la stazione da traffico di Porta San Felice, ma superiore a quelle rilevate presso le altre stazioni di monitoraggio dell'agglomerato di Bologna.

Le peculiarità dell'area sono messe in evidenza sia dell'andamento del giorno tipo delle concentrazioni del monossido e del biossido di azoto, che dai rapporti delle concentrazioni di NO e NO₂ rispetto al totale di NO_x.

Infatti sia per NO che per NO₂ i picchi di maggior concentrazione del giorno tipo sono traslati rispetto a quelli che caratterizzano le stazioni della RRQA, a dimostrazione di una differenza nell'impatto delle emissioni locali nel corso della giornata.

Inoltre la postazione A rispetto alla B evidenzia mediamente concentrazioni di NO maggiori e livelli di NO₂ inferiori, evidenziando un ruolo molto marcato della distanza dalle emissioni nella graduale trasformazione da NO a NO₂. Questo significa che le condizioni più critiche per NO₂ non necessariamente si verificano a ridosso delle emissioni, almeno negli spazi aperti che facilitano il trasporto degli inquinanti da parte del vento.

Va osservato che le postazioni di Parco Nord, rispetto alla stazione di Porta San Felice, presentano sia livelli medi di NO₂ inferiori che concentrazioni medie di NO superiori: questo sta ad indicare come, in aree sostanzialmente prive di strutture elevate, la dispersione del monossido di

azoto possa essere facilitata al punto da anticiparne la trasformazione in biossido, almeno durante la stagione invernale. Questo contribuisce ovviamente molto a limitare l'accumulo di NO₂ in prossimità di emissioni rilevanti, quali appunto quelle del sistema tangenziale autostrada.

E' da evidenziare anche come l'area interna del Parco Nord sia interessata ad un apporto di ossidi di azoto leggermente superiore a quello registrato nella Postazione A, probabilmente a causa delle attività che si svolgono in tale area.

Per quanto riguarda l'andamento dell'Ozono, non si registrano criticità. La campagna svolta in un periodo tardo invernale ha consentito di evidenziarne la formazione in alternanza con la presenza del biossido di azoto ed in corrispondenza con un sufficiente irraggiamento solare, compatibilmente con la stagionalità.

L'andamento del CO è del tutto paragonabile a quello di una stazione da traffico urbano e ben al di sotto dei limiti normativi (allegato 1).

Un dato particolare riguarda l'andamento del Benzene che, pur essendo al disotto del limite di legge, risulta circa la metà di quello riscontrato nella stazione da traffico della RRQA. Ciò potrebbe essere collegato ad una diversa tipologia di traffico veicolare, laddove sulla tangenziale ed autostrada si ha una maggior presenza di traffico pesante con trazione diesel, mentre all'interno della città sono maggiormente presenti veicoli a benzina.

6.2 - Particolato: PM₁₀ - PM_{2,5}

Gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ e PM_{2,5} presso le postazioni di Parco Nord sono simili a quelli riscontrati presso le stazioni della RRQA, anche se spesso attestati su valori leggermente più elevati. Di conseguenza le postazioni A e B sono caratterizzate da valori medi sull'intera campagna di monitoraggio superiori, anche se di pochi microgrammi per metro cubo, rispetto a quelli della stazione da traffico di Porta San Felice, che a propria volta registra i livelli più elevati tra le stazioni fisse dell'agglomerato di Bologna.

Per quanto riguarda il PM₁₀, il numero di superamenti del valore limite giornaliero risulta doppio presso entrambi i siti di Parco Nord rispetto alla stazione di Porta San Felice (8 e 4 rispettivamente). Ciò evidenzia una criticità superiore sul territorio posto in prossimità del sistema tangenziale/autostrada, rispetto alle altre aree metropolitane sottoposte a monitoraggio. In particolare il numero di superamenti del valore limite giornaliero appare costituire il parametro cruciale, più di quanto non lo sia la concentrazione media annuale: lo stesso viene osservato da anni anche presso le stazioni da traffico della RRQA.

Da notare come sia per il PM₁₀ che per il PM_{2,5} la postazione A abbia registrato concentrazioni medie sulla campagna di monitoraggio leggermente più elevate rispetto alla postazione B. Tali differenze, pari a 1 µg/m³ per il PM₁₀ e a 2 µg/m³ per il PM_{2,5}, nella loro esiguità evidenziano quanto sia modesto il ruolo della distanza dalle sorgenti emissive nel determinare i livelli di materiale particolato. Ciò è da mettere in relazione alla composizione del materiale particolato, costituito in larga misura da particelle non emesse direttamente, ma originate da processi chimico-fisici che coinvolgono numerosi inquinanti presenti nell'atmosfera.

6.3 - IPA

Le concentrazioni di IPA, che ricordiamo vengono ricavate tramite estrazione dai filtri di particolato PM10, presentano valori estremamente bassi e confrontabili tra le due postazioni.

Risultano in linea con quanto registrato nel mese di marzo a Porta San Felice e decisamente inferiori a quanto registrato nel mese di febbraio nella stessa stazione.

Leggermente diverso (poco più che apprezzabile) il rapporto tra indeno(1,2,3,c,d)pirene e Benzo(a)antracene delle due postazioni rispetto la stazione RRQA; si tratta probabilmente di un ulteriore indicatore della peculiarità del sito oggetto della campagna.

Bologna, 17 agosto 2015

Il Responsabile Area S.O.
Monitoraggio e Valutazione Aria
Dott. Andrea Mecati

7 - ALLEGATI

7.1 -Inquadramento normativo D.Lgs. n. 155/2010

Si riassume nella tabella sottostante l'attuale quadro normativo relativo agli inquinanti monitorati.

CO	10 mg/m³ : Valore limite giornaliero (Massimo giornaliero delle medie mobili a 8 ore)
NO₂	200 µg/m³ : Valore limite orario - da non superarsi per più di 18 volte nell'anno
	40 µg/m³ : Valore limite annuale (media annua)
	400 µg/m³ : Soglia di allarme: da misurarsi su 3 ore consecutive
O₃	120 µg/m³ : Valore obiettivo (Massimo giornaliero delle medie mobili a 8 ore)
	180 µg/m³ : Soglia di informazione (media oraria)
	240 µg/m³ : Soglia di allarme
PM₁₀	50 µg/m³ : Valore limite giornaliero – da non superarsi per più di 35 volte nell'anno
	40 µg/m³ : Valore limite annuale
PM_{2,5}	25 µg/m³ : Valore limite annuale dal 2015
B(a)P	1 ng/m³ : Valore limite annuale – da ricercarsi nella frazione di particolato PM ₁₀
C₆H₆	5 µg/m³ : Valore limite annuale

7.2 -Limiti di quantificazione per inquinante

CO	0.6 mg/m ³
NO ₂	12 µg/m ³
O ₃	10 µg/m ³
PM ₁₀	5 µg/m ³
PM _{2,5}	5 µg/m ³
C ₆ H ₆	0.5 µg/m ³
B(a)P*	0.1 ng

* Il limite di quantificazione del Benzo(a)Pirene si riferisce al valore in massa fornito dal laboratorio accreditato Arpa, che va rapportato al volume d'aria campionato.

7.3 -NO₂: concentrazioni medie giornaliere

Data	NO ₂ : concentrazioni medie giornaliere (µg/m ³)					
	Postazione A	Postazione B	Porta San Felice	Via Chiarini	Giardini Margherita	San Lazzaro di Savena
18/02/15	55	-	80	38	33	42
19/02/15	54	85	79	39	28	47
20/02/15	56	87	82	40	44	58
21/02/15	44	47	64	24	20	28
22/02/15	30	36	68	24	28	28
23/02/15	47	63	80	37	31	40
24/02/15	50	62	69	37	37	40
25/02/15	53	61	70	30	29	34
26/02/15	46	63	74	37	43	44
27/02/15	47	59	69	31	31	35
28/02/15	34	52	61	27	23	33
01/03/15	44	63	58	24	21	32
02/03/15	48	56	64	33	26	35
03/03/15	40	50	78	35	-	41
04/03/15	48	54	69	33	32	37
05/03/15	< 12	20	57	21	-	29
06/03/15	33	57	78	31	-	40
07/03/15	37	58	76	31	31	44
08/03/15	42	57	58	21	21	32
09/03/15	46	68	69	31	26	41
10/03/15	50	-	70	32	25	44
11/03/15	52	-	77	28	34	48
12/03/15	50	-	76	33	23	36
13/03/15	41	-	71	26	24	33
14/03/15	20	-	78	28	25	31
15/03/15	< 12	-	49	20	19	18
16/03/15	< 12	-	65	20	27	30
17/03/15	53	65	71	34	42	43
18/03/15	47	64	76	-	26	36
19/03/15	47	67	78	26	24	37
20/03/15	32	50	82	37	34	39
21/03/15	31	45	74	27	31	35
22/03/15	19	27	-	16	21	21
23/03/15	42	56	-	27	26	34

7.4 -NO₂: concentrazioni massime giornaliere

Data	NO ₂ : concentrazioni massime giornaliere (µg/m ³)					
	Postazione A	Postazione B	Porta San Felice	Via Chiarini	Giardini Margherita	San Lazzaro di Savena
18/02/15	79	-	109	60	46	69
19/02/15	83	168	148	68	50	95
20/02/15	95	175	138	73	66	98
21/02/15	82	134	108	51	48	57
22/02/15	57	63	95	31	38	39
23/02/15	71	104	116	53	45	72
24/02/15	63	78	90	46	47	56
25/02/15	78	90	101	48	50	57
26/02/15	75	104	108	50	88	66
27/02/15	72	97	109	61	46	64
28/02/15	65	118	114	51	35	69
01/03/15	94	138	109	50	38	66
02/03/15	74	90	93	51	57	72
03/03/15	88	105	111	51	-	74
04/03/15	76	92	92	49	46	72
05/03/15	35	70	107	48	-	65
06/03/15	72	95	118	55	-	80
07/03/15	87	133	118	58	50	78
08/03/15	108	143	104	46	38	76
09/03/15	88	151	105	57	49	78
10/03/15	99	-	127	68	47	92
11/03/15	84	-	137	44	50	75
12/03/15	110	-	116	54	40	76
13/03/15	78	-	109	49	49	66
14/03/15	45	-	99	48	49	51
15/03/15	22	-	64	40	31	43
16/03/15	13	-	106	34	50	69
17/03/15	79	84	97	48	58	67
18/03/15	117	125	120	-	42	77
19/03/15	104	125	125	56	46	76
20/03/15	57	76	125	54	57	65
21/03/15	47	71	108	52	45	56
22/03/15	51	75	-	41	33	42
23/03/15	104	125	-	60	42	88

7.5 -PM₁₀: concentrazioni medie giornaliere

Data	PM ₁₀ : concentrazioni medie giornaliere (µg/m ³)					
	Postazione A	Postazione B	Porta San Felice	Via Chiarini	Giardini Margherita	San Lazzaro di Savena
18/02/15	49	45	52	47	44	48
19/02/15	57	55	49	41	41	56
20/02/15	57	57	39	36	-	55
21/02/15	29	27	19	9	9	18
22/02/15	19	18	15	9	12	17
23/02/15	23	22	19	9	8	9
24/02/15	36	34	33	24	33	21
25/02/15	11	8	16	9	-	6
26/02/15	24	24	31	23	-	21
27/02/15	32	32	32	29	25	30
28/02/15	37	38	37	34	33	43
01/03/15	49	49	42	39	41	32
02/03/15	40	39	41	40	-	32
03/03/15	53	-	61	53	-	60
04/03/15	54	51	54	49	47	47
05/03/15	11	11	19	15	-	21
06/03/15	-	18	25	21	-	24
07/03/15	26	27	26	23	17	28
08/03/15	27	27	25	23	26	24
09/03/15	34	33	32	-	-	34
10/03/15	52	51	42	38	34	42
11/03/15	50	49	37	33	34	49
12/03/15	38	37	29	21	18	31
13/03/15	30	29	24	21	16	30
14/03/15	37	38	36	29	22	36
15/03/15	24	24	30	26	25	25
16/03/15	24	24	26	22	23	19
17/03/15	41	41	40	30	33	35
18/03/15	-	61	53	42	43	50
19/03/15	51	52	42	36	30	40
20/03/15	54	52	48	42	36	39
21/03/15	55	55	-	46	44	45
22/03/15	31	31	-	27	25	24
23/03/15	47	47	40	36	33	39

7.6 -PM_{2.5}: concentrazioni medie giornaliere

Data	PM _{2.5} : concentrazioni medie giornaliere (µg/m ³)			
	Postazione A	Postazione B	Porta San Felice	Giardini Margherita
18/02/15	37	34	36	28
19/02/15	43	41	36	32
20/02/15	42	41	29	26
21/02/15	23	20	12	-
22/02/15	17	16	13	-
23/02/15	16	14	11	-
24/02/15	31	29	25	29
25/02/15	7	5	15	5
26/02/15	15	13	17	-
27/02/15	23	21	23	11
28/02/15	28	27	28	17
01/03/15	39	37	34	25
02/03/15	32	32	32	19
03/03/15	47	43	45	-
04/03/15	49	44	43	42
05/03/15	< 5	< 5	9	-
06/03/15	8	7	12	-
07/03/15	17	16	15	9
08/03/15	19	17	17	14
09/03/15	23	22	21	-
10/03/15	39	37	31	32
11/03/15	38	37	27	31
12/03/15	28	27	17	13
13/03/15	20	18	16	15
14/03/15	32	31	25	22
15/03/15	21	20	23	26
16/03/15	23	21	20	19
17/03/15	39	35	29	28
18/03/15	46	44	34	29
19/03/15	37	35	25	21
20/03/15	42	40	33	32
21/03/15	45	43	38	39
22/03/15	24	23	19	21
23/03/15	39	36	29	29

7.7 -O₃: concentrazioni medie su 8 ore massime giornaliere

O ₃ : concentrazioni medie su 8 ore massime giornaliere (µg/m ³)				
Data	Postazione A	Postazione B	Via Chiarini	Giardini Margherita
18/02/15	34	53	50	42
19/02/15	42	48	44	49
20/02/15	45	50	51	27
21/02/15	69	74	69	86
22/02/15	41	44	56	38
23/02/15	35	46	56	45
24/02/15	16	10	27	13
25/02/15	-	33	50	34
26/02/15	-	26	34	21
27/02/15	37	48	66	37
28/02/15	52	60	59	41
01/03/15	44	53	59	39
02/03/15	22	27	44	59
03/03/15	48	53	41	-
04/03/15	26	33	42	26
05/03/15	82	84	71	61
06/03/15	73	74	62	-
07/03/15	72	74	67	55
08/03/15	82	86	79	63
09/03/15	57	66	72	48
10/03/15	55	66	89	56
11/03/15	59	65	75	46
12/03/15	64	73	69	58
13/03/15	92	85	66	68
14/03/15	98	91	72	68
15/03/15	94	87	72	64
16/03/15	89	86	67	59
17/03/15	78	82	62	46
18/03/15	61	67	63	50
19/03/15	95	92	63	70
20/03/15	72	77	51	51
21/03/15	49	56	56	44
22/03/15	75	81	63	54
23/03/15	72	80	67	61

7.8 -O₃: concentrazioni orarie massime giornaliere

Data	O ₃ : concentrazioni massime giornaliere (µg/m ³)			
	Postazione A	Postazione B	Via Chiarini	Giardini Margherita
18/02/15	46	73	74	57
19/02/15	56	62	52	58
20/02/15	68	76	67	40
21/02/15	77	80	81	92
22/02/15	40	60	67	50
23/02/15	58	66	68	55
24/02/15	18	41	44	19
25/02/15	-	41	57	40
26/02/15	-	44	45	25
27/02/15	47	59	77	42
28/02/15	78	86	68	55
01/03/15	67	79	80	54
02/03/15	37	46	69	83
03/03/15	64	71	53	-
04/03/15	80	87	79	63
05/03/15	92	89	77	-
06/03/15	87	83	70	-
07/03/15	95	92	81	67
08/03/15	95	95	87	70
09/03/15	72	81	83	56
10/03/15	68	78	107	69
11/03/15	76	80	95	54
12/03/15	90	94	86	67
13/03/15	100	93	75	76
14/03/15	110	100	81	82
15/03/15	103	93	82	75
16/03/15	90	89	66	62
17/03/15	74	73	64	50
18/03/15	90	99	75	67
19/03/15	117	108	74	88
20/03/15	105	104	61	75
21/03/15	70	80	79	56
22/03/15	99	94	75	68
23/03/15	102	106	82	82

7.9 -CO: concentrazioni medie su 8 ore massime giornaliere

Data	CO: concentrazioni medie su 8 ore massime giornaliere (mg/m ³)	
	Postazione A	Porta San Felice
18/02/15	-	1,1
19/02/15	0,8	1,2
20/02/15	1,2	1,1
21/02/15	1,0	1,1
22/02/15	0,7	0,9
23/02/15	0,8	1,1
24/02/15	1,0	1,1
25/02/15	0,8	0,9
26/02/15	0,8	1,0
27/02/15	0,9	1,2
28/02/15	0,9	1,1
01/03/15	1,3	1,1
02/03/15	1,1	1,1
03/03/15	1,0	1,1
04/03/15	1,0	1,1
05/03/15	0,9	0,8
06/03/15	0,8	1,1
07/03/15	0,9	1,2
08/03/15	1,1	1,0
09/03/15	1,1	1,0
10/03/15	1,2	1,1
11/03/15	1,5	1,1
12/03/15	1,0	1,0
13/03/15	1,3	1,0
14/03/15	1,0	1,0
15/03/15	0,9	1,0
16/03/15	0,8	0,9
17/03/15	1,2	1,2
18/03/15	1,2	1,2
19/03/15	1,5	1,1
20/03/15	1,1	1,1
21/03/15	1,2	1,0
22/03/15	1,0	-
23/03/15	1,1	-

7.10 -Benzene: Concentrazioni medie giornaliere periodo di monitoraggio

Data	C ₆ H ₆ : concentrazioni medie giornaliere (µg/m ³)	
	Postazione B	Porta San Felice
18/02/15	1,5	2,7
19/02/15	1,5	2,3
20/02/15	1,6	2,1
21/02/15	0,9	1,5
22/02/15	0,8	1,6
23/02/15	1,1	2,2
24/02/15	1,5	2,1
25/02/15	0,6	1,6
26/02/15	1	1,8
27/02/15	1,1	2,2
28/02/15	1,2	1,9
01/03/15	1,7	2,1
02/03/15	1,1	2
03/03/15	1,2	2,7
04/03/15	1,3	2
05/03/15	0,4	1,1
06/03/15	0,8	1,8
07/03/15	1,2	1,7
08/03/15	1,2	1,4
09/03/15	1,3	1,9
10/03/15	1,4	2,1
11/03/15	1,2	1,7
12/03/15	1,2	1,9
13/03/15	0,9	1,8
14/03/15	1,2	1,9
15/03/15	0,9	1,5
16/03/15	1,1	1,6
17/03/15	1,6	2,6
18/03/15	1,5	2,9
19/03/15	1,3	2,2
20/03/15	1,2	2,2
21/03/15	1,3	2,2
22/03/15	0,8	-
23/03/15	1,2	-

7.11 -IPA: Concentrazioni medie periodo di monitoraggio

	Porta San Felice Febbraio	Postazione A	Postazione B	Porta San Felice Marzo
BENZO(B)+(J)FLUORANTENE	0,4001	0,0743	0,1130	0,1067
INDENO(1,2,3,C,D,)PIRENE	0,1780	0,0220	0,0371	0,0388
BENZO(A)PIRENE	0,1909	0,0287	0,0446	0,0424
BENZO(A)ANTRACENE	0,1570	0,0253	0,0403	0,0346
BENZO(K)FLUORANTENE	0,1048	0,0226	0,0336	0,0322
DIBENZO(AC)+(AH)ANTRACENE	0,0281	0,0032	0,0064	0,0058

Concentrazioni espresse in ng/m³